

## **Flora und Vegetation der Lengder Burg im Göttinger Wald – Ein Hotspot der Phytodiversität und seine Veränderungen seit 1950**

(Hartmut Dierschke zum 80. Geburtstag gewidmet)

### **Flora and vegetation of the Lengder Burg in the Göttinger Wald – A phytobiodiversity hotspot and its dynamics since the 1950s**

Wolfgang Schmidt & Steffi Heinrichs\*

*Abteilung Waldbau & Waldökologie der gemäßigten Zonen, Georg-August-Universität Göttingen,  
Büsgenweg 1, 37077 Göttingen, Germany*

*\*Korrespondierende Autorin, E-Mail: sheinri@gwdg.de*

#### **Zusammenfassung**

Steilhänge der Mittelgebirge weisen eine kleinräumige standörtliche Vielfalt auf und wurden aufgrund ihrer exponierten Lage bereits frühzeitig durch den Menschen u. a. als Befestigungsanlage genutzt. Daraus resultierte häufig eine hohe floristische und vegetationskundliche Diversität mit hohem Naturschutzwert. Durch Umwelt- und Nutzungsveränderungen hat sich aber auch an diesen Standorten in den letzten Jahrzehnten ein starker Wandel vollzogen. Durch Auswertung alter Florenlisten und Vegetationsaufnahmen und durch aktuelle Erhebungen wollen wir die Vegetationszusammensetzung der Lengder Burg, eines Steilhangs auf Unterem Muschelkalk im südlichen Göttinger Wald (Süd-Niedersachsen, Deutschland), und ihre Veränderung aufzeigen und Rückschlüsse für die zukünftige Behandlung ziehen.

Dazu wurden Angaben zur Gefäßpflanzenflora aus dem Zeitraum 1950 bis 1995 mit einer aktuellen floristischen Kartierung des Gesamtgebiets von 2016 verglichen. Die Vegetationszusammensetzung wurde anhand von 37 Vegetationsaufnahmen aus dem früheren Zeitraum charakterisiert. 29 dieser Flächen wurden 2009 bis 2016 erneut aufgenommen. Räumliche und zeitliche Unterschiede in der Diversität und Artenzusammensetzung wurden hinsichtlich verschiedener standörtlicher Parameter und ökologischer Artengruppen analysiert.

Die Vegetation lässt sich zwei Gruppen zuordnen: 1. Das *Carici-Fagetum* und seine Kontaktgesellschaften an südlich und westlich exponierten Steilhängen. 2. Das *Hordelymo-Fagetum* mit verschiedenen Ausbildungen auf dem Plateau und an flacheren Süd- und Nordhangbereichen. Im *Carici-Fagetum* ist ein deutlicher Diversitätsverlust und eine Zunahme in der Dominanzstruktur der Krautschicht zu erkennen, der im Vergleich der Aufnahmezeiträume auf eine zunehmende Homogenisierung der Vegetation hinweist. Zurückgegangen sind dabei besonders die typischen Kenn- und Trennarten dieser Waldgesellschaft bei gleichzeitiger Zunahme der Buche in der Verjüngung. Im *Hordelymo-Fagetum* bewirkt neben Gehölzen in der Strauch- und Krautschicht vor allem die Zunahme von *Allium ursinum* eine homogenere Artenzusammensetzung, jedoch ohne Diversitätsverlust. Neben Stickstoffeinträgen, dem Klimawandel sowie einem reduzierten Rehwild-Verbiss bedingt besonders der Nutzungswandel diese Veränderungen. Vor allem im *Carici-Fagetum* wirkte sich der Übergang zwischen früherer Nieder- und Mittelwald-Nutzung mit Waldweide über eine fast 100jährige Hochwald-Nutzung bis zum jetzigen Schutzwald stark aus. Gleichwohl weisen die steilen Hänge weiterhin einen hohen Anteil an Rote-Liste-Arten auf und tragen wesentlich zur hohen Biodiversität des Gebiets bei.

Veränderungen in der Vegetation der Lengder Burg spiegeln die Veränderungen im Göttinger Wald insgesamt wider. Kleinflächige Offenhaltungsmaßnahmen zur Erhaltung wertvoller floristischer Elemente sind teilweise erfolgreich. Kleinwüchsige, lichtbedürftige Magerkeitszeiger verschwinden jedoch zunehmend aus den sich entwickelnden, hochwüchsigen Stauden-Säumen. In den benachbarten, unbewirtschafteten Hangbuchenwäldern sorgt die fehlende Nutzung nach Jahrhunderten der Auflichtung und Aushagerung für eine Sukzession in Richtung mesophilen Kalkbuchenwalds.

### Abstract

Steep slopes of low mountain ranges have a high small-scale heterogeneity and were early used by humans as fortification in times of danger. This caused a high floristic diversity with high conservation value. Environmental and management changes have, however, influenced these sites in the past decades. By analyzing old floristic lists and vegetation relevés and by resurveying we want to characterize the vegetation composition of the Lengder Burg, a steep slope area on Triassic limestone in the Göttinger Wald (southern Lower Saxony, Germany), demonstrate its changes, and give conclusions for its conservation.

Floristic records from 1950 to 1995 were contrasted to new records of the study area from 2016. Vegetation composition was assessed using 37 vegetation relevés from the period 1950 to 1995. 29 of these relevés were resurveyed between 2009 and 2016. Spatial and temporal dynamics in species diversity and composition were analyzed regarding site conditions and ecological species groups.

The vegetation can be grouped into 1) the *Carici-Fagetum* and adjacent communities at the southern and western exposed steep slopes and 2) the *Hordelymo-Fagetum* in different formations at the plateau and at flat-angled southern and northern slopes. The *Carici-Fagetum* shows a clear diversity loss causing a homogenization of the vegetation when contrasting both survey periods. Thereby, characteristic species decreased while beech increased in the herb layer. The increasing abundance of woody species in the understorey and of *Allium ursinum* led to a more homogeneous vegetation composition in the *Hordelymo-Fagetum* as well. There was, however, no diversity loss. Besides nitrogen depositions, climate change and a decreasing browsing intensity, land use changes are mainly responsible for these dynamics. The conversion from coppice and coppice-with-standards with wood pasture to high forest management applied for one century to today's no management seems to have especially affected the *Carici-Fagetum*. Despite species losses, though, the steep slopes maintained a high proportion of red-list species and determine the high biodiversity of the area.

Vegetation changes at the Lengder Burg reflect the dynamics of the total Göttinger Wald area. Small-scale conservation measures by opening stands are successful in maintaining some valuable floristic elements. Small-statured, light-demanding species, indicative of nutrient poor conditions were, however, outcompeted by tall-growing forbs in these clearings. The adjacent, unmanaged *Carici-Fagetum* stands are developing towards mesic beech forests due to management abandonment after centuries of usage and soil impoverishment.

**Keywords:** *Carici-Fagetum*, forest history, forest management, homogenization, *Hordelymo-Fagetum*, nature conservation, red-list-species, resurvey, site conditions

## 1. Einleitung

Der Göttinger Wald, ein Muschelkalkgebiet östlich des Leinetalgrabens in Südniedersachsen, wird von Kalkbuchenwaldgesellschaften geprägt. In Plateaulagen und an schwach geneigten Hängen mit guter Nährstoff- und Wasserversorgung dominiert der mesophile Kalkbuchenwald (*Hordelymo-Fagetum*), an südexponierten Kalkhängen und trockenen Felsabbrüchen finden sich Seggen-Hangbuchenwälder (*Carici-Fagetum*), in schattigeren, steilen Hanglagen kann der Buchenwald durch Eschen-Ahorn-Mischwälder (*Fraxino-Aceretum*) ersetzt werden (WINTERHOFF 1960, 1963, HEINRICHS et al. 2014, SCHMIDT & HEINRICHS 2015). Dieses Grundmuster einer naturnahen Vegetationsverteilung findet sich

kleinflächig besonders gut ausgeprägt im Bereich der markanten steilen Schichtstufe zwischen dem Unteren Muschelkalk und dem Oberen Buntsandstein (Röt) im Süden, Osten und Norden des Göttinger Waldes. Reste von Wallanlagen auf der Wittenburg/Krumme Altar, der Ratsburg, dem Hünstollen und der Lengder Burg zeugen auch davon, dass diese Bereiche aufgrund ihrer exponierten und oft auch schwer zugänglichen Lage als vorgeschichtliche Fliehburgen schon frühzeitig vom Menschen beeinflusst wurden (PETERS 1970, SCHMIDT & MAST 1996). Durch die vielfältige standortsökologische Situation und historische Nutzung konzentrieren sich hier viele floristische Besonderheiten, die als spät- oder postglaziale Relikte und/oder aufgrund ihrer Seltenheit zu den gefährdeten Arten in Südniedersachsen zählen (DEPPE 1922, SCHMIDT & MAST 1996, GARVE 2004, 2007). Ihr diskontinuierliches Vorkommen in Verbindung mit der Tatsache, dass Buchenwälder auf Kalkstandorten in Deutschland nur etwa 8 % der Landfläche einnehmen (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010, SUCK et al. 2013), war entscheidend, um den Göttinger Wald als FFH-Gebiet 138 in das europaweite Schutzsystem Natura 2000 aufzunehmen (NLWKN 2008).

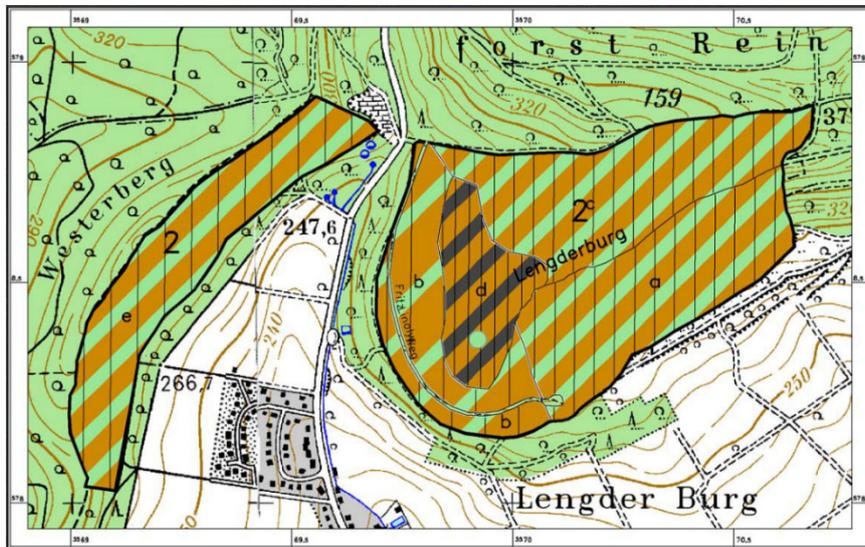
Die Ballung floristischer Besonderheiten und der kleinräumige Wechsel in den Standortbedingungen waren auch der Grund dafür, dass die Steilkanten im Göttinger Wald bereits seit langem das Interesse von Botanikern fanden („plant-hunting regions“). Dies gilt insbesondere auch für die Lengder Burg im Süden des Göttinger Waldes, einem nach Südwesten ausgerichteten Sporn mit steilen Hängen nach Süden und Westen und einer nur flachen Verbindung im Nordosten zum übrigen Plateaubereich des Göttinger Waldes. Ältere floristische Angaben finden sich in der Flora von Göttingen zusammengefasst von FUCHS (1964). Vegetationsaufnahmen aus dem Zeitraum von 1950 bis 1970 stammen von RÜHL (1954, 1960), WINTERHOFF (1960, 1963) und W. SCHMIDT (1968, 1970). Eine Wiederholung dieser Vegetationsaufnahmen auf Quasi-Dauerflächen (RÖDER et al. 1996, VERHEYEN et al. 2017) im Zeitraum 2009–2016 und eine detaillierte floristische Kartierung des Gesamtgebiets im Jahr 2016 sollten ein aktuelles Bild über die Vegetation und Flora liefern, um im Vergleich mit den älteren Angaben auch die eingetretenen Veränderungen aufzuzeigen.

Im Einzelnen möchten wir mit unserer Auswertung folgende Fragen beantworten: (1) Wie haben sich Diversität und Artenzusammensetzung der Flora und Vegetation verändert? (2) Lassen sich aus den Veränderungen Rückschlüsse auf eine veränderte forstliche Nutzung oder überregionale Einflüsse (z. B. Klimawandel, Stoffeinträge) ziehen? (3) Welche Folgerungen ergeben sich für die Zukunft aus der Sicht der Forstwirtschaft und des Naturschutzes?

## **2. Untersuchungsgebiet**

### **2.1 Naturräumliche Lage, Geologie und Böden**

Die Lengder Burg liegt im südlichen Teil des Göttinger Waldes (MTB 4426/3, MF 11, N 51°31', E 10°0'), einer Trias-Schichtstufenlandschaft des Weser-Leineberglandes. Die Schichtstufe mit steilen Südost- bis Nordwesthängen wird hier von festen verwitterungsstabilen Kalksteinbänken des Unteren Muschelkalks gebildet, der in weiten Teilen auch Ausgangsgestein für die Bodenbildung ist. Nach Süden und Westen begrenzt als weiches Gestein der Obere Buntsandstein (Röt) die Hangfußbereiche in ca. 280 m ü. NN. Der höchste Punkt wird mit 387 m ü. NN im mittleren Teil des von SW nach NO streichenden schmalen Bergrückens erreicht, der weiter im Nordosten in das Plateau des Göttinger Waldes übergeht (Abb. 1).



**Abb. 1.** Lage der Lengder Burg im Göttinger Wald. Ausschnitt aus der aktuellen Forstbetriebskarte (2001) mit der Einteilung in die Unterabt. 2a bis d. Die Schraffur markiert die dominanten Baumarten: orange = Buche, grün = Edellaubholz, grau = Kiefer (hier gepflanzte Schwarzkiefer). Die Siedlung im Südwesten der Lengder Burg markiert den Beginn der Ortslage Klein Lengden.

**Fig. 1.** Location of the Lender Burg in the Göttinger Wald. Detail of the current forest inventory map (2001) with the division of the Lengder Burg into the forest sub-units 2a to 2d. The hatching shows dominant tree species: orange = beech, green = valuable broadleaves, grey = pine (here planted black pine). South west of the study area the locality Klein Lengden is situated.

Im Bereich des schmalen Plateaus auf dem Bergrücken haben sich aus dem Unteren Muschelkalk ohne Lößlehmüberdeckung nährstoffreiche Mull-Rendzinen entwickelt, die in den westlichen und südlichen Steillagen zunehmend flachgründiger und felsiger werden. Während im Plateau eine Laubstreudecke fast ganzjährig vorhanden ist (L-Mull), fehlt diese in den windexponierten Steillagen häufig. Am südlichen und westlichen Hangfuß mischt sich spätglaziales Hangschuttmaterial des Unteren Muschelkalkes zunehmend mit dem Rötton (Oberer Buntsandstein), zudem sorgt – ebenso wie am Nordhang – spätglaziale Lößlehmüberdeckung für tiefgründigere Böden. Je nach Exposition, Hangneigung und geologischem Ausgangsmaterial begegnet man an den Unterhängen einem kleinflächigen Bodenmosaik mit Mull-Rendzinen, Terrae fuscae, Pelosolen und kolluvialen Braun- und Parabraunerden, die insgesamt deutlich frischer (und besonders im Sommer besser wasserversorgt) sind als die flachgründigen Mull-Rendzinen des Plateaus und der Steilhänge (W. SCHMIDT 1968, 1970, GRIMME 1977, BIEDERBICK 1991).

## 2.2 Klima

Der Göttinger Wald ist in den Höhenlagen der Lengder Burg durch ein subozeanisch-submontanes Klima mit einer mittleren Jahrestemperatur von 7,4 °C und jährlichen Niederschlägen von 709 mm gekennzeichnet, von denen 410 mm in der Vegetationsperiode zwischen Mai und Oktober fallen (PANFEROV et al. 2009). An den Steilhängen treten in Abhängigkeit von Exposition und Inklination deutliche Abweichungen vom Makroklima auf. Besonders am südwestlich exponierten Steilhang mit seinen flachgründigen Felsbändern sorgen

hohe Sommertemperaturen für einen angespannten Wasserhaushalt (DIERSCHKE 1974, GRIMME 1977, BIEDERBICK 1991, SCHMIDT & MAST 1996). Gleichzeitig fehlt hier im Winter häufig eine schützende Schnee- und Laubstreudecke, so dass extrem niedrige Bodentemperaturen auftreten können, auf die viele Waldbodenpflanzen empfindlich reagieren (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010).

### 2.3 Nutzungsgeschichte (Forstgeschichte) und heutige Bestände

Der Bergrücken der Lengder Burg diente in der frühen (vorrömischen, latènezeitlichen) Eisenzeit (700 v. Chr. bis Chr.) als Fliehburg und wurde vor allem in Notzeiten von Mensch und Vieh genutzt. Eine dauerhafte Siedlung war jedoch nicht möglich, da man auf der Lengder Burg kein Wasser hatte. Die im Bereich der Wallanlage zahlreich gefundenen Keramikscherben sowie die außergewöhnlich hohen Phosphat-Konzentrationen im Boden lassen aber auf die Existenz eines kleinen eisenzeitlichen Siedlungsplatzes mit Waldweide schließen (PETERS 1970, W. SCHMIDT 1970). Im Gegensatz zum Hünstollen ist eine spätere Wiederbenutzung nicht belegt (PETERS 1970).

1460 gelangte die Lengder Burg aus dem Besitz des Klosters Reinhausen in das Eigentum der Stadt Göttingen und gehört heute als Exklave zum Stadtforstamt Göttingen (BARTEL 1952). Bis ca. 1850 wurde sie zunächst als Niederwald mit etwa 30jähriger Umtriebszeit, später als Mittelwald bewirtschaftet. In dieser Zeit wurden immer wieder Schäden durch Waldweide und Holzdiebstahl beklagt, mit bedingt durch die isolierte Lage und die langen Transportwege zur Stadt Göttingen. Nach 1860 wurde der geschlossene Mittelwald allmählich in Buchenhochwald überführt (CONRAD 1985, BIEDERBICK 1991). Daraus entwickelten sich besonders unter dem Einfluss von Stadtoberförster FRÜCHTENICHT (1937) ab 1920 in den heutigen Unterabt. 2a–2c (Abb. 1) plenterartige Dauerwald-Bestände aus Buche, Esche, Ahorn, Linde, Eiche und weiteren Laubholzarten.

Eine abweichende Entwicklung nahm das ehemals stark aufgelichtete obere Drittel des Süd- und Westhanges (im Wesentlichen die Unterabt. 2d, Abb. 1): Hier wurden zwischen 1860 und 1930 zusätzlich zu den schlechtwüchsigen, meist aus Stockausschlägen stammenden Buchen immer wieder gezielt Edellaubhölzer und Schwarzkiefern eingebracht. Das Ergebnis war jedoch forstlich wenig befriedigend, so dass 1950 der flachgründige Süd- bis Westoberhang zum Schutzwald erklärt wurde, aus dem „nur noch“ absterbendes Holz entnommen werden sollte (CONRAD 1985).

Im Jahr 2000 erfolgte mit der letzten Forsteinrichtung im Stadtforstamt Göttingen die Einteilung des ca. 48 ha großen Untersuchungsgebiets in die vier Unterabt. 2a–2d (Abb. 1), deren Bestände und ihre Entwicklung sich aktuell wie folgt darstellen:

**Unterabt. 2a** (15,6 ha) umfasst den steilen SO-Hang des Unteren Muschelkalks, der am Hangfuß bereits in den Röt übergeht. Die heute etwa 90jährigen Buchenbestände sind reich mit Edellaubbaumarten (vor allem Esche, Spitz- und Bergahorn) gemischt und aus Naturverjüngung entstanden. Aus den Bestandesbeschreibungen von 1950 und den Vegetationsaufnahmen von WINTERHOFF (1960) ist zu entnehmen, dass einzelne Bereiche in dieser Zeit noch kahlschlagartige Fehlstellen aufwiesen, insbesondere dort, wo zuvor Mittelwald-Überhälter entfernt wurden. Bereits 1980 hatten sich aber auch hier wieder dichte Buchen-Edellaubbaum-Dickungen und -Stangenhölzer entwickelt und die in die Fehlstellen gepflanzten Lärchen, Schwarzkiefern und Birken weitgehend verdrängt.

**Unterabt. 2b** (9,4 ha) umfasst die Wirtschaftswaldflächen am Unterhang des S-, SW- und W-Hanges. Im Übergang zwischen Unterem Muschelkalk und Röt fallen besonders die vielen welligen Hangabrutschungen mit z. T. quelligen Bereichen auf. In dem heutigen, etwa

60jährigen, aus Naturverjüngung mit Stockausschlägen entstandenen Buchen-Edellaubbaum-Bestand finden sich immer noch zahlreiche, etwa 200jährige Eschen- und Ahorn-Überhälter (vereinzelt auch Eichen und Elsbeeren). Die vor etwa 100 Jahren im NW der Unterabt. gepflanzten Fichten sind bereits weitgehend ausgefallen und werden durch eine üppige Naturverjüngung aus Buche und Edellaubbäumen ersetzt. Standortverhältnisse sowie das kleinflächige Mosaik unterschiedlicher Waldstrukturen (CONRAD 1985) in Verbindung mit dem Haupt-Erschließungsweg mit zahlreichen weiteren Wanderwegen am Unterhang sorgen für sehr heterogene Biotope auf kleiner Fläche.

**Unterabt. 2c** (15,9 ha) am Nordhang wird am Oberhang und dem Bergrücken von flachgründigen Mullrendzinen des Unteren Muschelkalks geprägt, die zum Unterhang deutlich tiefgründiger werden. Der heutige, etwa 130jährige Hauptbestand aus Buche und Edellaubbäumen wurde wohl als erster Bestand aus dem Mittelwald in den schlagweisen Hochwald überführt (CONRAD 1985). Vereinzelt finden sich aber immer noch etwa 200jährige Überhälter. Auf dem Bergrücken im Bereich der Wallanlage fällt auch heute noch der hohe Anteil an Sommer-Linde auf, häufig mehrstämmig aus Stockausschlägen entstanden. Durch Zielstärken-Nutzung mit einer Feinerschließung über Rückegassen sind kleinflächig zahlreiche Auflichtungen entstanden, so dass sich inzwischen fast auf dem gesamten Nordhang eine baumarten- und strukturreiche Naturverjüngung unter dem Hauptbestand entwickeln konnte.

**Unterabt. 2d** (6,8 ha) umfasst als Schutzwald vor allem die scharfe Bergnase mit den angrenzenden, z. T. felsigen Steilhängen am S-, SW- und W-Hang sowie die angrenzenden Plateau- und Oberhangbereiche. Flachgründige Mullrendzinen und Felsbänder des Unteren Muschelkalks sorgen an den Steilhängen für einen angespannten Wasserhaushalt, Laubverwehung bewirkt eine Aushagerung. Die Steilhanglagen wurden bereits seit 1950 nicht mehr forstlich genutzt (CONRAD 1985, SCHMIDT & MAST 1996). Im heute etwa 130jährigen Buchenbestand sind die Edellaubbaumarten im Vergleich zu den übrigen Unterabt. deutlich schwächer vertreten, selbst im Bereich der Felsbänder. Gehalten haben sich bis heute die etwa 100jährigen gepflanzten Schwarzkiefern, ohne sich allerdings zu verjüngen.

Als Besonderheit findet sich an der SW-Spitze ein stets freigehaltener Ausblick, der vermutlich zwischen 1970 und 1980 in einem ca. 30 x 80 m langen Streifen hangabwärts weiter aufgehauen wurde. Ziel war es, den hier vorkommenden, seltenen Fels- und Saumararten (z. B. *Anthericum liliago*, *Carex humilis*, *Polygonatum odoratum*) bessere Wachstumsbedingungen zu bieten. Durch eine private Initiative werden in diesem Bereich seit mehr als drei Jahrzehnten die aufkommenden Gehölze immer wieder zurückgeschnitten.

### 3. Material und Methoden

#### 3.1 Flora

Ältere Angaben zur Gefäßpflanzenflora der Lengder Burg finden sich bei RÜHL (o.J., 1954), FUCHS (1964) und SCHMIDT & MAST (1996). Aus dem Zeitraum zwischen 1950 und 1995 stammen Vegetationsaufnahmen von RÜHL (1960), WINTERHOFF (1960, 1963), W. SCHMIDT (1968, 1970), GRIMME (1977), BIEDERBICK (1991) und M. SCHMIDT (2000), die als weitere floristische Quellen für das frühere Vorkommen von Pflanzenarten mit berücksichtigt wurden. Zur Erfassung der aktuellen Gefäßpflanzen-Flora wurde 2016 für jede der vier Unterabt. 2a-2d eine getrennte Florenliste erstellt. Dies geschah in drei Durchgängen (21.4.–19.5.16, 9.7.–14.7.16 und 8.8.–18.8.16), um die phänologische Entwicklung ausreichend zu berücksichtigen. Pro Unterabt. betrug der Kartierungsaufwand insgesamt fünf bis sechs Stunden. Rote-Liste-Arten oder bemerkenswerte Neufunde wurden per GPS-Handempfänger mit Gauss-Krüger-Koordinaten eingemessen und mit den Populationsangaben der

floristischen Kartierung des NLWKN versehen (GARVE 2007). Alle Angaben zu den Rote-Liste-Arten beziehen sich auf das Berg- und Hügelland der subregionalisierten Florenliste Niedersachsens (GARVE 2004). Für die Lengder Burg insgesamt wurden für alle Gefäßpflanzenarten Häufigkeitsangaben entsprechend der fünfteiligen Skala der Flora von Göttingen (STROH & CONRAD 2005) verwendet.

### 3.2 Vegetation

Von der Lengder Burg existieren 37 Vegetationsaufnahmen aus dem Zeitraum 1950 bis 1995. Davon konzentrieren sich 19 auf das *Carici-Fagetum* Moor 1952 und seine Kontaktgesellschaften an den südlichen und westlichen Steilhängen (= *CF i.w.S.*; Beilage S1). 18 Vegetationsaufnahmen sind dem *Hordelymo-Fagetum* Kuhn 1937 (= *HF i.w.S.*) zuzuordnen und stammen überwiegend vom Plateau sowie dem flacher geneigten Nordhang (Beilage S2). 29 der 37 Aufnahmeflächen konnten relokalisiert ( $\pm 25$  m) werden, da von ihnen z. B. genaue Karteneinträge, Geländebeschreibungen oder Koordinaten vorlagen. In zwei Fällen wurde die alte Baummarkierung von 1967 wiedergefunden (Abb. 2). Diese 29 Quasi-Dauerflächen wurden zwischen 2009 und 2016 erneut vegetationskundlich aufgenommen. Sie verteilen sich zeitlich und räumlich unterschiedlich:

10 Vegetationsaufnahmen von WINTERHOFF (1960, 1963) von 1955/59 berücksichtigen alle wesentlichen Standorts- und Strukturverhältnisse.

10 Vegetationsaufnahmen von W. SCHMIDT (1968, 1970) von 1967 konzentrieren sich auf das *Hordelymo-Fagetum* des Plateaus.

6 Vegetationsaufnahmen von BIEDERBICK (1991) von 1988 und 3 Aufnahmen von M. SCHMIDT (2000, unpubl.) von 1994/95 haben ihren Schwerpunkt im *Carici-Fagetum* der Steilhänge, berücksichtigen aber auch mit 4 Aufnahmen die offenen Bereiche unterhalb der südwestlichen Bergnase.

Insgesamt sind von den 29 Wiederholungsaufnahmen 14 dem *CF i.w.S.* und 15 dem *HF i.w.S.* zuzuordnen.

Die Vegetation wurde in allen Zeiträumen nach der Skala von Braun-Blanquet (DIERSCHKE 1994) getrennt nach Baum-, Strauch-, Kraut- und Kryptogamenschicht aufgenommen. Die Aufnahmeflächengröße reichte von 25–400 m<sup>2</sup> und wurde bei Erst- und Zweitaufnahme vergleichbar groß gewählt, wobei besonders auf die standörtliche und strukturelle Homogenität der Aufnahmeflächen geachtet wurde. Um auch die Frühjahrspflanzen zu erfassen, wurden während der Wiederholungsaufnahmen alle Flächen zweimal in der Vegetationsperiode (im Frühjahr zur Zeit der Anemonen-Blüte, im Sommer bei voller Belaubung) aufgesucht. Bei den älteren Erhebungen waren die Aufnahmezeitpunkte heterogener (z. T. wurden Flächen auch nur einmal im Jahr aufgesucht) bzw. es fehlen entsprechende Angaben. Bodenbewohnende Moose, die vor allem im *CF i.w.S.* vorkommen, wurden während der Sommeraufnahmen 2009–2016 angesprochen. Alle im Gelände nicht sicher erkennbaren Arten wurden gesammelt und mikroskopisch nachbestimmt.

Die Nomenklatur der Gefäßpflanzen richtet sich nach WISSKIRCHEN & HAEUPLER (1998), die der Moose nach KOPERSKI et al. (2000).

### 3.3 Datenauswertung

Entsprechend der Fragestellung konzentriert sich die Auswertung auf drei Schwerpunkte:

1. Anhand der Vegetationsaufnahmen aus dem Zeitraum 1950–1995 soll ein Überblick über die Vegetationsverhältnisse der Lengder Burg gegeben werden. Dabei geht es vor allem in Verbindung mit den Zeigerwerten nach ELLENBERG et al. (2001) um die Beziehung zwischen der Vegetation und den Standortsverhältnissen.
2. Die Veränderung der Vegetation zwischen alten und neuen Vegetationsaufnahmen soll den Umwelt- und Nutzungswandel deutlich machen.
3. Mit der detaillierten Kartierung der Gefäßpflanzenflora sollen ebenfalls die Standorts- und Nutzungsunterschiede dargelegt werden, im Vergleich mit historischen Angaben dazu die Verluste und Neuvorkommen herausgestellt werden.



**Abb. 2.** Aufnahme­fläche H6 (*Hordelymo-Fagetum lathyretosum*, *Allium*-Variante) auf dem Plateau der Lengder Burg (Unterabt. 2c) mit der alten (gelborangen) Baummarkierung von 1967 (Originalbezeichnung: S 116, am linken Bildrand) (Foto: S. Heinrichs, 13.04.2015).

**Fig. 2.** Relevé H6 (*Hordelymo-Fagetum lathyretosum*, *Allium*-Variant) at the plateau of the Lengder Burg (sub-unit 2c) with an old plot mark (orange ribbon) at the tree in the left part of the photograph originating from 1967 (original plot name S 116) (Photo: S. Heinrichs, 13.04.2015).

Für die Auswertung der Vegetationsaufnahmen wurden die Braun-Blanquet-Deckungsgradwerte wie folgt transformiert: r = 0,1 %, + = 0,5 %, 1 = 2,5 %, 2 = 15 %, 3 = 37,5 %, 4 = 62,5 %, 5 = 87,5 % (DIERSCHKE 1994).

Zur Veranschaulichung von Unterschieden in der Artenzusammensetzung zwischen den Vegetationseinheiten und Aufnahmezeiträumen wurden nicht-metrische, multidimensionale Skalierungen (NMDS) der Krautschichtdaten in einem zweidimensionalen Ordinationsraum durchgeführt, basierend auf der Bray-Curtis-Distanz zwischen den einzelnen Vegetationsaufnahmen (BRAY & CURTIS 1957).

Als Standortparameter wurden aus dem Arteninventar der Krautschicht die mittleren Zeigerwerte nach ELLENBERG et al. (2001) – ungewichtet nach reiner Artenpräsenz und gewichtet nach Artendeckung – errechnet und mit den Achsenwerten der NMDS-Ordinationen korreliert. Auch die Deckungsgrade der Vegetationsschichten und der Krautschichtarten wurden mit den Ordinationsachsen korreliert. Außerdem erfolgte eine Einteilung der Krautschichtarten anhand ihrer Bindung an den Wald basierend auf den Waldartenlisten Deutschlands (SCHMIDT et al. 2011). Für das Vorkommen von gefährdeten Arten und Neophyten wurde die Florenliste für das niedersächsische Berg- und Hügelland (GARVE 2004), für das Vorkommen der Störzeiger die Zusammenstellung von M. SCHMIDT (2013) für das *Hordelymo-Fagetum* herangezogen.

Aus dem Arteninventar der Krautschicht wurden als weitere Diversitätsmaße der Shannon-Index und die Evenness ermittelt (MAGURRAN 2004). Die floristische Unähnlichkeit einer Vegetationsaufnahme in Bezug auf alle anderen Vegetationsaufnahmen einer Vegetationseinheit innerhalb eines Aufnahmezeitraumes wurde anhand der Morisita-Horn-Distanz berechnet (HORN 1966). Außerdem wurden Stetigkeit und Deckungsgrade der einzelnen Arten für die Aufnahmezeiträume gegenübergestellt. Die Stetigkeit basiert dabei auf dem prozentualen Vorkommen einer Art an der Gesamtzahl der Aufnahme­flächen des betrachteten Aufnahme­kollektivs zu einem Aufnahmezeitpunkt.

Deckungsgrade und Artenzahlen der Vegetationsschichten sowie alle weiteren errechneten Parameter wurden zwischen den Vegetationseinheiten mit Hilfe des Mann-Whitney-U-Tests und zwischen den Aufnahmezeiträumen mit Hilfe des Wilcoxon-Rangsummen-Tests gegenübergestellt. Die Berechnungen erfolgten mit R (R CORE TEAM (2014); „vegan“-Paket (OKSANEN et al. 2014)) oder SigmaPlot 12.0 (Systat Software). Wenn nicht anderweitig erwähnt, gilt  $p < 0,05$  als einheitliches Signifikanzniveau.

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Die Vegetation der Lengder Burg

Die vorliegenden Vegetationsaufnahmen können zwei Gruppen zugeordnet werden: 1. Das *Carici-Fagetum* und seine Kontaktgesellschaften (*CF i.w.S.*) beherrscht vor allem die Steilhänge in südlicher und westlicher Exposition (Beilage S1). 2. Das *Hordelymo-Fagetum* (*HF i.w.S.*) prägt das schmale Plateau auf dem Bergrücken sowie die flacher ausgebildeten Hänge mit südöstlicher und nördlicher Exposition (Beilage S2). Standortlich und nutzungsbedingt lassen sich auf der Grundlage der alten Vegetationsaufnahmen (1950 bis 1995) verschiedene Untereinheiten unterscheiden.

Beim *CF i.w.S.* repräsentieren die Aufn. 1 und 2 (Beilage S1) eine Saumgesellschaft am offen gehaltenen SW-Steilhang direkt unterhalb des Aussichtspunktes (der Bergnase). Ihnen fehlt nutzungsbedingt eine schattende Baum- und Strauchschicht. Kennzeichnend in der Krautschicht sind dichte Bestände von *Anthericum liliago*, *Peucedanum cervaria* und *Vincetoxicum hirundinaria*. Auch andere trockenheitsertragende Lichtpflanzen wie *Carex humilis*, *Hippocrepis comosa* und *Viola hirta* haben hier ihren Verbreitungsschwerpunkt. Pflanzensoziologisch ordnet BIEDERBICK (1991) die Saumgesellschaft dem *Geranio-Peucedanetum cervariae* (Kuhn 1937) Th. Müller 1961, M. SCHMIDT (2000) der *Hippocrepis-Sesleria*-Gesellschaft, *Viola hirta*-Variante zu. Die Aufn. 3 und 4 können als Gebüschgesellschaften standortlich ebenfalls dem *CF i.w.S.* zugeordnet werden, haben aber eine unterschiedliche Nutzungsgeschichte. Aufn. 3 dokumentiert eine um 1955/60 am SO-Hang häufig anzutreffende Kahlschlag-Sukzession, nachdem dort viele der damals noch vorhandenen Mittelwald-Überhälter entnommen wurden. Aufn. 4 grenzt dagegen direkt an den noch heute offen gehaltenen SW-Steilhang an. Beiden Vegetationsaufnahmen fehlt eine Baumschicht, die Strauchschicht sowie hochwüchsige Kahlschlag- und Ruderalarten verhindern nicht nur das Vorkommen der typischen Saumarten, sondern auch vieler der niedrigwüchsigen, lichtbedürftigen Kennarten des *Carici-Fagetum*. Dafür sind aber weitverbreitete, schattentolerante Arten der mesophilen Kalkbuchenwälder vertreten (z. B. *Anemone nemorosa*, *Asarum europaeum*, *Galium odoratum*).

Die Aufn. 5–18 repräsentieren verschiedene Ausbildungen des *Carici-Fagetum*. Zahlreiche der von WINTERHOFF (1963), DIERSCHKE (1989) und M. SCHMIDT (2000) angeführten Charakter- und Differentialarten sind mit hoher Stetigkeit vertreten. Aufn. 5–7 umfassen die direkt an die Saumgesellschaften angrenzenden, besonders lichten, schlechtwüchsigen Buchenwälder, in denen in der Krautschicht auch noch *A. liliago*, *C. humilis*, *H. comosa*, *P. cervaria* und *Polygonatum odoratum* auftreten, dabei aber bereits deutlich weniger vital als im Freiland sind und nur noch selten blühen. RÜHL (1954) beschreibt diese trockenste Ausbildung des *Carici-Fagetum* als Buchenfelsheidewald, während GRIMME (1977) seine beiden Aufnahmen zu dem von WINTERHOFF (1963) beschriebenen *CF primuletosum* stellt. Nach den zusammenfassenden Übersichten von DIERSCHKE (1989) und M. SCHMIDT (2000) mit umfangreichem Aufnahmematerial zum *Carici-Fagetum* aus Nordwestdeutschland bzw. dem nördlichen deutschen Mittelgebirgsraum sind diese drei Aufnahmen am ehesten dem

*CF seslerietosum* (DIERSCHKE 1989) bzw. der *Euphorbia cyparissias*-Subassoziation des *Carici-Fagetum* (M. SCHMIDT 2000) zuzuordnen. *Sesleria albicans* fehlt zwar in den Trockenwäldern an der Lengder Burg, was nach DIERSCHKE (1989) und M. SCHMIDT (2000) aber häufig zu beobachten ist, wenn sich in der Nähe auch keine ausgedehnten, primären *Sesleria*-Rasen befinden.

Sowohl die Aufn. 5–7 als auch die Aufn. 8–16 zeichnen sich durch das Auftreten vieler trockenheitsertragender Magerkeitszeiger und/oder Zeiger für höheren Lichtgenuss wie z. B. *Carex digitata*, *Convallaria majalis*, *Primula veris*, *Solidago virgaurea*, *Tanacetum corymbosum* und *V. hirundinaria* aus, die nach DIERSCHKE (1989) für die zentrale Subassoziation des *Carici-Fagetum*, dem *CF typicum* kennzeichnend sind. Immer wieder finden sich in diesen Aufnahmen aber auch mit geringen Deckungsgraden z. B. *G. odoratum*, *Hordelymus europaeus* und *Viola reichenbachiana*, die nach der Übersicht von M. SCHMIDT (2000) für die *Galium odoratum*-Subassoziation des *Carici-Fagetum* typisch sind. Diese Vegetationseinheit leitet zum *Hordelymo-Fagetum* über, mit dem an der Lengder Burg ein enger Kontakt besteht, während die typische Subassoziation nach M. SCHMIDT (2000) eine Zwischenstellung zwischen der *Galium odoratum*- und *Euphorbia cyparissias*-Subassoziation einnimmt, in der diese Differentialarten der mesophilen Buchenwälder – mit Ausnahme von *V. reichenbachiana* – weitgehend fehlen.

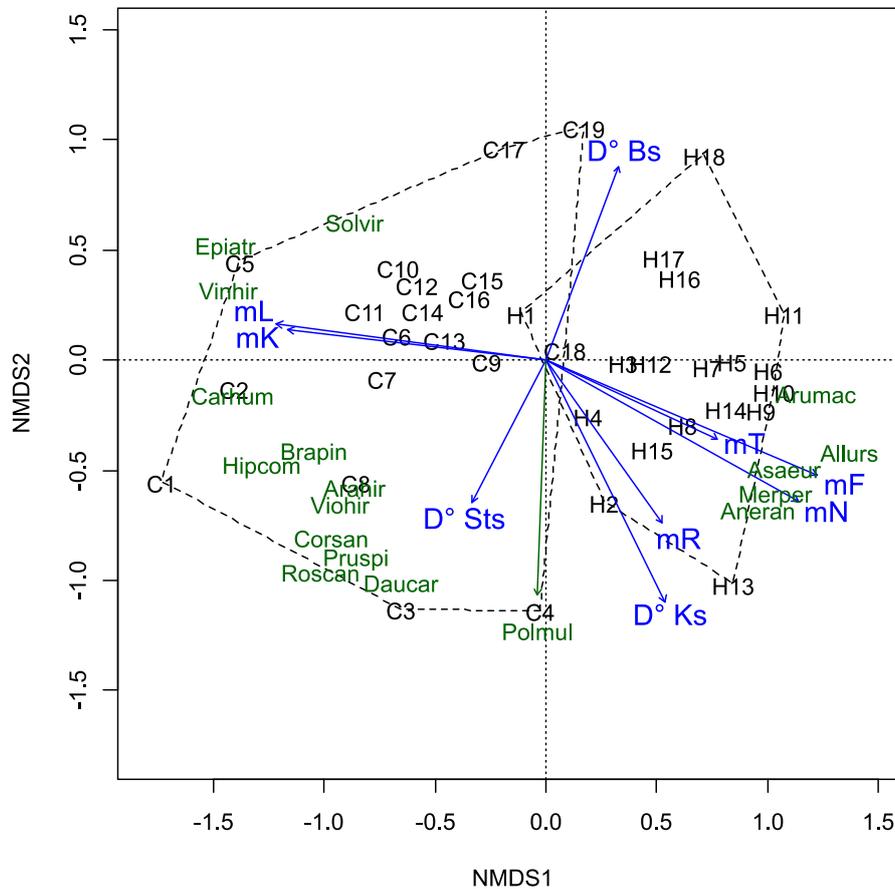
Als Sonderfall ist Aufn. 17 einzustufen: Unter der dichtschießenden Baumschicht mit dominierender Buche ist nur eine auffallend gering deckende Krautschicht vorhanden, in der aber zahlreiche Orchideenarten vertreten sind: neben *Cephalanthera damasonium*, *C. rubra* und *Neottia nidus-avis* kommt hier auch die im Göttinger Wald sehr seltene *Epipactis microphylla* vor. Als *Epipactis microphylla*-Variante ordnete WINTERHOFF (1963) diese Vegetationseinheit dem *CF typicum* zu. In Aufn. 18 vom flachgeneigten westlichen Oberhang in der Nähe der Bergnase tritt *Fagus sylvatica* in der Baumschicht zurück und wird weitgehend durch *Carpinus betulus* ersetzt, was zusammen mit dem Vorkommen von *Acer campestre* und *Quercus petraea* BIEDERBICK (1991) dazu veranlasst hat, diese Vegetationsaufnahme nicht dem *Carici-Fagetum*, sondern dem *Galio-Carpinetum* Oberd. 1957 zuzuordnen. *C. majalis*, *P. veris* und *V. hirundinaria* in der Krautschicht sind aber ein sicherer Hinweis dafür, dass es sich um eine nutzungsbedingte Ersatzgesellschaft des *Carici-Fagetum* handelt (M. SCHMIDT 2000). Am steilen NW-Hang mit felsigen Bändern und lockerem Hangschutt des Muschelkalks kann *F. sylvatica* dann kleinflächig ganz fehlen und durch die Edellaubbäume *Acer pseudoplatanus*, *Fraxinus excelsior* und *Tilia platyphyllos* ersetzt werden. Dementsprechend ordnete WINTERHOFF (1963) die in der Krautschicht arten- und deckungsgradarme Aufn. 19 dem *Vincetoxico-Tilietum* zu.

Durch das hochstete Vorkommen vieler Kenn- und Differentialarten (z. B. *Anemone ranunculoides*, *A. europaeum*, *H. europaeus*, *Lathyrus vernus*, *Lilium martagon*, *Mercurialis perennis*) lassen sich die Aufn. 1–17 (Beilage S2) dem *Hordelymo-Fagetum lathyretosum* (DIERSCHKE 1989), *Melico-Fagetum elymetosum* bei WINTERHOFF (1963), *Lathyro-Fagetum* bei BIEDERBICK (1991) zuordnen. Innerhalb dieser Aufnahmen gibt es einen deutlichen Gradienten von trockenen, nährstoffarmen Standorten in steileren Hanglagen zu den frischeren und besonders nährstoffreichen Böden des Plateaus, die im Nordhang dann zunehmend tiefgründiger und oberflächennah auch basenärmer werden. So steht Aufn. 1 von einer ausgehagerten Plateaukante mit flachgründiger Rendzina aufgrund der zahlreichen Differentialarten des *Carici-Fagetum* diesem noch floristisch sehr nahe. Da aber auch bereits die anspruchsvolleren Arten des *Hordelymo-Fagetum* vertreten sind, lässt sich diese Aufnahme am ehesten der *Convallaria*-Variante des *HF lathyretosum* zuordnen (DIERSCHKE 1989). Die

zentrale Variante des *HF lathyretosum* lässt sich weiter aufgliedern in eine basen(kalk)reiche Ausprägung am S-Hang und an der Plateaukante (Aufn. 2–4), in der zwar noch *C. majalis* vorkommt, die übrigen Differentialarten des *Carici-Fagetum* aber bereits fehlen. Die basenärmere Ausprägung am Nordhang (Aufn. 16, 17) ist dann gekennzeichnet durch das Auftreten von *Carex sylvatica* und *Oxalis acetosella*, die sowohl die höhere Bodenfeuchte als auch die stärkere oberflächennahe Entkalkung der meist tiefgründigen, kolluvialen Braunerden im Vergleich zu den Mull-Rendzinen des Plateaus anzeigen. Das Plateau auf dem Bergrücken wird dann dominiert von der *Allium*-Variante des *HF lathyretosum* (*HF Allium*; Aufn. 5–15, DIERSCHKE 1989, *Melico-Fagetum allietosum* bei WINTERHOFF 1963). Dichte Herden von *Allium ursinum* und weitere anspruchsvolle Frühjahrsgeophyten (*Corydalis cava*, *Gagea lutea*, *Leucojum vernum*) sowie die Nährstoffzeiger *Aconitum lycoctonum*, *Alliaria petiolata* und *Chaerophyllum temulum* grenzen diese Kalk-Buchenwaldgesellschaft scharf von den angrenzenden Vegetationseinheiten ab. Aufn. 18 fehlen unter einer dichtschließenden Baumschicht die anspruchsvolleren Arten des *Hordelymo-Fagetum*. Neben *F. sylvatica* und den Edellaubbäumen in der Verjüngung finden sich nur wenige zusätzliche Arten in der deckungsgradarmen Krautschicht. Die Artenarmut zusammen mit dem Vorkommen von *A. nemorosa*, *C. sylvatica* und *G. odoratum* erlauben so zwar eine Zuordnung zum *Galio-Fagetum* (DIERSCHKE 1989, *Melico-Fagetum typicum* bei GRIMME 1977), nicht aber zu einer der zahlreich beschriebenen Untereinheiten dieser auf tiefgründige, oft lehmige Böden konzentrierten Buchenwaldgesellschaft (DIERSCHKE 1989, SUCK et al. 2013).

Die NMDS-Ordination der 37 Vegetationsaufnahmen zeigt einerseits eine deutliche Trennung zwischen den Aufnahmen des *CF i.w.S.* und des *HF i.w.S.*, charakterisiert aber auch die Untereinheiten und Übergänge zwischen den verschiedenen Vegetationseinheiten gut (Abb. 3). Der äußere Rahmen der Polygone weist dabei für das *Carici-Fagetum* eine größere Spannweite auf als für das *Hordelymo-Fagetum*. So markieren die Aufnahmen der baumschichtfreien Saumgesellschaft und die sukzessionalen Gebüsch- und Kahlschlagaufnahmen ebenso wie die Aufnahme des *Vincetoxico-Tilietum* ihre Randstellung als Kontakt- bzw. Ersatzgesellschaften oder auch als mögliche „Initialzellen“ des *Carici-Fagetum* als höchstentwickeltem Sukzessionsstadium (vgl. EGLER 1954, DRURY & NISBET 1973). Auch die *Epipactis microphylla*-Variante des *CF typicum* (Aufn. C17) setzt sich deutlich von den übrigen Aufnahmen dieser Subassoziation ab. Die Übergangssituation zwischen dem *Carici-Fagetum* und *Hordelymo-Fagetum* spiegelt sich gut in der nahebeieinanderliegenden Position der Aufnahmen C18 und H1 im Ordinationsdiagramm wider. Etwas isoliert präsentiert sich auch die dem *Galio-Fagetum* zugeordnete Aufnahme H18. Deutlich abgesetzt innerhalb ihrer Vegetationseinheiten fallen im Ordinationsdiagramm drei besonders artenarme Bestände (C5, C8, H13) ins Auge. Die Vegetationsaufnahmen stammen alle von RÜHL (1960), der selbst darauf hinweist, dass seine Aufnahmen in der Regel nur den Sommeraspekt erfassen und ausgesprochene Frühjahrspflanzen nicht berücksichtigt wurden. Auffällig ist auch, dass in den Aufnahmen von RÜHL (1960) Gehölze in der Krautschicht völlig fehlen. Diese beiden methodischen Besonderheiten erklären sicher die randliche Stellung dieser Vegetationsaufnahmen im Ordinationsdiagramm.

Die Korrelation der Achsenwerte mit den Zeigerwerten unterstreicht die standörtliche Differenzierung zwischen den Vegetationseinheiten. Während die Aufnahmen des *HF i.w.S.* mit der gewichteten Feuchte-, Stickstoff-, Reaktions-, aber auch der Temperaturzahl korreliert sind, zeichnen sich die Flächen des *CF i.w.S.* durch höhere Licht- und Kontinentalitätszahlen aus. Eine deutliche Trennung zwischen den Aufnahmen des *Carici-Fagetum* und des



**Abb. 3.** Zweidimensionale NMDS-Ordination (Stress-Wert: 0,173) der Vegetationsaufnahmen des *CF i.w.S.* (C1–19) und des *HF i.w.S.* (H1–18) aus dem Zeitraum 1950–1995 mit den beiden Gruppen als Polygone. Gewichtete ( $D^\circ$ ) Zeigerwerte (mL = mittlere Lichtzahl, mK = mittlere Kontinentalitätszahl, mR = mittlere Reaktionszahl, mN = mittlere Stickstoffzahl, mF = mittlere Feuchtezahl, mT = mittlere Temperaturzahl), die Deckungsgrade der Vegetationsschichten (Bs = Baumschicht, Sts = Strauchschicht, Ks = Krautschicht) und die Deckungsgrade der Arten (= Anfangsbuchstaben der Gattungs- und Artnamen) wurden mit den Ordinationsachsen korreliert und im Diagramm dargestellt, wenn eine signifikante Korrelation vorlag ( $p < 0,05$  für die Zeigerwerte und Schichtdeckungsgrade;  $p < 0,01$  für die Deckungsgrade der Arten). Auf die Darstellung der Vektorpfeile wurde bei der Korrelation mit den Deckungsgraden der Arten verzichtet.

**Fig. 3.** Twodimensional NMDS-ordination (stress value: 0.173) of the vegetation surveys for the *CF i.w.S.* (C1–19) and the *HF i.w.S.* (H1–18) sampled between 1950 and 1995. The two groups are framed as polygons. Cover weighted ( $D^\circ$ ) indicator values (mL = mean light indicator, mK = mean continentality indicator, mR = mean reaction indicator, mN = mean nitrogen indicator, mF = mean moisture indicator, mT = mean temperature indicator), cover values of vegetation layers (Bs = tree layer, Sts = shrub layer, Ks = herb layer) and cover values of species (= initial letters of genus and species name) were correlated with axes values and displayed in the diagram when the correlation was significant ( $p < 0.05$  for indicator values and vegetation layers,  $p < 0.01$  for single species cover values). No arrows were drawn for correlations with single species cover values.

*Hordelymo-Fagetum* ergibt sich auch, wenn man die Vegetationsstruktur, den Artenreichtum und den Waldarten-Anteil zwischen *CF i.w.S.* und *HF i.w.S.* sowie zwischen dem *CF typicum* (ohne *Epipactis microphylla*-Variante) und *HF Allium* vergleicht (Tab. 1, Anhang E1). Danach zeichnet sich das *Carici-Fagetum* durch eine lichtere Baumschicht, vor allem aber arten- und deckungsgradreichere Strauchschicht gegenüber dem *Hordelymo-Fagetum* aus. Die Krautschicht ist im *Carici-Fagetum* artenreicher, aber deutlich lückiger als im *Hordelymo-Fagetum*. Der geringere Artenreichtum in Verbindung mit einer höheren Dominanzstruktur in der Krautschicht des *Hordelymo-Fagetum* drückt sich auch in einem niedrigeren Shannon-Index und einer geringeren Evenness im Vergleich zum *Carici-Fagetum* aus. Die Krautschicht in den Aufnahmeflächen des *Hordelymo-Fagetum* war sich im Mittel ähnlicher als in den Flächen des *Carici-Fagetum*, ein signifikanter Unterschied konnte jedoch nicht festgestellt werden. Eine Mooschicht findet sich kleinflächig im *Carici-Fagetum*, fehlt aber im *Hordelymo-Fagetum* fast ganz. Anhand der mittleren Zeigerwerte für die Krautschicht sind die Standorte des *Carici-Fagetum* deutlich heller, trockener und vor allem nährstoffärmer einzustufen als die des *Hordelymo-Fagetum*. Geringer sind die Unterschiede in der Basenversorgung sowie dem Auftreten von Wärme- und Kontinentalitätszeigern. In beiden Waldgesellschaften dominieren Kalkzeiger, während ausgesprochene Säurezeiger fehlen. In Übereinstimmung mit der dichteren Baumschicht und der geringeren mittleren Lichtzahl ist im *Hordelymo-Fagetum* der Anteil an Arten des geschlossenen Waldes in der Krautschicht deutlich höher als im *Carici-Fagetum* und erreicht in der *Allium*-Variante unter Berücksichtigung der Artenzahl fast 60 %, unter Berücksichtigung des Deckungsgrades sogar fast 90 % (Anhang E1). Im *Carici-Fagetum* dominieren die Arten, die sowohl im Wald als auch im Offenland vorkommen. Arten mit Schwerpunkt in Verlichtungen und im Offenland sind ebenfalls im *Carici-Fagetum* häufiger zu finden als im *Hordelymo-Fagetum*, erreichen allerdings nur in Einzelaufnahmen höhere Werte, wie z. B. in den beiden Aufnahmen mit Saumgesellschaften (C1, C2, 20 %-Anteil an der Artenzahl, 6 %-Anteil am Deckungsgrad) oder besonders in der Aufnahme mit Kahlschlag-Vegetation (C3, 30 %-Anteil an der Artenzahl, 42 %-Anteil am Deckungsgrad).

#### 4.2 Veränderungen in der Vegetation an Hand alter und neuer Vegetationsaufnahmen

Zwischen den alten und neuen Vegetationsaufnahmen auf den Quasi-Dauerflächen liegen im Mittel 43 Jahre (Minimum 21 bis Maximum 60 Jahre). Dabei unterscheiden sich die mittleren Zeitspannen zwischen dem *CF i.w.S.* (40,6 Jahre) und dem *HF i.w.S.* (44,6 Jahre) nur geringfügig, dies gilt auch für die zwei besonders verbreiteten Vegetationseinheiten (*CF typicum*, *HF Allium*) innerhalb der beiden Assoziationen (Tab. 2).

Im Vergleich beider Aufnahmen zeigen sich in der Vegetationsstruktur keine signifikanten Veränderungen. Tendenziell hat der Deckungsgrad der Baumschicht in allen Vegetationseinheiten zugenommen. Im *HF i.w.S.* hat sich der Deckungsgrad der Strauchschicht deutlich, aber aufgrund der großen Streuung nicht statistisch signifikant erhöht. Kraut- und Mooschicht zeigen keine gerichteten Veränderungen im Deckungsgrad. Kaum Veränderung gab es auch bei den mittleren Artenzahlen. Allein in der Strauchschicht des *Hordelymo-Fagetum* hat sich die Artenzahl gegenüber der Erstaufnahme signifikant erhöht. Eine signifikante Abnahme im Shannon-Index bzw. in der Evenness lässt im *CF typicum* bzw. im *CF i.w.S.* einen Diversitätsverlust und eine Zunahme in der Dominanzstruktur der Krautschicht erkennen. Besonders deutlich wird der Diversitätsverlust bei der Gesamtzahl der Gefäßpflanzen in den Aufnahmeflächen, die im *Carici-Fagetum* generell stark abgenommen hat.

**Tabelle 1.** Deckungsgrade, Artenzahlen der Vegetationsschichten und Gesamtartenzahlen anhand der Vegetationsaufnahmen aus dem Zeitraum 1950–1995 für das *CF i.w.S.* (19 Aufnahmen, Beilage S1) und das *HF i.w.S.* (18 Aufnahmen, Beilage S2) sowie für die jeweils wichtigsten Untereinheiten (*CF typicum*, *HF Allium*) an der Lengder Burg. Angegeben sind auch der Shannon-Index, die Evenness, die Morisita-Horn-Distanz und die ungewichteten und nach Deckungsgrad gewichteten ( $D^\circ$ ) Zeigerwerte (jeweils bezogen auf die Krautschicht). Signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten ( $\pm$  Standardfehler) der beiden Vergleichspaare sind fett hervorgehoben ( $p < 0,05$ ).

**Table 1.** Cover values of the tree, shrub, herb and moss layer, mean species numbers and total vascular plant species numbers based on vegetation relevés from 1950 to 1995 for the *CF i.w.S.* (19 relevés, Supplement S1) and the *HF i.w.S.* (18 relevés, Supplement S2) and for the subassociations *CF typicum* and *HF Allium* at the Lendger Burg. Also given are the Shannon-Index, the Evenness and the Morisita-Horn-Distance as well as unweighted and cover-weighted ( $D^\circ$ ) Ellenberg indicator values for the herb layer. Significant differences between mean values ( $\pm$  standard error) are highlighted in bold ( $p < 0.05$ ).

	<i>CF i.w.S.</i> ( <i>n</i> = 19)	<i>HF i.w.S.</i> ( <i>n</i> = 18)	<i>CF typicum</i> ( <i>n</i> = 9)	<i>HF Allium</i> ( <i>n</i> = 11)
<b>Deckungsgrad (%)</b>				
Baumschicht	64,2±9,0	79,6±1,7	83,6±2,3	78,7±3,3
Strauchschicht	<b>11,7±5,4</b>	1,1±0,5	<b>5,9±1,9</b>	0,7±0,5
Krautschicht	34,8±5,6	<b>69,7±6,6</b>	32,2±5,3	<b>84,5±2,4</b>
Moosschicht	<b>1,2±0,5</b>	<0,1±0,0	<b>1,8±0,8</b>	0,1±0,1
<b>Artenzahl</b>				
Baumschicht	2,2±0,4	3,0±0,3	2,6±0,5	3,2±0,4
Strauchschicht	<b>3,8±0,8</b>	0,8±0,3	<b>2,8±0,8</b>	0,5±0,4
Krautschicht	<b>27,7±2,7</b>	20,3±1,7	<b>31,3±3,0</b>	20,3±2,2
Moosschicht	<b>2,1±0,7</b>	0,1±0,1	<b>3,2±1,3</b>	0,1±0,1
Alle Schichten	<b>32,2±3,1</b>	21,9±1,7	<b>36,3±3,6</b>	22,3±2,1
Gefäßpflanzen	126	74	81	54
<b>Diversitätsindices</b>				
Shannon-Index	<b>2,55±0,11</b>	1,83±0,12	<b>2,74±0,12</b>	1,67±0,14
Evenness	<b>79,6±2,5</b>	62,1±3,4	<b>80,8±3,1</b>	55,9±3,3
Morisita-Horn-Index	0,69±0,03	0,66±0,03	0,45±0,02	0,39±0,04
<b>Zeigerwerte</b>				
Licht	<b>5,1±0,2</b>	4,8±0,1	<b>4,8±0,1</b>	3,8±0,1
Temperatur	5,5±0,0	5,5±0,0	5,5±0,1	5,6±0,1
Kontinentalität	<b>3,6±0,1</b>	3,4±0,0	3,5±0,1	3,4±0,0
Feuchte	4,6±0,1	<b>5,3±0,1</b>	4,6±0,1	<b>5,5±0,0</b>
Reaktion	6,9±0,0	6,9±0,1	6,8±0,1	<b>7,0±0,1</b>
Nähr(Stick)stoff	4,9±0,2	<b>6,3±0,1</b>	4,9±0,1	<b>6,6±0,1</b>
Licht ( $D^\circ$ )	<b>5,1±0,2</b>	2,8±0,1	<b>4,9±0,1</b>	2,6±0,1
Temperatur ( $D^\circ$ )	5,4±0,0	<b>5,5±0,1</b>	5,3±0,0	<b>5,7±0,1</b>
Kontinentalität ( $D^\circ$ )	<b>3,7±0,1</b>	2,9±0,1	<b>3,6±0,1</b>	2,8±0,1
Feuchte ( $D^\circ$ )	4,3±0,1	<b>5,5±0,1</b>	4,3±0,1	<b>5,8±0,1</b>
Reaktion ( $D^\circ$ )	6,8±0,1	<b>7,1±0,1</b>	6,9±0,0	<b>7,3±0,1</b>
Nähr(Stick)stoff ( $D^\circ$ )	4,5±0,2	<b>6,7±0,2</b>	4,4±0,1	<b>7,3±0,1</b>

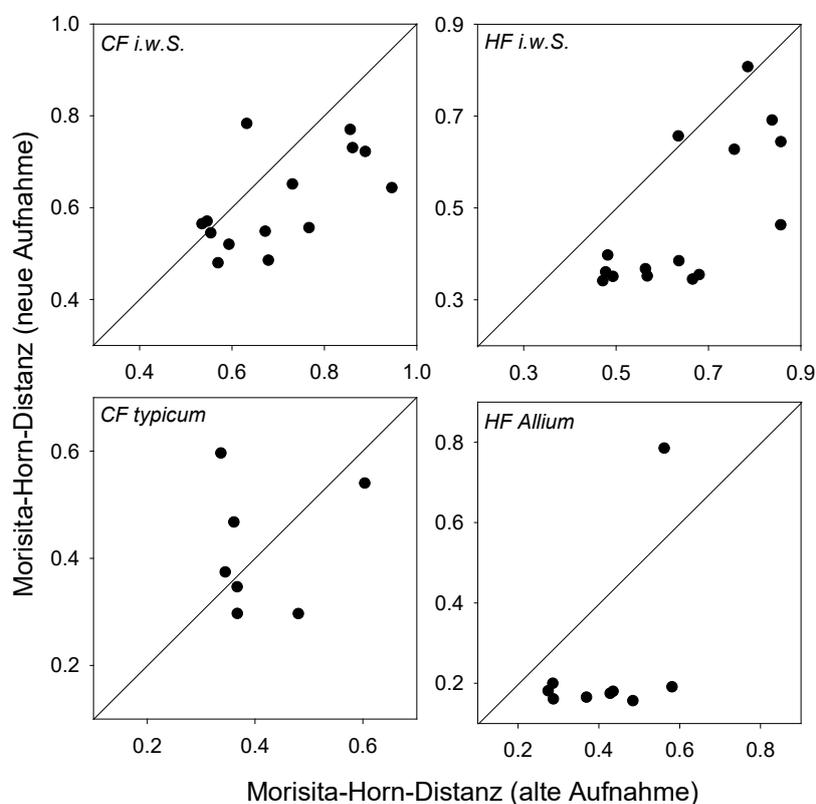
**Tabelle 2.** Deckungsgrade, Artenzahlen der Vegetationsschichten und Gesamtartenzahlen auf Quasi-Dauerflächen an der Lengder Burg für den Zeitraum 1950–1995 (alt) und 2009–2016 (neu) für die unterschiedlichen Vegetationseinheiten. Angegeben sind auch der Shannon-Index, die Evenness, die Morisita-Horn-Distanz und die ungewichteten und nach Deckungsgrad gewichteten ( $D^\circ$ ) Zeigerwerte (jeweils bezogen auf die Krautschicht). Fett gedruckte Zahlen zeigen signifikant höhere Mittelwerte ( $\pm$  Standardfehler) beim Vergleich der Aufnahmezeiträume ( $p < 0,05$ ).

**Table 2.** Cover values of the tree, shrub, herb and moss layer, mean species numbers and total vascular plant species numbers based on quasi-permanent plots at the Lengder Burg sampled from 1950 to 1995 (old relevés) and 2009 to 2016 (new relevés) for the different forest communities. Also given are the Shannon-Index, the Evenness and the Morisita-Horn-Distance as well as unweighted and cover-weighted ( $D^\circ$ ) Ellenberg indicator values for the herb layer. Significant differences between mean values ( $\pm$  standard error) comparing the two observation periods are highlighted in bold ( $p < 0.05$ ).

	<i>CF i.w.S.</i> ( <i>n</i> = 14)		<i>HF i.w.S.</i> ( <i>n</i> = 15)		<i>CF typicum</i> ( <i>n</i> = 7)		<i>HF Allium</i> ( <i>n</i> = 9)	
	alt	neu	alt	neu	alt	neu	alt	neu
Jahre zwischen den Aufn. (min – max)	40,6 (21–60)		44,6 (28–60)		41,7 (21–56)		44,8 (42–60)	
<b>Deckungsgrad (%)</b>								
Baumschicht	59,4 $\pm$ 10,5	69,1 $\pm$ 8,9	77,9 $\pm$ 3,4	81,5 $\pm$ 2,0	82,0 $\pm$ 1,8	84,6 $\pm$ 2,8	77,4 $\pm$ 3,4	80,6 $\pm$ 2,8
Strauchschicht	13,5 $\pm$ 6,5	12,2 $\pm$ 4,6	0,8 $\pm$ 0,5	15,1 $\pm$ 7,4	6,8 $\pm$ 1,9	8,0 $\pm$ 1,4	0,6 $\pm$ 0,6	9,4 $\pm$ 7,6
Krautschicht	35,4 $\pm$ 6,6	47,9 $\pm$ 5,9	72,1 $\pm$ 5,8	66,8 $\pm$ 9,7	33,6 $\pm$ 4,7	38,6 $\pm$ 7,3	83,3 $\pm$ 2,4	90,1 $\pm$ 4,0
Moosschicht	0,9 $\pm$ 0,5	0,8 $\pm$ 0,3	0,1 $\pm$ 0,1	0,7 $\pm$ 0,7	1,3 $\pm$ 0,8	1,3 $\pm$ 0,2	0,1 $\pm$ 0,1	0,1 $\pm$ 0,1
<b>Artenzahl</b>								
Baumschicht	2,4 $\pm$ 0,5	2,8 $\pm$ 0,5	3,1 $\pm$ 0,3	3,5 $\pm$ 0,4	2,9 $\pm$ 0,6	3,1 $\pm$ 0,7	3,2 $\pm$ 0,4	3,8 $\pm$ 0,6
Strauchschicht	3,2 $\pm$ 0,7	4,6 $\pm$ 0,6	0,4 $\pm$ 0,2	<b>1,5<math>\pm</math>0,3</b>	3,6 $\pm$ 0,8	4,0 $\pm$ 0,8	0,1 $\pm$ 0,1	<b>1,4<math>\pm</math>0,4</b>
Krautschicht	26,2 $\pm$ 2,8	26,8 $\pm$ 1,4	20,9 $\pm$ 1,6	22,2 $\pm$ 1,5	32,4 $\pm$ 2,7	27,3 $\pm$ 2,1	20,0 $\pm$ 2,0	23,2 $\pm$ 1,3
Moosschicht	1,4 $\pm$ 0,4	2,2 $\pm$ 0,7	0,1 $\pm$ 0,1	0,3 $\pm$ 0,2	2,3 $\pm$ 0,6	3,4 $\pm$ 1,1	0,1 $\pm$ 0,1	0,1 $\pm$ 0,1
Alle Schichten	29,6 $\pm$ 3,0	30,6 $\pm$ 1,6	22,8 $\pm$ 1,6	23,2 $\pm$ 1,5	36,9 $\pm$ 2,4	32,0 $\pm$ 2,5	22,2 $\pm$ 2,0	23,9 $\pm$ 1,4
Gefäßpflanzen	116	94	69	71	72	58	47	52
<b>Diversitätsindices</b>								
Shannon-Index	2,43 $\pm$ 0,10	2,32 $\pm$ 0,08	1,88 $\pm$ 0,13	2,00 $\pm$ 0,10	<b>2,68<math>\pm</math>0,11</b>	2,44 $\pm$ 0,10	1,71 $\pm$ 0,14	1,94 $\pm$ 0,12
Evenness	<b>77,5<math>\pm</math>2,7</b>	70,9 $\pm$ 1,95	62,1 $\pm$ 3,3	65,6 $\pm$ 2,6	77,5 $\pm$ 2,8	74,3 $\pm$ 2,8	57,4 $\pm$ 3,6	61,6 $\pm$ 2,9
Morisita-Horn-Index	<b>0,70<math>\pm</math>0,04</b>	0,61 $\pm$ 0,03	<b>0,65<math>\pm</math>0,04</b>	0,48 $\pm$ 0,04	0,41 $\pm$ 0,04	0,42 $\pm$ 0,05	<b>0,41<math>\pm</math>0,04</b>	0,24 $\pm$ 0,07
<b>Zeigerwerte</b>								
Licht	<b>5,0<math>\pm</math>0,2</b>	4,7 $\pm$ 0,2	3,8 $\pm$ 0,1	3,7 $\pm$ 0,1	<b>4,8<math>\pm</math>0,1</b>	4,5 $\pm$ 0,1	3,7 $\pm$ 0,1	3,7 $\pm$ 0,1
Temperatur	5,5 $\pm$ 0,0	5,5 $\pm$ 0,0	5,5 $\pm$ 0,0	5,4 $\pm$ 0,0	5,6 $\pm$ 0,0	5,5 $\pm$ 0,0	<b>5,6<math>\pm</math>0,0</b>	5,5 $\pm$ 0,0
Kontinentalität	<b>3,6<math>\pm</math>0,1</b>	3,5 $\pm$ 0,1	3,4 $\pm$ 0,0	3,3 $\pm$ 0,1	3,6 $\pm$ 0,0	3,5 $\pm$ 0,0	3,4 $\pm$ 0,0	3,4 $\pm$ 0,0
Feuchte	4,6 $\pm$ 0,1	4,7 $\pm$ 0,1	5,3 $\pm$ 0,1	5,4 $\pm$ 0,1	4,7 $\pm$ 0,1	4,8 $\pm$ 0,1	5,5 $\pm$ 0,1	5,5 $\pm$ 0,0
Reaktion	6,9 $\pm$ 0,1	7,0 $\pm$ 0,0	6,9 $\pm$ 0,1	6,9 $\pm$ 0,1	6,8 $\pm$ 0,0	6,8 $\pm$ 0,0	7,0 $\pm$ 0,1	7,0 $\pm$ 0,0
Nähr(Stick)stoff	5,0 $\pm$ 0,2	5,2 $\pm$ 0,2	6,3 $\pm$ 0,1	6,5 $\pm$ 0,1	5,0 $\pm$ 0,1	5,1 $\pm$ 0,1	6,7 $\pm$ 0,1	6,7 $\pm$ 0,1
Licht ( $D^\circ$ )	<b>5,1<math>\pm</math>0,3</b>	4,4 $\pm$ 0,3	2,8 $\pm$ 0,2	2,8 $\pm$ 0,1	<b>4,9<math>\pm</math>0,2</b>	4,0 $\pm$ 0,1	2,6 $\pm$ 0,1	2,7 $\pm$ 0,1
Temperatur ( $D^\circ$ )	<b>5,4<math>\pm</math>0,1</b>	5,2 $\pm$ 0,0	<b>5,5<math>\pm</math>0,1</b>	5,3 $\pm$ 0,1	5,3 $\pm$ 0,0	5,2 $\pm$ 0,1	<b>5,7<math>\pm</math>0,1</b>	5,4 $\pm$ 0,1
Kontinentalität ( $D^\circ$ )	<b>3,7<math>\pm</math>0,1</b>	3,4 $\pm$ 0,2	<b>2,9<math>\pm</math>0,1</b>	2,7 $\pm$ 0,1	<b>3,7<math>\pm</math>0,1</b>	3,1 $\pm$ 0,1	2,9 $\pm$ 0,1	2,8 $\pm$ 0,1
Feuchte ( $D^\circ$ )	4,3 $\pm$ 0,2	4,4 $\pm$ 0,2	5,4 $\pm$ 0,1	<b>5,6<math>\pm</math>0,1</b>	4,2 $\pm$ 0,1	<b>4,6<math>\pm</math>0,1</b>	5,7 $\pm$ 0,1	5,8 $\pm$ 0,0
Reaktion ( $D^\circ$ )	6,8 $\pm$ 0,1	6,9 $\pm$ 0,1	7,1 $\pm$ 0,1	7,1 $\pm$ 0,1	6,9 $\pm$ 0,1	6,9 $\pm$ 0,1	7,4 $\pm$ 0,1	7,2 $\pm$ 0,1
Nähr(Stick)stoff ( $D^\circ$ )	4,6 $\pm$ 0,3	5,0 $\pm$ 0,3	6,6 $\pm$ 0,3	<b>7,1<math>\pm</math>0,2</b>	4,3 $\pm$ 0,2	<b>5,1<math>\pm</math>0,2</b>	7,3 $\pm$ 0,1	7,4 $\pm$ 0,1

Sowohl im *CF i.w.S.* als auch im *HF i.w.S.* und im *HF Allium* sind die Vegetationsaufnahmen deutlich ähnlicher geworden, was auf eine allgemeine Homogenisierung der Krautschicht hindeutet. Fast alle Vegetationsaufnahmen dieser drei Vegetationseinheiten wiesen bei den aktuellen Vegetationsaufnahmen eine geringere Distanz zu den übrigen Flächen des Aufnahmekollektivs auf als bei den alten Aufnahmen (Abb. 4). Im *CF typicum* trifft dies nur auf vier der sieben Aufnahmen zu, so dass hier keine signifikante Veränderung festgestellt wurde.

Bei den mittleren Zeigerwerten zeigen sich sowohl generelle Veränderungen in den Umweltbeziehungen als auch Veränderungen, die in nur einer der beiden Waldgesellschaften besonders wirksam waren (Tab. 2). So ist die Abnahme in der Temperatur- und Kontinentalitätszahl durchgehend und meist auch signifikant, was auf kühlere und ozeanischere Bedingungen für die heutige Krautschicht-Vegetation im Vergleich zu früher schließen lässt.



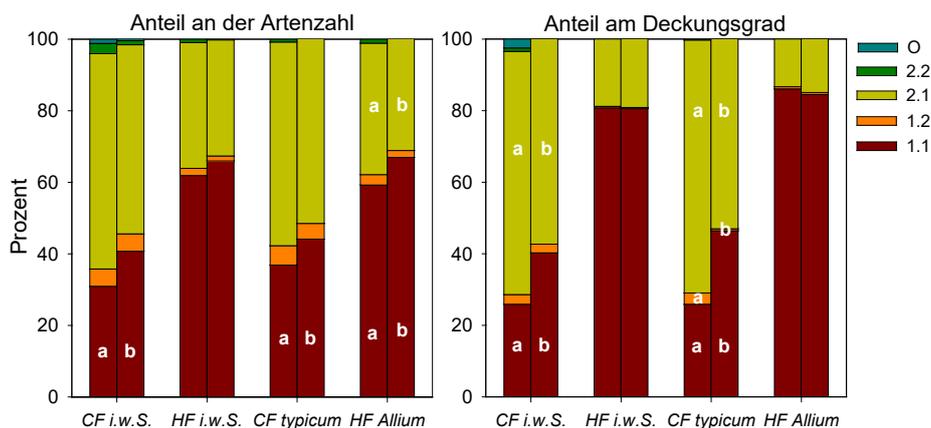
**Abb. 4.** Gegenüberstellung der mittleren Morisita-Horn-Distanz einer Aufnahme im Vergleich zu den anderen Aufnahmen eines Kollektivs im alten Aufnahmezeitraum (x-Achse) und im neuen Aufnahmezeitraum (y-Achse). Punkte unter der 1:1-Linie zeigen geringere Distanzwerte der neuen Aufnahme im Vergleich zur alten Aufnahme.

**Fig. 4.** Comparison of the mean Morisita-Horn-Distance of one relevé compared to all other relevés within one community for the old observation period (x-axis) and the new observation period (y-axis). Points below the line show smaller distances between relevés in the new survey compared to the old survey.

Allgemein erhöht hat sich auch die mittlere Feuchte- und Stickstoffzahl. Signifikant war dies allerdings nur für das *HF i.w.S.* und das *CF typicum* unter Berücksichtigung des Deckungsgrades. Die mittlere Lichtzahl hat dagegen nur im *Carici-Fagetum* signifikant abgenommen, und zwar sowohl bei der Präsenz als auch beim Deckungsgrad der vorkommenden Arten. Praktisch keine Veränderungen gab es im Auftreten der Kalk- und Basenzeiger.

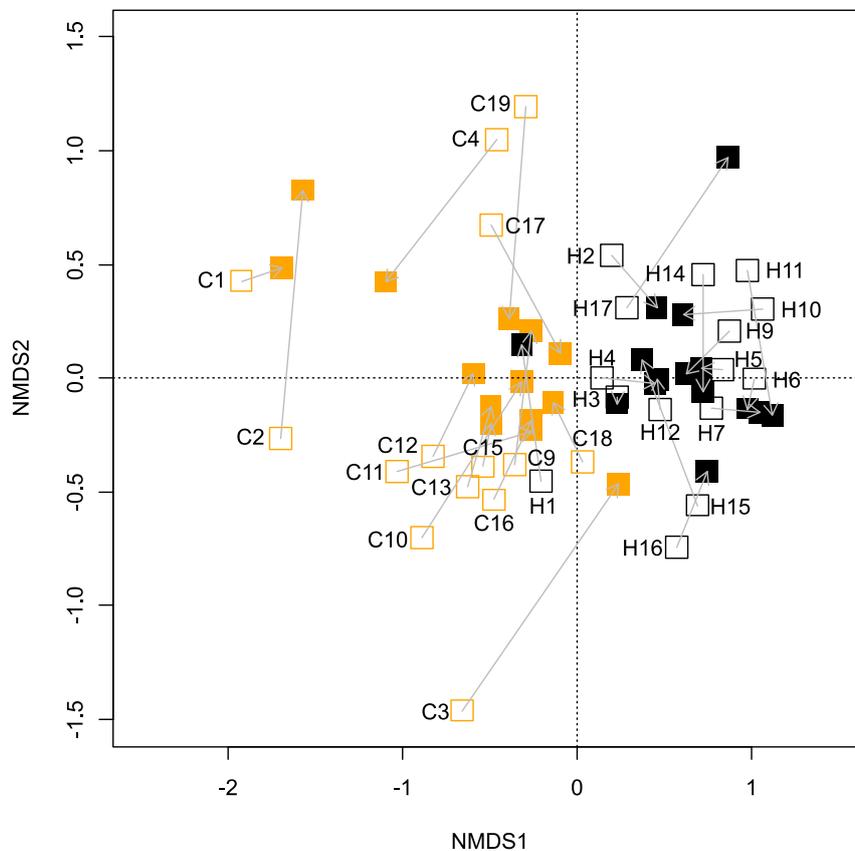
In der Waldarten-Zuordnung sind die Veränderungen im *Carici-Fagetum* stärker als im *Hordelymo-Fagetum* (Abb. 5). Sowohl qualitativ als auch quantitativ haben die Arten des geschlossenen Waldes im *Carici-Fagetum* signifikant auf Kosten der Arten zugenommen, die sowohl im Wald als auch im Offenland vorkommen. Zurückgegangen sind im *Carici-Fagetum* auch die Arten der Waldverlichtungen. Im *Hordelymo-Fagetum* waren bei den aktuellen Aufnahmen allein im *HF Allium* Arten des geschlossenen Waldes an der Gesamtartenzahl stärker vertreten als früher, sonst gab es keine weiteren signifikanten Verschiebungen bei der Waldarten-Zuordnung.

Die NMDS-Ordination der alten und neuen Vegetationsaufnahmen zeigt, dass auch bei den aktuellen Aufnahmen die standörtliche Trennung der beiden Vegetationseinheiten erhalten bleibt, sich jedoch die Vegetation einiger Flächen des *CF i.w.S.* (z. B. C3, C10, C16, C11, C17) in Richtung des *HF i.w.S.* entwickelt hat (Abb. 6). Dies bestätigt sich auch für das



**Abb. 5.** Prozentualer Anteil der Waldarten nach SCHMIDT et al. (2011) an der Artenzahl (linkes Diagramm) und am Deckungsgrad (rechtes Diagramm) der Krautschicht in den unterschiedlichen Vegetationseinheiten und Aufnahmezeiträumen. Die Säulenpaare stellen jeweils die alten (1955–1995) und neuen Vegetationsaufnahmen (2009–2016) gegenüber. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Aufnahmejahren innerhalb der jeweiligen Vegetationseinheiten. 1.1 = Arten des geschlossenen Waldes, 1.2 = Arten der Verlichtungen und Kahlschläge, 2.1 = Arten des Waldes und des Offenland, 2.2 = Arten überwiegend des Offenlandes, O = Offenlandarten.

**Fig. 5.** Percentage of species with different forest association according to SCHMIDT et al. (2011) based on species numbers (left graph) and on total herb layer coverage (right graph) in the different forest communities and observation periods. The stack pairs represent the old (1955–1995) and the new (2009–2016) observation period. Different letters mark significant differences between observation periods within the forest communities. 1.1 = species of closed forests, 1.2 = species of edges and clearings, 2.1 = species of forests and open sites, 2.2 = predominantly open site species, O = open site species.

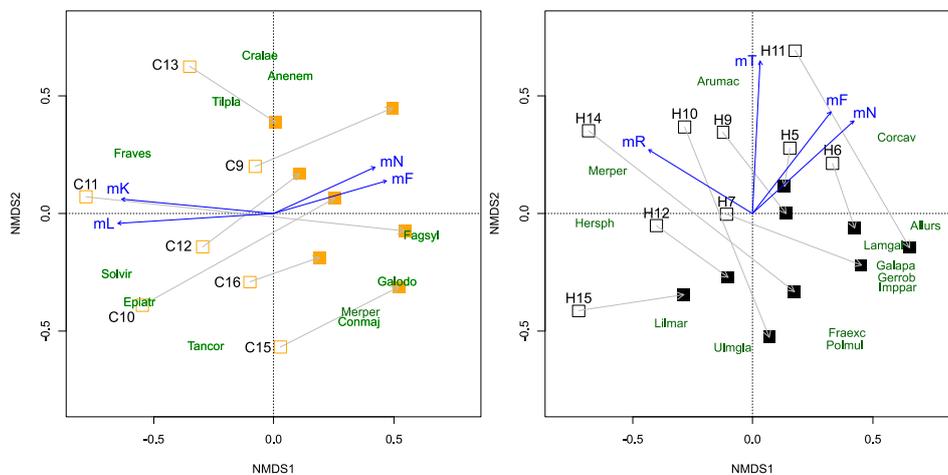


**Abb. 6.** Zweidimensionale NMDS-Ordination der Wiederholungs-Vegetationsaufnahmen (Stress-Wert = 0,170) des *CF i.w.S.* (orange,  $n = 14$ ) und des *HF i.w.S.* (schwarz,  $n = 15$ ) auf Quasi-Dauerflächen an der Lengder Burg. Die Pfeile zeigen die Veränderungen der einzelnen Aufnahmeflächen zwischen den Aufnahmezeiträumen 1955–1995 (offene Symbole) und 2009–2016 (geschlossene Symbole).

**Fig. 6.** Twodimensional NMDS-ordination (stress value: 0,170) of the vegetation relevés on quasi-permanent plots for the *CF i.w.S.* (orange,  $n = 14$ ) and the *HF i.w.S.* (black,  $n = 15$ ). The arrows indicate the vegetation shift between relevés in 1955–1995 (open symbols) and relevés in 2009–2016 (closed symbols).

*CF typicum*, indem hier die Entwicklung der Vegetation mit einer deutlichen Zunahme der gewichteten Stickstoff- und Feuchtezahlen korreliert ist und sich damit an das *Hordeylo-Fagetum* annähert (Abb. 7). Für das *HF i.w.S.* zeigt sich keine deutliche Entwicklungsrichtung. Diese ist nur bei der Untereinheit *HF Allium* erkennbar, verläuft vor allem entlang der 2. Achse und ist mit einer Abnahme der Temperaturzahl und einer Zunahme von *A. ursinum* sowie Störzeigern wie *Galium aparine*, *Geranium robertianum* oder *Impatiens parviflora* verbunden (Abb. 7).

Signifikante Veränderungen im Deckungsgrad konzentrieren sich trotz hoher Gesamtartenzahlen auf relativ wenige Arten, nicht zuletzt auch mit bedingt durch die relativ geringe Stichprobenzahl und große Streuung (Anhang E2a, b). Gleichwohl lassen sich in beide Waldgesellschaften verschiedene Artengruppen erkennen, die typisch für den Vegetations-



**Abb. 7.** Zweidimensionale NMDS-Ordination der Wiederholungs-Vegetationsaufnahmen des *CF typicum* (links, orange,  $n = 7$ , stress = 0,168) und des *HF Allium* (rechts, schwarz,  $n = 9$ , stress = 0,170). Die Pfeile zeigen die Veränderungen der einzelnen Aufnahmeflächen zwischen den Aufnahmezeiträumen 1955–1995 (offene Symbole) und 2009–2016 (geschlossene Symbole). Gewichtete Zeigerwerte, die Deckungsgrade der Vegetationsschichten und die Deckungsgrade der Arten wurden mit den Ordinationsachsen korreliert und im Diagramm dargestellt, wenn eine signifikante Korrelation vorlag ( $p < 0,05$ ). Auf die Darstellung der Vektorpfeile wurde bei der Korrelation mit den Deckungsgraden der Arten verzichtet.

**Fig. 7.** Twodimensional NMDS-ordination of the vegetation relevés on quasi-permanent plots for the *CF typicum* (left graph, orange symbols,  $n = 7$ , stress = 0.168) and the *HF Allium* (right graph, black symbols,  $n = 9$ , stress = 0.170). The arrows indicate the vegetation shift between relevés in 1955–1995 (open symbols) and 2009–2016 (closed symbols). Cover weighted indicator values, cover of vegetation layers and of single species were correlated with the ordination axes and displayed when correlation was significant with  $p < 0.05$ . No arrows were drawn for correlations with single species cover values.

wechsel sind. Im *Carici-Fagetum* hat in der Baumschicht vor allem *F. excelsior*, in der Strauchschicht *F. sylvatica* zugenommen. In der Krautschicht fällt ebenfalls die starke Zunahme von *F. sylvatica* und *F. excelsior*, aber auch weiterer Holzpflanzen wie z. B. *Clematis vitalba*, *Hedera helix* und *Lonicera xylosteum* auf. Als einzige Nicht-Holzpflanze war mit *Brachypodium sylvaticum* ein Gras mit weiter ökologischer Amplitude in den aktuellen Aufnahmen des *Carici-Fagetum* deckungsgradstärker vertreten als in den alten Aufnahmen. Signifikant abgenommen haben neben *Phyteuma spicatum* vor allem Arten, die zu den Kenn- und Trennarten des *Carici-Fagetum* zählen: *Fragaria vesca*, *Hieracium murorum*, *S. virgaurea* und *Taraxacum* Sect. *Ruderalia*. Im *Hordelymo-Fagetum* fällt in der Baum- und Strauchschicht besonders die starke Zunahme von *F. sylvatica* auf. Wie im *Carici-Fagetum* zeigen Gehölze auch eine Zunahme in der Krautschicht (*F. sylvatica*, *F. excelsior*, *Ulmus glabra*). Unter den krautigen Arten sticht die deutliche Zunahme von *A. ursinum* besonders ins Auge (sowohl im Deckungsgrad, aber auch in der Stetigkeit). Daneben konnten als weitere Geophyten auch *A. ranunculoides* und *Polygonatum multiflorum* gegenüber früher zunehmen. Als Neophyt fehlte *I. parviflora* in den alten Aufnahmen bis 1988, war aber seit 2009 bereits in etwa der Hälfte der Aufnahmeflächen des *Hordelymo-Fagetum* vertreten. Drei Arten haben signifikant abgenommen: *Arum maculatum*, *Hepatica nobilis* und *Ranunculus auricomus*.

### 4.3 Die Flora der Lengder Burg und ihre Veränderungen

Bei der floristischen Kartierung 2016 wurden insgesamt 228 Gefäßpflanzen-Sippen nachgewiesen (Anhang E3). Betrachtet man die vier Unterabt., so ist für den Artenreichtum weniger die Flächengröße, als die standörtliche und bestandesstrukturelle Vielfalt (= Habitat-Heterogenität) innerhalb der Unterabt. entscheidend. So weisen die beiden Unterabt. 2a und 2b bzw. 2c und 2d vergleichbar hohe Artenzahlen auf, unterscheiden sich aber deutlich in ihrer Flächengröße (Tab. 3). Unterabt. 2b zeigt im Vergleich zu Unterabt. 2a trotz geringerer Fläche eine besonders stark ausgeprägte kleinflächige Heterogenität von trockenen bis feuchten Standorten, verbunden mit einem „Durcheinander“ waldbaulicher Behandlungen (CONRAD 1985) und einem stark ausgebauten Wegenetz. Im Vergleich zwischen der kleineren Unterabt. 2d mit offenen Standorten, felsigen Steilhanglagen des *Carici-Fagetum* und einem mittelgründigen Plateaubereich, der vom *Hordelymo-Fagetum* geprägt ist, weist die mehr als 2,5mal so große Unterabt. 2c relativ einheitliche Standortverhältnisse mit mittelgründigen Böden an einem Nordhang auf, der seit etwa 100 Jahren großflächig als plenterwaldartiger Hochwald bewirtschaftet wird. Diese Differenzierung der Unterabt. spiegelt sich auch in weiteren Merkmalen der Gefäßpflanzen-Flora wider (Tab. 3).

**Tabelle 3.** Kennwerte der Gefäßpflanzen-Flora der Lengder Burg, getrennt für die Unterabt. 2a–2d sowie für das Gesamtgebiet. Mittlere Zeigerwerte nach ELLENBERG et al. (2001), Waldarten-Zuordnung nach SCHMIDT et al. (2011), Störungszeiger nach M. SCHMIDT (2013), Neophyten und Rote-Liste-Arten nach GARVE (2004). Die Florenlisten finden sich im Anhang E3.

**Table 3.** Characteristics of the vascular plant flora of the Lengder Burg sampled separately for the four forest sub-units 2a–2d and for the whole area; mean indicator values according to ELLENBERG et al. (2001), forest association according to SCHMIDT et al. (2011), disturbance indicators according to M. SCHMIDT (2013), neophytes and red-list-species according to GARVE (2004). Floristic lists are available in the Supplement E3.

Unterabteilung	2a	2b	2c	2d	2a-d
Flächengröße (ha)	15,6	9,4	15,9	6,8	47,7
Gesamtartenzahl	153	154	125	127	228
Störzeiger n (%)	18 (11,8)	18 (11,7)	17 (13,6)	10 (7,9)	18 (7,9)
Neophyten n (%)	6 (3,9)	8 (5,2)	2 (1,6)	5 (3,9)	12 (5,3)
Rote-Liste-Arten n (%)	8 (5,2)	5 (3,2)	5 (4,0)	17 (13,4)	23 (10,1)
<b>Mittlere Zeigerwerte</b>					
Licht	5,5	5,4	4,8	5,3	5,6
Temperatur	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
Kontinentalität	3,6	3,5	3,5	3,7	3,6
Feuchte	5,3	5,5	5,5	4,8	5,2
Reaktion	6,9	6,8	6,6	7,0	6,9
Nähr(Stick)stoff	6,1	6,0	6,3	5,2	5,6
<b>Waldbindung (%)</b>					
1.1. Geschlossener Wald	33,8	32,4	41,8	37,7	29,7
1.2. Waldlichtungen	6,3	4,2	8,2	4,9	7,1
2.1. Wald und Offenland	42,3	48,6	39,3	50,0	45,8
2.2. überwiegend Offenland	14,8	14,1	9,8	6,6	15,1
Offenland	2,8	0,7	0,8	0,8	2,4

So besitzt **Unterabt. 2a** einen hohen Anteil an Jungbeständen, die vor 60 Jahren z. T. so stark aufgelichtet waren, dass sie Kahlschlagvegetation trugen (WINTERHOFF 1960). Dementsprechend enthält diese Unterabteilung aus diesem Arten- und Diasporen-Pool heute noch relativ viele Licht- und Offenlandpflanzen, von denen viele auch als Störzeiger einzustufen sind. **Unterabt. 2b** besitzt an der geologischen Grenze zwischen Unterem Muschelkalk und Oberen Buntsandstein einige Vernässungs- und Quellstellen, dementsprechend treten hier vermehrt Feuchte- oder sogar Nässezeiger wie *Juncus articulatus* und *Veronica beccabunga* auf. Auch hier ist der Anteil an Offenlandarten, Störungszeigern und Neophyten hoch, sie konzentrieren sich vor allem entlang des Haupterschließungsweges am Unterhang. Insbesondere einige der Gehölzneophyten (u. a. *Cotoneaster divaricatus*, *Prunus laurocerasus*, *Viburnum rhytidophyllum*) waren nur hier zu finden und stammen möglicherweise aus Samen oder Gartenabfällen der naheliegenden Ortschaft Klein-Lengden. Sicherlich relativ jung ist auch das Vorkommen des Herzgespanns (*Leonurus cardiaca* subsp. *villosus*) an einem Erdweg der Unterabt. 2b (Abb. 8a). Die bei Imkern und Gärtnern beliebte Zierpflanze bildet seit mehr als zwei Jahrzehnten einen Massenbestand entlang des Waldrandbaches am nördlichen Ortsausgang von Klein-Lengden und wurde vermutlich von hier aus an den mittleren Westhang der Lengder Burg verschleppt. Die Zeigerwerte und die Waldarten-Zuordnung weisen die **Unterabt. 2c** dagegen als einen relativ geschlossenen Wald mit mehr schattentoleranten Arten, etwas schlechterer Basenversorgung, aber guter Stickstoffversorgung im Vergleich zu den Unterabt. 2a und b aus. Lediglich zwei krautige Neophyten (*Epilobium ciliatum*, *E. parviflora*), aber relativ viele Störungszeiger kennzeichnen diesen im Wesentlichen nur durch Rückegassen erschlossenen Nordhang mit seiner langjährigen plenterartigen Hochwaldbewirtschaftung. Im Gegensatz dazu finden sich an den südlichen und westlichen



**Abb. 8. a)** *Leonurus cardiaca* subsp. *villosus* an einem Erdweg in Unterabt. 2b an der Lengder Burg (Foto: W.Schmidt, 12.07.2016); **b)** Aufnahmeffläche C2 am steilen Südwesthang unterhalb des Aussichtspunktes an der Lengder Burg (Unterabt. 2d): Saumgesellschaft mit dominierendem *Anthericum liliago* (z. T. mit Rehwild-Verbiss der Blüten- und Fruchtstände) und *Vincetoxicum hirundinaria* (Foto: W.Schmidt, 09.06.2016).

**Fig. 8. a)** *Leonurus cardiaca* subsp. *villosus* at a trail in the sub-unit 2 b at the Lengder Burg (Foto: W.Schmidt, 12.07.2016); **b)** Relevé C2 at the steep SW slope underneath the view point at the Lengder Burg (sub-unit 2d): Edge community with dominating *Anthericum liliago* (partly browsed by roe deer) and *Vincetoxicum hirundinaria* (Photo: W. Schmidt, 09.06.2016).

Steilhängen sowie dem flachgründigen Plateau an der Bergnase in der **Unterabt. 2d** eine große Zahl von trockenheitsertagenden Arten, die gleichzeitig auch als Kalkzeiger auf stickstoffarmen Böden gelten (z. B. *Campanula persicifolia*, *C. humilis*, *H. comosa*, *P. odoratum*, *V. hirta*). Der geringe Anteil der Störzeiger und Offenlandarten (trotz der Offenhaltung unterhalb des Aussichtspunktes!) weisen darauf hin, dass dieser Bereich seit etwa 1950 in großen Teilen nicht mehr forstlich genutzt wurde und – mit Ausnahme von Wanderwegen – auch eine weitere forstliche Erschließung mit Rückegassen und Forststraßen fehlt. Insgesamt zeichnet sich die Unterabt. 2d auch durch die höchste Zahl an Rote-Liste-Arten des niedersächsischen Berg- und Hügellandes (GARVE 2004) aus (Tab. 3). Von den insgesamt 23 Rote-Liste-Arten fanden sich 2016 allein 17 Arten in der Unterabt. 2d, darunter kamen auch alle vier stark gefährdeten Arten (RL 2) nur hier vor: *A. liliago* (> 1000 Exemplare), *P. cervaria* (> 100 Exemplare) und *P. odoratum* (> 100 Exemplare) konzentrieren sich dabei besonders auf den freigestellten steilen SW-Hang unterhalb des Aussichtspunktes. Alle drei Arten blühen hier im Freiland auch reichlich, die Blütenstände von *A. liliago* werden allerdings stark vom Rehwild verbissen (Abb. 8b). Die drei Arten finden sich auch im angrenzenden Buchenwald, gedeihen dort jedoch meist nur noch vegetativ. Von *Cephalanthera longifolia* (ebenfalls RL 2) fand sich im *Carici-Fagetum* des westlichen Steilhanges 2016 nur ein (vegetatives) Exemplar. Weitere gefährdete Arten (RL 3), die nur in der Unterabt. 2d gefunden wurden, sind *C. humilis*, *Cornus mas*, *Epipactis atrorubens*, *E. microphylla*, *H. comosa*, *Lithospermum purpureoeruleum* und *Viola mirabilis*. Interessanterweise erwähnt bereits die Forstbeschreibung (Betriebsregelung) von 1859 das häufige Vorkommen der „Cornelkirsche (*Cornus mascula*)“ am steilen Westhang. Auch DEPPE (1922) weist auf dieses *C. mas*-Vorkommen besonders hin. 2016 fanden sich in Unterabt. 2d am gesamten S- und W-Hang mehr als 100 ältere Einzel-Sträucher, die aber offensichtlich unter dem Lichtmangel der stark schattenden *F. sylvatica* leiden und z. T. absterben, während *C. mas* am freigestellten SW-Hang vital wächst und reichlich blüht. Besonders erwähnenswert für die Unterabt. 2d ist auch der Wiederfund von *Calamagrostis varia* (RL R) am steilen SW-Hang im lichten *Carici-Fagetum* unterhalb der Freifläche. Die letzten Nachweise von *C. varia* von der Lengder Burg stammen von RÜHL (1954) und WINTERHOFF (1960; vergl. FUCHS 1964).

Zwei gefährdete Arten profitieren offensichtlich von der forstlichen Erschließung: *Vicia dumetorum* (RL 3) fand sich vereinzelt und meist vegetativ in Rückegassen und Auflichtungen der Unterabt. 2a und 2c. Ein blühender Bestand von etwa 20 kräftigen *V. dumetorum*-Pflanzen säumte einen ausgebauten Forstweg der Unterabt. 2a. *Aquilegia vulgaris* (RL 3) konzentriert sich mit kleinen blühenden Gruppen besonders entlang der Erdwege am Ober- und Mittelhang, die dort zur Verbesserung der Holzabfuhr vor etwa 30 Jahren angelegt wurden, findet sich aber auch immer wieder im *Carici-Fagetum* und trockenen Ausbildungen des *Hordehymo-Fagetum*. Zusammen mit *L. martagon* (RL 3) gehört *A. vulgaris* zu den beiden Rote-Liste-Arten, die in allen vier Unterabt. gefunden wurden (jeweils mehr als 1000 Exemplare). *A. lycoctonum* (RL 3) konzentriert sich dagegen mit mehreren großen, reichlich blühenden Herden (> 1000 Exemplare) auf den schmalen Bergrücken entlang des Kammweges in den Unterabt. 2a und 2c.

Offensichtlich verschwunden sind einige andere der früheren, für die Lengder Burg bemerkenswerten und für den Göttinger Wald insgesamt auch seltenen Arten (FUCHS 1964, GARVE 2007). Nach den Aufnahmen und Artenlisten kamen zwischen 1988 und 1992 im offenen Bereich unterhalb des Aussichtspunktes noch *Acinos arvensis*, *Anthyllis vulneraria*, *Serratula tinctoria* und *S. albicans* vor (BIEDERBICK 1991, SCHMIDT & MAST 1996, M. SCHMIDT unpubl.), konnten 2016 dort aber trotz intensiver Suche nicht wiedergefunden

werden. 2016 konnte auch kein aktuelles Vorkommen von *Cephalanthera rubra*, *Gentiana ciliata*, *Gymnadenia conopsea*, *Hypericum montanum*, *Juniperus communis*, *Malus sylvestris* und *Monotropa hypopitys* bestätigt werden. *H. montanum* wurde 2011 noch am benachbarten Hunoldsberg gefunden. Bei *C. rubra*, *G. ciliata*, *G. conopsea* und *M. hypopitys* ist nicht auszuschließen, dass diese Sippen in anderen Jahren wieder gefunden werden, da sie nicht in jedem Jahr oberirdisch erscheinen. Ältere Angaben zum früheren Vorkommen von *Festuca heterophylla*, *Coronilla coronata*, *Geranium sanguineum*, *Rosa arvensis* und *Vicia pisiformis* (RÜHL 1954, FUCHS 1964, SCHMIDT & MAST 1996) erscheinen dagegen zweifelhaft. Möglicherweise liegen hier Fehlbestimmungen oder falsche Angaben zur Lokalität vor (schriftl. und mündl. Mitt. M. SCHMIDT).

## 5. Diskussion

Aus dem Göttinger Wald existiert eine größere Zahl von Datensätzen mit alten und neuen Vegetationsaufnahmen, die einen Abstand von mindestens 20 Jahren zwischen der Erst- und Wiederholungsaufnahme aufweisen und als Teil überregionaler Auswertungen dazu beitragen, den Einfluss sich ändernder Umweltfaktoren auf die Bodenvegetation in temperaten Wäldern zu quantifizieren (siehe Arbeitsgruppe ForestREplot: <http://www.forestreplot.ugent.be>; VERHEYEN et al. 2012, 2017, DE FRENNE et al. 2013, BERNHARDT-RÖMERMANN et al. 2015). Die Datensätze umfassen dabei Langzeitvergleiche auf Quasi-Dauerflächen oder von pflanzensoziologischen Aufnahmekollektiven, die sich auf den gesamten Göttinger Wald und auf bestimmte Buchenwaldgesellschaften beziehen (HEINRICHS et al. 2012, 2014, SCHMIDT & HEINRICHS 2015, HEINRICHS & SCHMIDT 2017) und Dauerflächenuntersuchungen, die auf einem eng begrenzten Bereich mit einheitlichen Standortverhältnissen durchgeführt wurden (DIERSCHKE 2013, MÖLDER et al. 2014, HEINRICHS & SCHMIDT 2015). Mit dem Vergleich alter und neuer Vegetationsaufnahmen aus einem eng begrenzten, aber standörtlich und bestandesstrukturell sehr heterogenen Gebiet wie der Lengder Burg wird hier eine Verbindung zwischen den beiden Ansätzen hergestellt.

Aufgrund der insgesamt geringen Zahl an Wiederholungsaufnahmen mit einer z. T. sehr weiten Standortsamplitude sind viele Veränderungen zwar nur tendenziell erkennbar, ergeben aber in Verbindung mit den bisherigen Langzeituntersuchungen aus dem Göttinger Wald ein schlüssiges Bild. So hat der Deckungsgrad der Baumschicht zugenommen. Im Gegensatz zum Göttinger Wald insgesamt (HEINRICHS et al. 2014) gilt dies an der Lengder Burg auch für das *Carici-Fagetum*: hier führte die Ausweisung als Schutzwald ohne forstliche Nutzung zu einer entsprechenden Zunahme im Kronenschluss, wie sie auch im direkten Vergleich von genutzten und ungenutzten Beständen des *Hordelymo-Fagetum lathyretosum* festzustellen ist (MÖLDER et al. 2014, SCHMIDT & HEINRICHS 2015). Die starke Zunahme im Deckungsgrad und der Artenzahl in der Strauchschicht des *Hordelymo-Fagetum* ist ebenso wie im übrigen Göttinger Wald mit der Intensivierung der Rehwild-Bejagung zu erklären, durch die sich die Verbissbelastung für die Naturverjüngung deutlich reduziert hat (JANTSCH et al. 2013, HEINRICHS et al. 2014, SCHMIDT & HEINRICHS 2015). Dies steht im Gegensatz zu anderen Regionen Deutschlands und Europas, in denen die Wilddichten und damit auch die Verbissbelastung zugenommen haben (FULLER & GILL 2001, NAAF & KOLK 2016). In der relativ ungestörten Steilhanglage des *Carici-Fagetum* hält sich das Rehwild dagegen sehr gern auf und beäst selektiv krautige Pflanzen wie z. B. *Anthericum liliago*. Für den starken Einfluss des Rehwildes im *Carici-Fagetum* spricht nicht nur das vergleichsweise geringe Aufkommen der Naturverjüngung insgesamt, sondern auch die deutliche Zunahme von

*Fagus sylvatica* in der Strauchschicht. *F. sylvatica* ist im Vergleich zu den Edellaubhölzern nicht nur schattentoleranter, sondern auch weniger verbissempfindlich (GILL 2006, HESSEN-MÖLLER et al. 2011, AMMER & VOR 2013, HEINRICHS & SCHMIDT 2013, SCHMIDT & HEINRICHS 2016). Für *F. sylvatica* hat sich sicher auch die Zunahme der Mastjahre günstig ausgewirkt, die als Folge des Klimawandels und der erhöhten Stickstoffeinträge in den letzten 25 Jahren zu beobachten ist (W. SCHMIDT 2006, VETTER et al. 2015). Dafür sprechen auch die höheren Deckungsgrade von *F. sylvatica* in der Krautschicht sowohl im *Carici-Fagetum* als auch im *Hordelymo-Fagetum*. Durch den Klimawandel begünstigt scheint auch *Hedera helix*, der zu den bevorzugten Äsungspflanzen des Rehwildes gehört (GILL 2006, HEINRICHS et al. 2011), aber dennoch im *Carici-Fagetum* im Deckungsgrad zunahm. Als immergrüne, ozeanisch verbreitete Art profitierte *H. helix* vor allem von den mildereren Wintern mit selten gewordenen letalen Frostereignissen zwischen  $-15^{\circ}\text{C}$  bis  $-25^{\circ}\text{C}$  von 1955 bis heute (DIERSCHKE 2005, 2013, GRUND et al. 2005, HEINRICHS & SCHMIDT 2015). Positiv auf die Entwicklung und Stoffproduktion von *H. helix* wirkt sich auch ein früherer Beginn der Vegetationsperiode (FISCHER & FELLER 1994, LEUZINGER et al. 2011) sowie der Anstieg des  $\text{CO}_2$ -Gehalts der Atmosphäre (ZOTZ et al. 2006) aus. Diese Faktoren erklären möglicherweise auch die höheren Deckungsgrade von *Clematis vitalba*, einer weiteren Lianen-Art.

Im *Hordelymo-Fagetum* fällt neben der Zunahme von Baumarten in der Krautschicht vor allem der erhöhte Deckungsgrad von *Allium ursinum* auf, dessen Zunahme für den Göttinger Wald insgesamt durch den Vergleich alter und neuer pflanzensoziologischer Aufnahmen (HEINRICHS et al. 2012, SCHMIDT & HEINRICHS 2015) als auch durch die wiederholte Aufnahme von Dauerflächen seit 1981 (DIERSCHKE 2013, MÖLDER et al. 2014) bereits gut dokumentiert ist. Die Ausbreitung dieses Frühjahrsgeophyten deckt sich mit entsprechenden Beobachtungen aus den Laubwäldern des Hainich (AHRNS & HOFMANN 1998), Nordrhein-Westfalens (HEINRICHS et al. 2011) und Süddeutschlands (BÜCKING & KOPPISCH 2005, BÖHLING 2008). Als Ursachen für die Ausbreitung werden von den verschiedenen Autoren erhöhte Stickstoffeinträge und der frühere Beginn der Vegetationsperiode nach mildereren Wintern genannt. Andere unterstreichen den Einfluss einer veränderten Bewirtschaftung mit dem Rückgang der Mittelwaldwirtschaft (WINTERHOFF 1977, STEGMANN & SCHMIDT 2005). Geschlossene, schattige Buchenwälder begünstigen den hygromorph gebauten *A. ursinum*, der mit hohen Photosyntheseraten vor dem Blattaustrieb der Gehölzschichten als Frühjahrsgeophyt offensichtlich ebenso wie der immergrüne *H. helix* von einer Verfrühung der Vegetationsperiode profitiert (KRIEBITZSCH 1992, FISCHER & FELLER 1994, DIERSCHKE 2013, HEINRICHS & SCHMIDT 2015). Dagegen dürfte die Eutrophierung durch Stickstoffeinträge auf der Lengder Burg für die Ausbreitung von *A. ursinum* kaum eine Rolle spielen, da die Böden offensichtlich seit langem sehr gut mit Stickstoff versorgt sind (W. SCHMIDT 1970, GRIMME 1977) und nach EWALD & ZICHE (2017) sogar als hoch-eutroph einzustufen sind. Auch die Auswertung zahlreicher Langzeit-Studien zu Veränderungen in der Krautschicht von mitteleuropäischen Laubwäldern weist auf einen offensichtlich geringeren Einfluss von eutrophierenden N-Immissionen als bisher angenommen hin (VERHEYEN et al. 2012). Möglicherweise entscheidender unter den Nährstoffen ist die sehr gute Versorgung von weiten Teilen des Plateaus mit Phosphor, der sich hier während der Nutzung als Fliehburg vor allem durch die Exkremente des Weideviehs akkumuliert hat (W. SCHMIDT 1970, GRIMME 1977). So zeigt auch ein seit 1996 laufender Langzeit-Düngungsversuch auf der Forschungsfläche der Universität im Göttinger Wald keinen eindeutigen Stickstoff-, wohl aber einen deutlichen Phosphoreffekt bei *A. ursinum* mit einer größeren Blattfläche und einer erhöhten Zahl an Infloreszenzen (Heinrichs et al. Unveröffentlichte Daten). Messungen der mittleren Blatt-

länge im April 2015 im Göttinger Wald in von *A. ursinum* dominierten Bereichen ergaben bei jeweils 10 gemessenen Exemplaren die mit Abstand höchsten Werte für die Lengder Burg ( $36,3 \text{ cm} \pm 1,0 \text{ SF}$ ) im Vergleich zu Flächen nahe des Hünstollen ( $29,7 \text{ cm} \pm 0,9 \text{ SF}$ ), der Ratsburg ( $26,2 \text{ cm} \pm 1,0 \text{ SF}$ ) oder am Kretberg ( $19,5 \text{ cm} \pm 0,6 \text{ SF}$ ).

Während im *Hordelymo-Fagetum* die Zunahme der Stickstoffzeigerwerte im Wesentlichen auf die Zunahme von *A. ursinum* (N-Zahl 8) zurückzuführen ist, beruht sie im *Carici-Fagetum* eher auf dem Rückgang von typischen Magerkeitszeigern wie *Epipactis atrorubens*, *Tanacetum corymbosum*, *Hieracium murorum* und *Solidago virgaurea* (vgl. Anhang E2), die ebenso wie *Taraxacum* sect. *Ruderalia* und *Mycelis muralis* zu den wichtigsten Differentialarten dieser Waldgesellschaft zählen, die in den letzten 50 Jahren im Göttinger Wald deutlich abgenommen haben (HEINRICHS et al. 2014). Im *Carici-Fagetum* dürften sich die Stickstoffeinträge (neben der fehlenden Holznutzung) auch stärker auf eine Verbesserung des Nährstoffhaushalts ausgewirkt haben als im *Hordelymo-Fagetum*, da die Trockenhang-Buchenwälder von Natur aus deutlich schwächer mit Stickstoff versorgt sind (GRIMME 1977) und nach der Einteilung von EWALD & ZICHE (2017) anhand der N-Zeigerwerte nur als mesotroph einzustufen sind. Hinzu kommen die stärkere Laubakkumulation durch dichtere Bestände und fehlende Erosions- und Aushagerungsprozesse durch die frühere Beweidung, deren Auswirkungen vor 50 bis 60 Jahren noch weniger spürbar waren als heute (GLATZEL 1991, VERHEYEN et al. 2012, HEINRICHS & SCHMIDT 2017).

Hinweise auf eine „Thermophilisierung“ der Bodenvegetation infolge des Klimawandels mit häufigeren Dürreperioden im Sommer zeigen die mittleren Zeigerwerte für die Temperatur, Kontinentalität und Bodenfeuchte nicht. Selbst in den steilen, trockenen Hanglagen mit sonnenseitiger Exposition und starken Temperaturextremen (GRIMME 1977, BIEDERBICK 1991) haben in den letzten Jahrzehnten die Wärmezeiger, trockenheitsertragenden und kontinental verbreiteten Arten eher abgenommen. Die gleichzeitige Abnahme der Licht-Zeigerwerte zeigt die zunehmende Beschattung der Bodenvegetation. Diese Entwicklung deckt sich mit den Ergebnissen einer Meta-Analyse von DE FRENNE et al. (2013), die an umfangreichen Datensätzen zur Veränderung der Bodenvegetation fanden, dass durch die zunehmende Bestockung in temperaten Wäldern Mitteleuropas und Nordamerikas ein kühleres, mesophiles Mikroklima am Waldboden entstanden ist, welches die makroklimatische Temperaturerhöhung weitgehend abpuffert oder gar überkompensiert.

Zunehmende Eutrophierung und Beschattung sorgen schließlich auch für eine Homogenisierung der Waldgesellschaften, wie sie bereits bei einer großflächigen Betrachtung aus dem Göttinger Wald gezeigt werden konnte (HEINRICHS & SCHMIDT 2017). Vor allem durch die deutliche Zunahme von *A. ursinum* im räumlich begrenzten Plateau der Lengder Burg fällt die Homogenisierung im *Hordelymo-Fagetum* hier sogar deutlich stärker aus als für den Göttinger Wald allgemein (SCHMIDT & HEINRICHS 2015). Diese Homogenisierung war allerdings nicht mit einem Diversitätsverlust verbunden, wie dies von anderen meso- und eutrophen Standorten bekannt ist (SMART et al. 2006, ROGERS et al. 2008) und auch bei einem Vergleich alter und neuer Vegetationsaufnahmen des *HF lathyretosum* im Göttinger Wald von SCHMIDT & HEINRICHS (2015) festgestellt wurde. Eine Untergliederung der neuen und alten Vegetationsaufnahmen in weiterhin bewirtschaftete und unbewirtschaftete Bestände im Göttinger Wald zeigte, dass die Gesamtartenzahlen vor allem in unbewirtschafteten Beständen deutlich zurückgegangen sind. An der Lengder Burg sorgt daher möglicherweise die durchgehend plenterwaldartige Nutzung im *Hordelymo-Fagetum* dafür, dass hier ein entsprechender Effekt bisher nicht zu beobachten ist. Für einen Nutzungseinfluss auf den Artenreichtum in der Bodenvegetation spricht auch, dass in den z. T. seit 1950 nicht mehr bewirt-

schafteten Trockenhang-Buchenwäldern (*CF typicum*) in Unterabt. 2d die Gesamtzahl der Gefäßpflanzen deutlich abgenommen hat, während dies im weiterhin bewirtschafteten *CF typicum* im Gesamtbereich des Göttinger Waldes bisher nicht der Fall war, wohl aber im *CF primuletosum*, in dem sich die Bewirtschaftungsintensität heute auf geringe naturschutzfachliche Eingriffe beschränkt (HEINRICHS et al. 2014). Auf Aufnahmeflächen-Ebene zeigt sich dieser Artenverlust bisher jedoch nicht, was darauf hindeutet, dass die verschwundenen Arten nur selten vorkamen und nun durch weiter verbreitete Arten ersetzt wurden. Dazu zählen z. B. die Gehölzverjüngung von *F. sylvatica*, *Fraxinus excelsior* und *Ulmus glabra*, die in beiden Waldgesellschaften zugenommen hat, sowie Charakter- und Differentialarten des *Hordelymo-Fagetum* (z. B. *Daphne mezereum*, *Mercurialis perennis*) und weiter verbreitete Arten der mesophilen Buchen- und Laubmischwälder (z. B. *Brachypodium sylvaticum*, *Galium odoratum*), die im *Carici-Fagetum* heute höhere Deckungsgrade oder Stetigkeiten aufweisen als bei der Erstaufnahme der Flächen. Dadurch entwickeln sich die Bestände des *Carici-Fagetum* zunehmend in Richtung des *Hordelymo-Fagetum* mit der Folge einer abnehmenden Differenzierung der Vegetation im Gesamtgebiet.

Trotz der Artenverluste im *Carici-Fagetum* bleibt die Gefäßpflanzenflora der Lengder Burg mit 228 Arten auf 48 ha ausgesprochen artenreich. Flächenmäßig und standörtlich vergleichbare Naturwaldreservate wie der Große Freeden (42 ha, 161 Arten), Wattenberg/Hundsberg (43 ha, 200 Arten) und der Hünstollen (56 ha, 204 Arten) sind artenärmer (W. SCHMIDT 2012). Deutlich artenreicher ist das Naturwaldreservat Hainholz (65 ha, 356 Arten) auf Zechstein (Gips/Dolomit) im Harzvorland, welches neben den vorherrschenden Kalk-Buchenwäldern (*Hordelymo-Fagetum*, *Carici-Fagetum*) nicht nur eine größere standörtliche Vielfalt mit zahlreichen verschiedenen Pflanzengesellschaften (von Felsspaltengesellschaften bis zu Flutrasen) aufweist, sondern auch durch einen Gewittersturm im Jahr 1997 ein ausgeprägtes Störungsmuster mit vielen Sukzessionsstadien vom Flächenwurf bis zum geschlossenen Bestand besitzt (KOMPA & SCHMIDT 2005). Mit insgesamt 5,3 % ist der Neophyten-Anteil an der Gefäßpflanzenflora der siedlungsnahen Lengder Burg auch deutlich höher als in den genannten unbewirtschafteten Naturwaldreservaten, wo er zwischen 0,1 % (Wattenberg/Hundsberg) und 4,3 % (Großer Freeden) liegt (W. SCHMIDT 2012). Die mit der Holzernte verbundene Störung im Kronendach und am Waldboden sorgt zusätzlich für eine Standortheterogenität, die sich durch einen erhöhten Anteil an Störungszeigern in den bewirtschafteten Unterabt. 2a–2c widerspiegelt. In der zumindest in Teilen seit 1950 unbewirtschafteten Unterabt. 2d befinden sich die Kalkbuchenwälder in der Optimalphase. Störungszeiger sind erst dann wieder verstärkt zu erwarten, wenn durch klein- oder großflächige abiotische Störungen (Trockenstress, Windwurf) bzw. eine pathogene oder altersbedingte Mortalität größere Auflichtungen entstehen (DURAK 2012, W. SCHMIDT 2012, HEINRICHS & SCHMIDT 2013, BRUNET et al. 2014).

Die seit langem bekannten floristischen Besonderheiten der Lengder Burg mit vielen Rote-Liste-Arten konzentrieren sich auf die Unterabt. 2d, insbesondere im Bereich des steilen SW-Hanges unterhalb des Aussichtspunktes (DEPPE 1922, RÜHL 1954, FUCHS 1964, SCHMIDT & MAST 1996). Von Natur aus dürfte hier trotz der flachgründigen Böden mit einem angespannten Wasserhaushalt ein mehr oder weniger geschlossener Buchenwald herrschen, allerdings in der jeweils trockensten Ausbildung der Seggen-Hangbuchenwälder (*CF seslerietosum* nach DIERSCHKE 1989, *Carici-Fagetum*, *Euphorbia cyparissias*-Subassoziation nach M. SCHMIDT 2000). Durch die seit langem erfolgten Offenhaltungsmaßnahmen ist es gelungen, eine Reihe von Rote-Liste-Arten zu fördern oder zumindest in ihrem Bestand konstant zu halten (u. a. *A. liliago*, *Peucedanum cervaria*, *Polygonatum odo-*

ratum), andere Arten sind aber in den letzten Jahrzehnten deutlich zurückgegangen oder sogar ganz verschwunden. Unter der inzwischen sehr wüchsigen Saumgesellschaft aus vorherrschenden *Vincetoxicum hirundinaria* und *A. liliago* (Abb. 8b) sammelt sich sehr viel Laubstreu aus den benachbarten Buchenbeständen und sorgt dafür, dass niedrigwüchsige, lichtbedürftige, konkurrenzschwache Arten wie *Acinos arvensis*, *Anthyllis vulneraria*, *Gentianella ciliata*, *Serratula tinctoria* und *Sesleria albicans* verschwunden sind. Die frühere Nieder- und Mittelwaldwirtschaft mit Waldweide, wie sie bis 1850 auch an der Lengder Burg betrieben wurde (CONRAD 1985, BIEDERBICK 1991), verhinderte das Auftreten einer dichtgeschlossenen Bodenvegetation und sorgte gerade an den Steilhängen durch Tritt und Laubverwehung für ausgehagerte, lichte Standorte, unter denen die genannten Arten eher gedeihen konnten als unter den heutigen Bedingungen. Die von RÜHL (1954) gewählte Bezeichnung „Buchenfelsheidewald“ für die steilsten Lagen, in dem auch noch *Juniperus communis* als typisches Weideunkraut vorkam, kennzeichnet die frühere Waldvegetation mit ihrer Nutzungsgeschichte zutreffend.

Die Entwicklung der Flora und Vegetation an der Lengder Burg in den letzten 60 Jahren unterstreicht, dass vor allem die Waldgesellschaften nährstoffarmer Standorte mit einer hohen Zahl seltener Arten von Artenverlusten durch anhaltende Eutrophierung und Nutzungswandel betroffen sind (HEINRICHS et al. 2014, HEINRICHS & SCHMIDT 2017). Die Befunde zeigen eindrucksvoll, wie stark die frühere Nieder- und Mittelwaldwirtschaft – meist in Verbindung mit Waldweide – einst als Regulativ gewirkt hat. Sie unterdrückte die unter der jetzigen Umwelt- und Bewirtschaftungssituation profitierenden Arten wie *F. sylvatica* und *A. ursinum* und förderte lichtbedürftige Wärme- und Trockenheitszeiger nährstoffärmerer Standorte, die in den letzten 50 Jahren deutlich zurückgingen. Die Arten lichter Wälder zeigen bei zunehmender Beschattung eine abnehmende Reproduktivität, da sie in der Regel nicht zur Blüte gelangen. Dies ist insofern kritisch, da die Blütenstände auf steilen Sonnhängen als bevorzugten winterlichen Wildeinstandsgebieten unweigerlich stark verbissen werden. Der Abnahmetrend wird dadurch verstärkt, dass reziprok zur schwindenden Konkurrenzkraft der lichtbedürftigen Arten die Konkurrenzkraft mesophiler Waldarten bei zunehmender Beschattung steigt. Für die standörtlichen Ränder müssen daher verstärkt Konzepte entwickelt werden, die Störungs- und Sukzessions-Modelle (z. B. EGLER 1954, DRURY & NISBET 1973, CONNELL & SLATYER 1977) berücksichtigen (Evidenz-basierter Naturschutz) und ein Nebeneinander von offenen/halboffenen und geschlossenen Beständen gewährleisten. Ein Zurück zur früheren Waldvegetation wird es aber dennoch kaum geben, da viele der inzwischen verschwundenen Arten auch in der näheren Umgebung kaum noch Vorkommen haben, ihr Ausbreitungspotential generell gering ist und auch die früheren Ausbreitungsvektoren mit dem Weidevieh fehlen (POSCHLOD 2015).

*La nature n'est s'arrête pas* – diese Antwort des Impressionisten Claude Monet (1840–1926) auf die Frage, warum er immer wieder von derselben Stelle aus in der Natur gemalt hat, gilt auch für die Lengder Burg, die auf räumlich begrenzter Fläche den Wandel der Waldvegetation im Göttinger Wald in den letzten Jahrzehnten beispielhaft widerspiegelt!

## Danksagung

W. Winterhoff und M. Schmidt stellten nicht veröffentlichte Originalaufnahmen zur Verfügung. M. Schmidt beteiligte sich auch auf einer gemeinsamen Exkursion an der Suche nach floristischen Besonderheiten am südwestlichen Steilhang und gab wertvolle Hinweise bei der Abfassung des Manuskripts. K. Lewejohann übernahm die Nachbestimmung des Herbarbelegs von *Calamagrostis varia*, M. Weckesser die Nachbestimmung der Moose. B. Preuschhof (UNB LK Göttingen) und M. Weite-

meier (UNB Stadt Göttingen) gaben Hinweise zur naturschutzfachlichen Einstufung und Behandlung der Lengder Burg. Vom Stadtwald Göttingen unterstützten M. Levin und D. Raab die Untersuchungen im Gelände und sorgten für die wichtige Bereitstellung alter und neuer forstlicher Daten. Helge Walentowski und ein weiterer Gutachter gaben wertvolle Hinweise zur Verbesserung des Manuskriptes. Ihnen allen sei an dieser Stelle recht herzlich gedankt.

## Beilagen und Anhänge

**Beilage S1.** Vegetationsaufnahmen des *Carici-Fagetum* und seiner Kontaktgesellschaften an der Lengder Burg zwischen 1950 und 1995.

**Supplement S1.** Vegetation relevés of the *Carici-Fagetum* and adjacent communities at the Lengder Burg between 1950 and 1995.

**Beilage S2.** Vegetationsaufnahmen des *Hordelymo-Fagetum lathyretosum* und seiner Kontaktgesellschaften an der Lengder Burg zwischen 1950 und 1988.

**Supplement S2.** Vegetation relevés of the *Hordelymo-Fagetum lathyretosum* and adjacent communities at the Lengder Burg between 1950 and 1988.

**Zusätzliche unterstützende Information ist in der Online-Version dieses Artikels zu finden.**

**Additional supporting information may be found in the online version of this article.**

**Anhang E1.** Prozentualer Anteil der Waldarten in den unterschiedlichen Vegetationseinheiten auf Grundlage der Vegetationsaufnahmen von 1950-1995.

**Supplement E1.** Percentage of species with different forest association in the different forest communities based on vegetation relevés from 1950 to 1995.

**Anhang E2.** Vorkommen, Stetigkeiten und mittlere Deckungsgrade aller Arten in den Quasi-Dauerflächen des **a)** *CF i.w.S.* und des *HF i.w.S.* und **b)** *CF typicum* und *HF Allium* aufgenommen zwischen 1955 und 1995 und wiederholt zwischen 2009 und 2016.

**Supplement E2.** Number of occurrences, constancies and mean cover values of all species in quasi-permanent plots of the **a)** *CF i.w.S.* and *HF i.w.S.* and **b)** *CF typicum* and *HF Allium* surveyed between 1955 and 1995 and re-surveyed between 2009 and 2016.

**Anhang E3.** Florenliste der Lengder Burg im Jahr 2016.

**Supplement E3.** Floristic list of the Lengder Burg from 2016.

## Literatur

- AHRNS, C., HOFMANN, G. (1998): Vegetationsdynamik und Florenwandel im ehemaligen mitteldeutschen Waldschutzgebiet „Hainich“ im Intervall 1963–1995. – *Hercynia* N.F. 31: 33–64.
- AMMER, C., VOR, T. (2013): Verlust von Mischbaumarten durch Wildverbiss in Buchenwäldern. – *AFZ-Der Wald* 68/1: 9–11.
- BARTEL, G. (1952): Der ländliche Besitz der Stadt Göttingen. Entwicklung, Bewirtschaftung und Verwaltung vom 13. Jahrhundert bis zur Gegenwart. – *Quellen Darst. Gesch. Niedersachs.* 52: 1–105.
- BERNHARDT-RÖMERMANN, M., BAETEN, L., CRAVEN, D.J. et al. (2015): Drivers of temporal changes in temperate forest plant diversity vary across spatial scales. – *Glob. Change Biol.* 21: 3726–3737.
- BIEDERBICK, K.-H. (1991): Untersuchungen zur reliefbedingten Variation von Vegetation und Standort. – *Diss. Bot.* 176: 1–189.
- BÖHLING, N. (2008): Zur Entwicklung der *Allium ursinum*-Bestände im buchenreichen Eichen-Hainbuchenwald „Hohes Reisach“ 1978/2007. – *Tuexenia* 28: 41–49.

- BRAY, J.R., CURTIS, J.T. (1957): An ordination of upland forest communities of southern Wisconsin. – *Ecol. Monogr.* 27: 325–349.
- BRUNET, J., BUKINA, Y., HEDWALL, P.-O., HOLMSTRÖM, E., VON OHEIMB, G. (2014): Pathogen induced disturbance and succession in temperate forests: Evidence from a 100-year data set in southern Sweden. – *Basic Appl. Ecol.* 15:114–121.
- BÜCKING, W., KOPPISCH, D. (2005): Flora und Vegetation des Bannwaldes „Bechtaler Wald“ – Waldschutzgeb. Baden-Württ. 8: 51–68.
- CONNELL, J.H., SLATYER, O. (1977): Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. – *Am. Nat.* 111: 1119–1144.
- CONRAD, J.F. (1985): Das Stadtforstamt Göttingen. Nach über 28jähriger Erfahrung (1956 bis 1984). – Göttingen, o.V., Stadt Göttingen. 133pp.
- DE FRENNE, P., RODRIGUEZ-SÁNCHEZ, F., COOMES, D.A. et al. (2013): Microclimate moderates plant responses to macroclimate warming. – *PNAS* 110: 18561–18565.
- DEPPE, H. (1922): Die Beziehungen der Göttinger Kalkflora zu den vorgeschichtlichen Siedlungen im Leinetal. – *Der Wanderer im Cheruskerland* 1: 2–13 u. 33–41.
- DIERSCHKE, H. (1974): Saumgesellschaften im Vegetations- und Standortgefülle von Waldrändern. – *Scr. Geobot.* 6: 1–246.
- DIERSCHKE, H. (1989): Artenreiche Buchenwald-Gesellschaften Nordwest-Deutschlands. – *Ber. Reinhold-Tüxen-Ges.* 1: 107–148.
- DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie. – Ulmer, Stuttgart: 683 pp.
- DIERSCHKE, H. (2005): Laurophyllisation – auch eine Erscheinung im nördlichen Mitteleuropa? Zur aktuellen Ausbreitung von *Hedera helix* in sommergrünen Laubwäldern. – *Ber. Reinhold-Tüxen-Ges.* 17: 151–168.
- DIERSCHKE, H. (2013): Konstanz und Dynamik in einem artenreichen Kalkbuchenwald. Veränderungen in einem Großtransekt 1981–2011. – *Tuexenia* 33: 49–92.
- DRURY, W.H. & NISBET, I.C.T. (1973): Succession. – *J. Arnold Arbor.* 54: 331–68.
- DURAK, T. (2012): Changes in diversity of the mountain beech forest herb layer as a function of the forest management method. – *For. Ecol. Manag.* 276: 154–164.
- EGLER, F.E. (1954): Vegetation science concepts. I. Initial floristic composition, a factor in old-field vegetation development. – *Vegetatio* 4: 412–417.
- ELLENBERG, H., LEUSCHNER, C. (2010): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. 6. Aufl. – Ulmer, Stuttgart: 1333 pp.
- ELLENBERG, H., WEBER, H.E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W. (2001): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 3. Aufl. – *Scr. Geobot.* 18: 1–262.
- EWALD, J., ZICHE, D. (2017): Giving meaning to Ellenberg nutrient values: National Forest Soil Inventory yields frequency-based scaling. – *Appl. Veg. Sci.* 20: 115–123.
- FISCHER, A., FELLER, U. (1994): Seasonal changes in the pattern of assimilatory enzymes and the proteolytic activities in leaves of juvenile ivy. – *Ann. Bot.* 74: 389–396.
- FRÜCHTENICHT, W. (1937): Die Dauerwaldwirtschaft im Göttinger Stadtwalde. – *Dtsch. Forstbeamtenztg.* 3: 381–387.
- FUCHS, H. (1964): Flora von Göttingen. – Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen: 156 pp.
- FULLER, R.J. & GILL, R.M.A. (2001): Ecological impacts of increasing numbers of deer in British woodland. – *Forestry* 74: 193–199.
- GARVE, E. (2004): Rote Liste und Florenliste der Farn- und Blütenpflanzen in Niedersachsen und Bremen. – *Informationsd. Naturschutz Niedersachs.* 24: 1–76.
- GARVE, E. (2007): Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen in Niedersachsen und Bremen. – *Naturschutz Landschaftspfl. Niedersachs.* 43: 1–507.
- GILL, R. (2006): The influence of large herbivores on tree recruitment and forest dynamics. – In: DANELL, K., DUNCAN, P., BERGSTRÖM, R. & PASTOR, J. (Eds.): *Large herbivore ecology, ecosystem dynamics and conservation*: 170–202. Cambridge, Cambridge University Press.
- GLATZEL, G. (1991): The impact of historic land use and modern forestry on nutrient relations of Central European forest ecosystems. – *Fertil. Res.* 27: 1–8.
- GRIMME, K. (1977): Wasser- und Nährstoffversorgung von Hangbuchenwäldern auf Kalk in der weiteren Umgebung von Göttingen. – *Scr. Geobot.* 12: 1–58.
- GRUND, K., CONEDERA, M., SCHRÖDER, H. & WALTHER, G.-R. (2005): The role of fire in the invasion process of evergreen broad-leaved species. – *Basic Appl. Ecol.* 6: 47–56.

- HEINRICHS, S. & SCHMIDT, W. (2013): Windwurf und Eisbruch im Buchenwald: Eine Chance für Eiche und andere Baumarten? – Forstarchiv 84: 181–197.
- HEINRICHS, S. & SCHMIDT, W. (2015): Dynamics of *Hedera helix* in Central European beech forests on limestone: results from long-term monitoring and experimental studies. – Plant Ecol. 216: 1–15.
- HEINRICHS, S. & SCHMIDT, W. (2017): Biotic homogenization of herb layer composition between two contrasting beech forest communities on limestone over 50 years. – Appl. Veg. Sci.: 20: 271–281.
- HEINRICHS, S., SCHULTE, U. & SCHMIDT, W. (2011): Veränderungen der Buchenwaldvegetation durch Klimawandel? Ergebnisse aus Naturwaldzellen in Nordrhein-Westfalen. – Forstarchiv 82: 48–61.
- HEINRICHS, S., WINTERHOFF, W. & SCHMIDT, W. (2012): Vegetation dynamics of beech forests on limestone in central Germany over half a century – effects of climate change, forest management, eutrophication or game browsing? – Biodivers. Ecol. 4: 47–59.
- HEINRICHS, S., WINTERHOFF, W. & SCHMIDT, W. (2014): 50 Jahre Konstanz und Dynamik im Seggen-Hangbuchenwald (*Carici-Fagetum*) - Ein Vergleich alter und neuer Vegetationsaufnahmen aus dem Göttinger Wald. – Tuexenia 34: 9–38.
- HESSENMÖLLER, D., NIESCHULTE, J., LÜPKE, N.V. & SCHULZE, E.-D. (2011): Identification of forest management types from ground-based and remotely sensed variables and the effects of forest management on forest structure and composition. – Forstarchiv 82: 171–183.
- HORN, H.S. (1966): Measurement of “Overlap” in comparative ecological studies. – Am. Nat. 100: 419–424.
- JANTSCH, M.C., FISCHER, A., FISCHER, H.S. & WINTER, S. (2013): Shift in plant species composition reveals environmental changes during the last decades: A long-term study in beech (*Fagus sylvatica*) forests in Bavaria. – Folia Geobot. 48: 467–491.
- KOMPA, T. & SCHMIDT, W. (2005): Buchenwald-Sukzession nach Windwurf auf Zechstein-Standorten des südwestlichen Harzvorlandes. – Hercynia N.F. 38: 233–261.
- KOPERSKI, M., SAUER, M., BRAUN, W. & GRADSTEIN, S.R. (2000): Referenzliste der Moose Deutschlands. – Schriftenr. Vegetationskd. 34: 1–519.
- KRIEBITZSCH, W.-U. (1992): Der CO<sub>2</sub>- und H<sub>2</sub>O-Gaswechsel von Pflanzen in der Krautschicht eines Kalkbuchenwaldes in Abhängigkeit von den Standortsfaktoren. III. CO<sub>2</sub>-Bilanzen und Netto-Primärproduktion. – Flora 187: 135–158.
- LEUZINGER, S., HARTMANN, A. & KÖRNER, C. (2011): Water relations of climbing ivy in a temperate forest. – Planta 233: 1087–1096.
- MAGURRAN, A.E. (2004): Measuring biological diversity. – Blackwell Science, Oxford: 264 pp.
- MÖLDER, A., STREIT, M. & SCHMIDT, W. (2014): When beech strikes back: How strict nature conservation reduces herb-layer diversity and productivity in European deciduous forests. – For. Ecol. Manag. 319: 51–61.
- NAAF, T. & KOLK, J. (2016): Initial site conditions and interactions between multiple drivers determine herb-layer changes over five decades in temperate forests. – For. Ecol. Manag. 366: 153–165.
- NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBETRIEB FÜR WASSERWIRTSCHAFT, KÜSTEN- UND NATURSCHUTZ (NLWKN) (2008): Natura 2000-Gebiete in Niedersachsen. – Informationsd. Naturschutz Niedersachs. 28: 219–298.
- OKSANEN, J.G., BLANCHET, F.G., KINDT, R., LEGENDRE, P., MINCHIN, P.R., O’HARA, R.B., SIMPSON, G.L., SOLYMOS, P., STEVENS, M.H.H. & WAGNER, H. (2014): Vegan: community ecology package. R package version 2.2-0.
- PANFEROV, O., KREILEIN, H., MEESENBURG, H., EICHHORN, J. & GRAVENHORST, G. (2009): Climatic conditions at three beech forest sites in central Germany. – In: BRUMME, R. & KHANNA, P.K. (Eds.): Functioning and management of European beech ecosystems. Ecol. Stud. 208: 13–32. Springer, Berlin.
- PETERS, H.-G. (1970): Ur- und frühgeschichtliche Befestigungen zwischen Oberweser und Leine. – Ihre Beziehung zur Siedlungs- und Verkehrsgeschichte ihrer Zeit. – In: JAHNKUHN H. (Ed.): Neue Ausgrabungen und Forschungen in Niedersachsen. 5: 61–183. Hildesheim.
- POSCHLOD, P. (2015): Geschichte der Kulturlandschaft. – Ulmer, Stuttgart: 320 pp.
- R CORE TEAM (2014): R: A language and environment for statistical computing. – R Foundation for Statistical Computing, Vienna. URL: <https://www.R-project.org/>.
- RÖDER, H., FISCHER, A. & KLÖCK, W. (1996): Waldentwicklung auf Quasi-Dauerflächen im *Luzulo-Fagetum* der Buntsandsteinrhön (Forstamt Mittelsinn) zwischen 1950 und 1990. – Forstwiss. Centralbl. 115: 321–335.

- ROGERS, D.A., ROONEY, T.P., OLSON, D. & WALLER, D.M. (2008): Shifts in southern Wisconsin forest canopy and understorey richness, composition and heterogeneity. – *Ecology* 89: 2482–2492.
- RÜHL, A. (o.J., um 1950): Pflanzengeographische Übersicht des Forstamts Reinhausen. – Manuskript: 41 pp.
- RÜHL, A. (1954): Das südliche Leinebergland. Eine forstlich-vegetationskundliche und pflanzengeographische Studie. – *Pflanzensoziologie* Band 9. – Fischer, Jena: 155 pp.
- RÜHL, A. (1960): Über die Waldvegetation der Kalkgebiete nordwestdeutscher Mittelgebirge. – *Decheniana-Beihefte* 8: 50 pp.
- SCHMIDT, M. (2000): Die Blaugras-Rasen des nördlichen deutschen Mittelgebirgsraumes und ihre Kontaktgesellschaften. – *Diss. Bot.* 328: 1–294.
- SCHMIDT, M. (2013): Vegetationsentwicklung in Buchenwäldern nach Aufgabe der forstlichen Nutzung. – *AFZ-Der Wald* 68/24: 14–15.
- SCHMIDT, M., KRIEBITZSCH, W.-U. & EWALD, J. (2011): Waldartenliste der Farn- und Blütenpflanzen, Moose und Flechten Deutschlands. – *BfN-Skripten* 299: 1–111.
- SCHMIDT, M. & MAST, R. (1996): Verbreitungsgrenzen von ausgewählten Pflanzenarten basenreicher Felsstandorte im Werra-, Weser- und Leinebergland. – *Hercynia N.F.* 30: 33–51.
- SCHMIDT, W. (1968): Phosphatgehalt und Säuregrad des Bodens in Beziehung zum Artengefüge von Buchenwäldern um Göttingen. – *Staatsexamensarbeit Univ. Göttingen*: 121 pp.
- SCHMIDT, W. (1970): Untersuchungen über die Phosphorversorgung niedersächsischer Buchenwaldgesellschaften. – *Scr. Geobot.* 1: 1–120.
- SCHMIDT, W. (2006): Zeitliche Veränderung der Fruktifikation der Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.) in einem Kalkbuchenwald (1981–2004). – *Allg. Forst Jagdztg.* 177: 9–19.
- SCHMIDT, W. (2012): Wie naturnah sind Naturwaldreservate? Neophyten und Therophyten als geobotanische Indikatoren. – *Forstarchiv* 83: 93–108.
- SCHMIDT, W. & HEINRICHS S. (2015): Umwelt- und Nutzungswandel im Kalkbuchenwald (*Hordelymo-Fagetum lathyretosum*) – Ein Vergleich alter und neuer Vegetationsaufnahmen aus dem Göttinger Wald. – *Hercynia N.F.* 48: 22–52.
- SCHMIDT, W. & HEINRICHS S. (2016): Struktur und Artenreichtum der Vegetation in Naturwaldreservaten von Rheinland-Pfalz – Einfluss von Schalenwild und früherer Bewirtschaftung. – *Forstarchiv* 87: 182–193.
- SMART, S.M., THOMPSON, K., MARRS, R.H., LE DUC, M.G., MASKELL, L.C. & FIRBANK, L.G. (2006): Biodiversity loss and biotic homogenization across human-modified ecosystems. – *Proc. Roy. Soc. B* 273: 2659–2665.
- STEGMANN, F. & SCHMIDT, W. (2005): Der Northeimer Mittelwald – Wald- und vegetationskundliche Untersuchungen zu einem Naturschutzprojekt. – *Gött. Naturkundl. Schr.* 6: 141–158.
- STROH, H.G. & CONRAD, T. (2005): „Neue Flora von Göttingen“. Vorstellung eines floristischen Kartierungsprojektes mit einem Aufruf zur Mitarbeit. – *Gött. Naturkundl. Schr.* 6: 73–86.
- SUCK, R., BUSHART, M., HOFMANN, G. & SCHRÖDER, L. (2013): Karte der Potentiellen Natürlichen Vegetation Deutschlands. Band II Kartierungseinheiten. – *BfN-Skripten* 349: 1–305.
- VERHEYEN, C., BAETEN, L., DE FRENNE, P. et al. (2012): Driving factors behind the eutrophication signal in understorey plant communities of deciduous temperate forests. – *J. Ecol.* 100: 352–365.
- VERHEYEN, K., DE FRENNE, P., BAETEN, L. et al. (2017): Combining biodiversity resurveys across regions to advance global change research. – *BioScience* 67: 73–83.
- VETTER, A.G., RUF, T., BIEBER, C. & ARNOLD, W. (2015): What is a mild winter? Regional differences in within-species responses to climate change. – *PloS ONE* 10: e0132178.
- WINTERHOFF, W. (1960): Die Waldgesellschaften des Göttinger Waldes. – *Staatsexamensarbeit, Univ. Göttingen*: 104 pp.
- WINTERHOFF, W. (1963): Vegetationskundliche Untersuchungen im Göttinger Wald. – *Nachr. Akad. Wiss. Göttingen. II. Math.-Phys. Kl.* 1962/2: 21–79.
- WINTERHOFF, W. (1977): Über Verbreitungslücken einiger Arten im Göttinger Wald. – *Mitt. Flor.-soziol. Arbeitsgem. N.F.* 19/20: 365–375.
- WISSKIRCHEN, R. & HAEUPLER, H. (1998): Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. – Ulmer, Stuttgart: 765 pp.
- ZOTZ, G., CUENI, N. & KÖRNER, C. (2006): In situ growth stimulation of a temperate zone liana (*Hedera helix*) in elevated CO<sub>2</sub>. – *Funct. Ecol.* 20: 763–769.

Schmidt & Heinrichs: Flora und Vegetation der Lengder Burg im Göttinger Wald

**Beilage S1.** Vegetationsaufnahmen des *Carici-Fagetum* und seiner Kontaktgesellschaften an der Lengder Burg zwischen 1950 und 1995 nach Rühl (1954, 1960), Winterhoff (1960, 1963), Grimme (1977), Biederbick (1991) und M. Schmidt (2000, unveröff.). \* Diese Aufnahmen wurden zwischen 2009 und 2016 wiederholt. Charakter- und Differentialarten der zentralen Ausprägung des *Carici-Fagetum typicum* (*CF typicum*) nach Dierschke (1989) sind unterstrichen. kA = keine Angabe.

**Supplement S1.** Vegetation relevés of the *Carici-Fagetum* and adjacent communities at the Lengder Burg between 1950 and 1995 according to Rühl (1954, 1960), Winterhoff (1960, 1963), Grimme (1977), Biederbick (1991) and M. Schmidt (2000, unpubl.). \* These relevés were re-surveyed (2009-2016). Character and differential species of the *Carici-Fagetum typicum* according to Dierschke (1989) are underlined. kA = no data.

- C1-2: Saumgesellschaften  
 C3-4: Gebüschgesellschaften  
 C5-7: *Carici-Fagetum seslerietosum* (Dierschke 1989)  
 C8-16: *Carici-Fagetum typicum* (Dierschke 1989)  
 C17: *Carici-Fagetum typicum*, *Epipactis microphylla* -Variante (Winterhoff 1963)  
 C18: *Galio-Carpinetum* (Biederbick 1991)  
 C19: *Vincetoxico-Tilietum* (Winterhoff 1963)

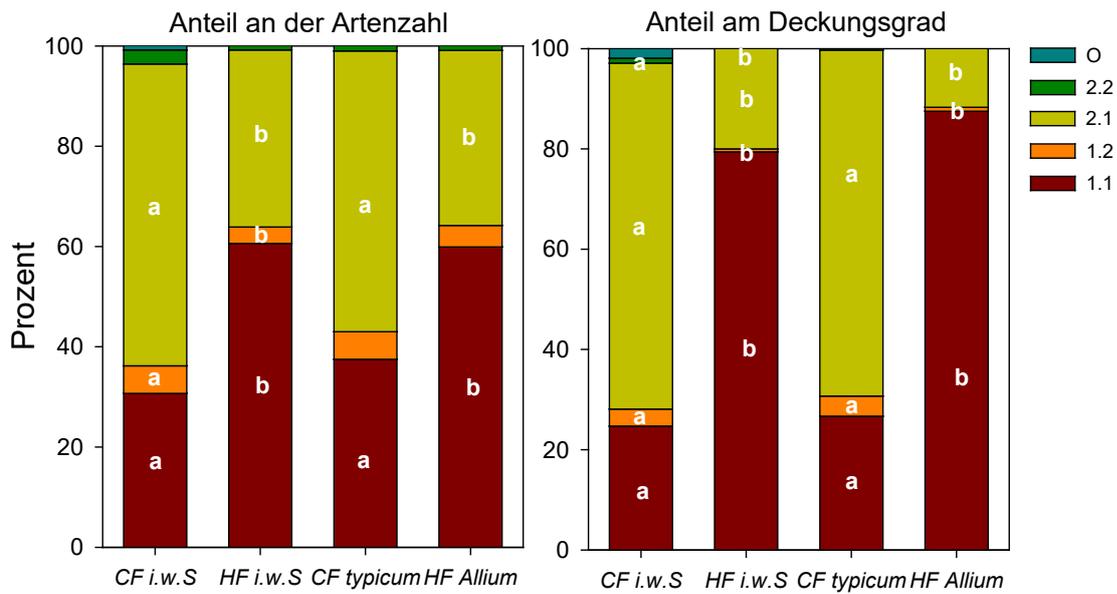
Nr.	C1*	C2*	C3*	C4*	C5	C6	C7	C8	C9*	C10*	C11*	C12*	C13*	C14	C15*	C16*	C17*	C18*	C19*
Original-Nr.	MS38-5	B2-2	W307	B3-1	R2-13	G-KIII	G-KIV	R8-30	W306	W305	W99	W312	B4-2	G-KI	MS-1	MS-2	W993	B8-1	W498
Jahr	1995	1988	1956	1988	1950	1973	1973	1951	1956	1956	1955	1956	1988	1973	1994	1995	1959	1988	1957
Höhe, m NN	360	355	340	355	380	kA	kA	375	290	290	350	330	335	kA	340	350	340	365	330
Exposition	230°	235°	SSO	205°	WSW	WSW	S	SO	WNW	W	SW	W	255°	NW	W	SW	OSO	270°	WNW
Neigung [°]	30	32	18	25	kA	35	34	45	18	27	25	32	33	28	35	35	23	8	30
Flächengröße [m²]	25	25	200	30	kA	kA	kA	kA	200	120	100	225	100	kA	20	25	20	100	100
Höhe Baumschicht [m]					kA	15	15	kA	23	20	10	17	kA	20	25	17	20	kA	20
D° Baumschicht [%]	0	0	0	0	kA	80	85	kA	90	75	80	85	80	95	80	80	90	90	75
D° Baumschicht 2 [%]													20						30
D° Strauchschicht [%]	0	1	40	90	kA	5	5	kA	5	15	10	<1	10	0	3	4	0	10	0.5
D° Krautschicht [%]	55	60	80	1	kA	35	40	5	35	50	10	40	30	50	40	30	0.5	60	4
D° Moosschicht [%]	1	kA	0	kA	kA	1	1	kA	<1	<1	<1	<1	kA	5	5	<1	0	kA	0.1
<b>Baumschicht (&gt; 5 m)</b>																			
<i>Fagus sylvatica</i>	.	.	.	.	2	5	5	5	5	4	3	5	5	5	5	5	5	1	.
<i>Sorbus torminalis</i>	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	2	.	1	.	.	.	.	.	.
<i>Acer campestre</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fraxinus excelsior</i>	.	.	.	.	.	2	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	+	.	1
<i>Acer pseudoplatanus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	3
<i>Acer platanoides</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	1	.	.
<i>Carpinus betulus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	4
<i>Prunus avium</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	+	.	.
<i>Sorbus aucuparia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	1	.	.	.	.	.
<i>Pinus nigra</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
<i>Pyrus communis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Quercus petraea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
<i>Tilia platyphyllos</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
<b>Strauchschicht (&gt; 0,5 m)</b>																			
<i>Fagus sylvatica</i>	.	.	2	.	+	+	1	.	1	1	.	.	.	.	2	1	.	1	.
<i>Crataegus laevigata</i>	.	+	.	2	.	.	.	.	.	1	1	.	1	.	.	.	.	1	.
<i>Cornus sanguinea</i>	.	.	1	3	+	+	+	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
<i>Fraxinus excelsior</i>	.	.	1	.	.	1	1	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	.	.
<i>Lonicera xylosteum</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	1	1	.	+	.	.	.	.	+	.	.
<i>Cornus mas</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	2	2	1	.	.	.	.	.	.	.
<i>Acer pseudoplatanus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	1
<i>Daphne mezereum</i>	.	.	.	.	+	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rosa canina</i>	.	.	.	1	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
<i>Sorbus torminalis</i>	.	.	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Acer platanoides</i>	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sorbus aucuparia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Viburnum opulus</i>	.	.	.	.	.	1	+	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.
<i>Acer campestre</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.
<i>Carpinus betulus</i>	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Clematis vitalba</i>	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Corylus avellana</i>	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rhamnus cathartica</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rosa arvensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rubus fruticosus agg.</i>	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Prunus spinosa</i>	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sambucus nigra</i>	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sambucus racemosa</i>	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<b>Krautschicht</b>																			
<i>Anthericum liliago</i>	2	3	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carex humilis</i>	1	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hippocrepis comosa</i>	1	1	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Peucedanum cervaria</i>	1	3	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Viola hirta</i>	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Polygonatum odoratum</i>	.	1	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Arabis hirsuta</i>	1	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Prunus spinosa</i>	1	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hypericum perforatum</i>	+	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Inula conyzae</i>	+	+	+	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carex digitata</i>	.	.	.	.	.	+	+	.	+	1	1	1	+	+	1	1	.	.	.
<i>Cephalanthera damasonium</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
<i>Campanula persicifolia</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.
<i>Cephalanthera rubra</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Neottia nidus-avis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.
<i>Cornus sanguinea</i>	1	+	.	+	.	+	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rosa canina</i>	+	+	+	+	.	.	+	.	r	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.
<i>Taraxacum sect. Ruderalia</i>	+	+	2	.	.	+	+	+	.	.	+	+	+	+	+	1	.	.	.
<i>Campanula trachelium</i>	.	1	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Solidago virgaurea</i>	.	+	.	.	2	.	+	+	1	1	1	1	+	.	+	1	.	.	.
<i>Epipactis atrorubens</i>	.	.	.	.	.	+	+	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Tanacetum corymbosum</i>	.	.	.	.	.	1	+	.	.	1	+	+	+	+	1	1	.	.	.
<i>Campanula rapunculoides</i>	.	.	.	.	.	1	+	.	.	+	+	.	.	.	.	1	.	.	.
<i>Vincetoxicon hirsutinaria</i>	.	2	.	.	2	1	+	.	.	2	2	3	2	1	1	2	.	1	1
<i>Convallaria majalis</i>	3	2	.	.	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	2	.	1	+
<i>Fragaria vesca</i>	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	1	.	1	+	+	.	.	1	.
<i>Carex montana</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sorbus torminalis</i>	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hieracium murorum</i>	.	.	.	.	.	1	+	.	r	.	1	1	1	1	1	2	.	.	.
<i>Primula veris</i>	.	.	.	.	1	1	+	.	.	1	1	1	+	1	1	2	.	1	.
<i>Epipactis helleborine</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Melica nutans</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	+	.	.	.	.	.	.
<i>Anemone nemorosa</i>	.	.	+	+	.	+	+	.	1	+	+	+	1	+	.	1	+	1	1
<i>Asarum europaeum</i>	.	.	+	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Acer platanoides</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	+	+	+	+	+	+	.	.	.
<i>Galium odoratum</i>	.	.	+	+	.	+	+	.	1	.	.	.	1	+	1	1	1	2	.
<i>Mercurialis perennis</i>	.	.	+	.	.	+	+	.	1	1	+	1	.	+	1	1	+	.	.
<i>Mycelis muralis</i>	.	.	r	.	.	+	+	.	1	+	.	1	1	+	.	.	.	.	+
<i>Viola reichenbachiana</i>	.	.	.	.	.	+	+	.	r	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Hepatica nobilis</i>	.	.	.	+	.	.	+	.											



## Schmidt & Heinrichs: Flora und Vegetation der Lengder Burg im Göttinger Wald

**Anhang E1.** Prozentualer Anteil der Waldarten nach SCHMIDT et al. (2011) an der Artenzahl (linkes Diagramm) und am Deckungsgrad (rechtes Diagramm) der Krautschicht in den unterschiedlichen Vegetationseinheiten auf Grundlage der Vegetationsaufnahmen von 1950-1995. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Vergleichspaaren *CF i.w.S.* vs. *HF i.w.S.* und *CF typicum* vs. *HF Allium*. 1.1 = Arten des geschlossenen Waldes, 1.2 = Arten der Verlichtungen und Kahlschläge, 2.1 = Arten des Waldes und des Offenland, 2.2 = Arten überwiegend des Offenlandes, O = Offenlandarten.

**Supplement E1.** Percentage of species with different forest association according to SCHMIDT et al. (2011) based on species numbers (left graph) and on total herb layer coverage (right graph) in the different forest communities based on vegetation relevés from 1950 to 1995. Different letters mark significant differences between the pairs *CF i.w.S.* vs. *HF i.w.S.* and *CF typicum* vs. *HF Allium*. 1.1 = species of closed forests, 1.2 = species of edges and clearings, 2.1 = species of forests and open sites, 2.2 = predominantly open site species, O = open site species.



Schmidt & Heinrichs: Flora und Vegetation der Lengder Burg im Göttinger Wald

**Anhang E2a.** Vorkommen (n), Stetigkeiten (S in %) und mittlere Deckungsgrade (mD<sup>o</sup> in %) mit Standardfehler (SF) aller Arten in den Quasi-Dauerflächen des *Carici-Fagetum i.w.S.* (*CF i.w.S.*) und des *Hordeleyo-Fagetum i.w.S.* (*HF i.w.S.*), aufgenommen zwischen 1955 und 1995 und wiederholt zwischen 2009 und 2016. Die Arten sind geordnet nach signifikanten Änderungen im Deckungsgrad (signifikant höhere Werte sind fett) und Stetigkeitsveränderungen > 20 % zwischen den Aufnahmejahren. Neue oder verschwundene Arten wurden berücksichtigt, wenn sie in mindestens 2 Flächen neu auftraten bzw. aus diesen verschunden waren. mD<sup>o</sup> < 0,05 % = + (ohne SF), B = Baumschicht, S = Strauchschicht, M = Mooschicht.

**Supplement E2a.** Number of occurrences (n), constancies (S in %) and mean cover values (mD<sup>o</sup> in %) with standard error (SF) of all species in quasi-permanent plots of the *Carici-Fagetum i.w.S.* (*CF i.w.S.*) and *Hordeleyo-Fagetum i.w.S.* (*HF i.w.S.*) surveyed between 1955 and 1995 and re-surveyed between 2009 and 2016. Species are arranged according to significant changes in cover (significant higher values in bold) and constancy changes > 20 % between observations. New or lost species were regarded, when they newly appeared in at least 2 plots or were lost from 2 plots. mD<sup>o</sup> < 0.05 % = + (without SF), B = tree layer, S = shrub layer, M = moss layer.

	<i>Carici-Fagetum i.w.S. (n = 14)</i>						<i>Hordeleyo-Fagetum i.w.S. (n = 15)</i>					
	1955-95			2009-2016			1955-88			2009-2016		
	n	S	mD <sup>o</sup>	SF	n	S	mD <sup>o</sup>	SF	n	S	mD <sup>o</sup>	SF
<b>sign. Änderungen im D<sup>o</sup></b>												
<b>Zunahme in beiden Gesellschaften</b>												
<i>Fagus sylvatica</i>	11	79	0,8	0,2	14	100	<b>8,3</b>	1,9	12	80	2,4	0,9
<i>Fraxinus excelsior</i>	6	43	0,5	0,2	12	86	<b>7,4</b>	1,9	5	33	0,3	0,2
<b>Zunahme im CF i.w.S.</b>												
<i>Hedera helix</i>	8	57	0,6	0,2	10	71	<b>1,5</b>	0,3	7	47	0,5	0,2
<i>Fraxinus excelsior</i> (B)	4	29	0,6	0,3	8	57	<b>9,1</b>	3,6	10	67	12,2	3,2
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	3	21	0,1	0,1	9	64	<b>0,6</b>	0,2	5	33	1,1	1
<i>Clematis vitalba</i>	3	21	0,3	0,2	8	57	<b>0,9</b>	0,3	2	13	+	+
<i>Lonicera xylosteum</i>	2	14	0,1	0	8	57	<b>0,5</b>	0,2	1	7	+	+
<b>Zunahme im HF i.w.S.</b>												
<i>Anemone ranunculoides</i>	1	7	+	+	3	21	1,3	1,1	10	67	1,3	0,3
<i>Allium ursinum</i>	2	14	1,1	1,1	2	14	1,1	1,1	9	60	30,3	8,5
<i>Ulmus glabra</i>	2	14	0,1	0	2	14	0,1	0	4	27	0,1	0,1
<i>Polygonatum multiflorum</i>	2	14	0,1	0	2	14	0,1	0	2	13	0,1	0
<i>Fagus sylvatica</i> (S)	6	43	2,9	1,4	10	71	6,9	2	1	7	+	+
<i>Impatiens parviflora</i>	7	47	11,4	5,9	7	47	<b>0,6</b>	0,3	7	47	<b>0,6</b>	0,3
<b>Abnahme im CF i.w.S.</b>												
<i>Hieracium murorum</i>	8	57	<b>1,9</b>	1,1	4	29	0,1	0,1	1	7	+	+
<i>Solidago virgaurea</i>	8	57	<b>1</b>	0,3	2	14	+	+	1	7	+	+
<i>Taraxacum sect. Ruderalia</i>	8	57	<b>1,5</b>	1,1	1	7	+	+	1	7	+	+
<i>Fragaria vesca</i>	7	50	<b>0,7</b>	0,3	1	7	+	+	1	7	+	+
<b>Abnahme im HF i.w.S.</b>												
<i>Arun maculatum</i>	4	29	0,3	0,2	13	87	<b>3,6</b>	1,2	12	80	0,8	0,2
<i>Hepatica nobilis</i>	9	64	0,9	0,3	9	64	1,2	0,3	8	53	1,5	1
<i>Ranunculus auricomus</i> agg.	9	64	<b>1,7</b>	1	9	64	<b>1,7</b>	1	1	7	+	+
<b>Stetigkeitsveränderungen</b>												
<b>neu oder Zunahme im CF i.w.S.</b>												
<i>Fagus sylvatica</i> (B)	9	64	44,8	11,3	12	86	48,8	9,5	14	93	45,5	6,9
<i>Mercurialis perennis</i>	9	64	2,1	1	12	86	5,3	2,7	13	87	28,7	8,3
<i>Acer pseudoplatanus</i>	8	57	0,9	0,3	12	86	2,3	1	11	73	0,8	0,2
<i>Galium odoratum</i>	8	57	2	1	11	79	5,4	1,7	13	87	7,5	3,3
<i>Carex digitata</i>	7	50	1	0,3	11	79	1,8	1	1	7	+	+
<i>Primula veris</i>	7	50	2	1,1	10	71	1	0,3	1	7	0,2	0,2
<i>Daphne mezereum</i>	6	43	0,5	0,2	10	71	0,4	0,2	4	27	0,3	0,2
<i>Cornus sanguinea</i>	5	36	0,3	0,2	9	64	1,3	1,1	1	7	+	+
<i>Cornus mas</i> (S)	4	29	2,4	1,4	7	50	1,1	0,3	1	7	+	+
<i>Quercus petraea</i>	1	7	+	+	7	50	0,1	0	1	7	+	+
<i>Daphne mezereum</i> (S)	2	14	0,1	0	2	14	0,1	0	1	7	0,2	0,2
<i>Rhamnus cathartica</i> (S)	3	21	0,5	0,3	3	21	0,5	0,3	1	7	+	+
<i>Sorbus torminalis</i> (S)	2	14	0,4	0,2	2	14	0,4	0,2	1	7	+	+
<i>Tilia platyphyllos</i> (S)	2	14	0,1	0	2	14	0,1	0	1	7	0,1	0,1
<i>Crataegus monogyna</i>	2	14	+	+	2	14	+	+	1	7	+	+
<i>Euonymus europaea</i>	4	29	0,1	0	4	29	0,1	0	1	7	+	+
<i>Rosa corymbifera</i>	3	21	0,1	0	3	21	0,1	0	1	7	+	+
<i>Amblystegium serpens</i> (M)	2	14	+	+	2	14	+	+	1	7	+	+
<i>Atrichum undulatum</i> (M)	2	14	0,2	0,2	2	14	0,2	0,2	1	7	+	+
<i>Dicranella heteromalla</i> (M)	2	14	+	+	2	14	+	+	1	7	+	+
<i>Hypnum cupressiforme</i> (M)	2	14	+	+	2	14	+	+	1	7	+	+
<i>Isoetes macrospora</i> (M)	2	14	0,1	0	2	14	0,1	0	1	7	+	+
<b>neu oder Zunahme im HF i.w.S.</b>												
<i>Lamium galeobdolon</i>	6	40	2,7	1,3	10	67	3,8	1,5	10	67	3,8	1,5
<i>Fraxinus excelsior</i> (S)	4	29	0,4	0,2	5	36	0,5	0,2	5	33	0,6	0,3
<i>Tilia platyphyllos</i>	3	21	0,1	0	2	14	0,2	0,2	8	53	0,4	0,2
<i>Acer pseudoplatanus</i> (S)	2	14	0,2	0,2	5	36	0,5	0,2	3	20	3	1,6
<i>Geranium robertianum</i>	1	7	+	+	4	27	0,5	0,3	4	27	0,5	0,3
<i>Ulmus glabra</i> (B)	2	13	0,3	0,2	2	13	0,3	0,2	2	13	0,3	0,2
<i>Ulmus glabra</i> (S)	2	13	1,2	1	2	13	1,2	1	2	13	1,2	1
<i>Aegopodium podagraria</i>	2	13	1	1	2	13	1	1	2	13	1	1
<i>Cardamine bulbifera</i>	2	13	0,2	0,2	2	13	0,2	0,2	2	13	0,2	0,2
<i>Galium aparine</i>	3	20	0,5	0,3	3	20	0,5	0,3	3	20	0,5	0,3
<i>Sambucus nigra</i>	2	13	+	+	2	13	+	+	2	13	+	+
<i>Brachythecium rutabulum</i> (M)	2	13	0,1	0	2	13	0,1	0	2	13	0,1	0
<b>verschwunden oder Abnahme im CF i.w.S.</b>												
<i>Tanacetum corymbosum</i>	7	50	0,7	0,3	4	29	0,1	0	1	7	+	+
<i>Mycelis muralis</i>	6	43	0,6	0,3	1	7	+	+	1	7	+	+
<i>Aquilegia vulgaris</i>	5	36	0,3	0,2	1	7	+	+	1	7	+	+
<i>Epipactis atrorubens</i>	5	36	0,2	0,1	1	7	+	+	1	7	+	+
<i>Dactylis polygama</i>	4	29	0,4	0,2	1	7	+	+	3	20	0,1	0,1
<i>Fissidens taxifolius</i> (M)	3	21	0,1	0,1	1	7	+	+	1	7	+	+
<i>Tortella tortuosa</i> (M)	3	21	0,1	0,1	1	7	+	+	1	7	+	+
<i>Acer campestre</i> (S)	2	14	0,1	0	1	7	+	+	1	7	+	+
<i>Bromus benekenii</i>	2	14	+	+	1	7	+	+	1	7	+	+
<i>Daucus carota</i>	2	14	0,1	0	1	7	+	+	1	7	+	+
<i>Origanum vulgare</i>	2	14	0,2	0,2	1	7	+	+	1	7	+	+
<b>verschwunden oder Abnahme im HF i.w.S.</b>												
<i>Anemone nemorosa</i>	11	79	1,1	0,3	10	71	1,2	0,3	15	100	5,6	1,5
<i>Vicia sepium</i>	1	7	+	+	1	7	+	+	5	33	0,6	0,3
<i>Corylus avellana</i>	1	7	+	+	2	13	0,1	0	2	13	0,1	0
<i>Impatiens noli-tangere</i>	1	7	+	+	1	7	+	+	2	13	0,1	0
<b>weitere Arten</b>												
<i>Convallaria majalis</i>	10	71	5,2	1,7	12	86	8,4	1,8	4	27	1,5	1
<i>Vincetoxicum hirundinaria</i>	10	71	11,3	3,5	11	79	12,9	4,4	2	13	0,2	0,2
<i>Acer platanoides</i>	9	64	0,5	0,2	11	79	0,8	0,3	11	73	1,9	1
<i>Crataegus laevigata</i>	9	64	0,2	0,1	9	64	0,6	0,2	3	20	0,2	0,2
<i>Galium sylvaticum</i>	7	50	0,5	0,2	5	36	0,4	0,2	1	7	0,2	0,2
<i>Rosa canina</i>	7	50	0,2	0,1	5	36	0,1	0,1	1	7	+	+
<i>Lilium martagon</i>	6	43	0,3	0,2	6	43	0,5	0,2	4	27	0,3	0,2
<i>Crataegus laevigata</i> (S)	6	43	1,8	1,1	8	57	0,6	0,2	1	7	0,2	0,2
<i>Asarum europaeum</i>	5	36	0,3	0,2	6	43	0,8	0,3	14	93	2,9	0,9
<i>Acer campestre</i>	5	36	0,2	0,1	3	21	0,2	0,2	4	27	0,1	0,1
<i>Phyteuma spicatum</i>	5	36	0,2	0,1	3	21	+	+	3	20	0,1	0,1
<i>Campanula rapunculoides</i>	5	36	0,3	0,2	4	29	0,1	0,1	1	7	+	+
<i>Campanula trachelium</i>	5	36	0,6	0,3	3	21	0,1	0	1	7	+	+
<i>Prunus avium</i>	5	36	0,1	0,1	6	43	0,2	0,1	3	20	0,1	0,1
<i>Melica uniflora</i>	4	29	0,3	0,2	4	29	1,2	1,1	10	67	9,1	4,6
<i>Euphorbia amygdaloides</i>	4	29	0,4	0,2	5	36	1,2	1,1	3	20	0,1	0
<i>Acer pseudoplatanus</i> (B)	4	29	3,2	2,7	5	36	8,8	4,5	2	13	0,3	0,2
<i>Lonicera xylosteum</i> (S)	4	29	0,4	0,2	5	36	0,3	0,2	4	27	2,3	1,3
<i>Prunus spinosa</i>	4	29	0,3	0,2	3	21	0,5	0,3	1	7	+	+
<i>Sorbus torminalis</i>	4	29	0,1	0,1	3	21	0,1	0,1	1	7	+	+
<i>Ctenidium molluscum</i> (M)	4	29	0,3	0,2	6	43	0,6	0,3	1	7	0,2	0,2
<i>Viola reichenbachiana</i>	3	21	0,1	0	5	36	0,6	0,3	7	47	0,5	0,2
<i>Acer campestre</i> (B)	3	21	1,4	1,1	2	14	1,3	1,1	2	13	1,2	1
<i>Sorbus aucuparia</i>	3	21	0,1	0	5	36	0,1	0,1	2	13	0,1	0
<i>Melica nutans</i>	3	21	0,4	0,2	1	7	0,2	0,2	1	7	+	+
<i>Cornus sanguinea</i> (S)	3	21	3	2,7	4	29	1,2	1,1	1	7	+	+
<i>Brachypodium pinnatum</i>	3											

Schmidt & Heinrichs: Flora und Vegetation der Lengder Burg im Göttinger Wald

**Anhang E2b.** Vorkommen (n), Stetigkeiten (S in %) und mittlere Deckungsgrade (mD° in %) mit Standardfehler (SF) aller Arten in den Quasi-Dauerflächen des *Carici-Fagetum typicum* (*CF typicum*) und des *Hordeleyo-Fagetum lathyretosum*, *Allium*-Variante (*HF Allium*) aufgenommen zwischen 1955 und 1995 und wiederholt zwischen 2009 und 2016. Die Arten sind geordnet nach signifikanten Änderungen im Deckungsgrad (signifikant höhere Werte sind fett) und Stetigkeitsveränderungen > 20 % zwischen den Aufnahmejahren. Neue oder verschwundene Arten wurden berücksichtigt, wenn sie in mindestens 2 Flächen neu auftraten bzw. aus diesen verschwunden waren. mD° < 0,05 % = + (ohne SF), B = Baumschicht, S = Strauchschicht, M = Mooschicht.

**Supplement E2b.** Number of occurrences (n), constancies (S in %) and mean cover values (mD° in %) with standard error (SF) of all species in quasi-permanent plots of the *Carici-Fagetum typicum* (*CF typicum*) and *Hordeleyo-Fagetum lathyretosum*, *Allium*-Variant (*HF Allium*) surveyed between 1950 and 1995 and re-surveyed between 2009 and 2016. Species are arranged according to significant changes in cover (significant higher values in bold) and constancy changes > 20 % between observations. New or lost species were regarded, when they newly appeared in at least 2 plots or were lost from 2 plots. mD° < 0.05 % = + (without SF), B = tree layer, S = shrub layer, M = moss layer.

	<i>Carici-Fagetum typicum</i> (n = 7)								<i>Hordeleyo-Fagetum lathyretosum, Allium</i> -Var. (n = 9)							
	1955-95				2009-2016				1955-1988				2009-2016			
	n	S	mD°	SF	n	S	mD°	SF	n	S	mD°	SF	n	S	mD°	SF
<b>Arten mit sign. Veränderungen</b>																
<b>Zunahme in beiden Gesellschaften</b>																
<i>Fraxinus excelsior</i>	7	100	1,1	0,4	7	100	<b>9,4</b>	2,7	7	78	1,5	0,4	9	100	<b>10,8</b>	2,1
<i>Fagus sylvatica</i>	5	71	0,9	0,4	7	100	<b>9,6</b>	2,5	1	11	0,1	0,1	9	100	<b>3,2</b>	1,5
<b>Zunahme im HF Allium</b>																
<i>Fagus sylvatica</i> (B)	7	100	76,8	7,4	7	100	76,8	7,4	9	100	38,3	6,9	9	100	<b>54,2</b>	5,9
<i>Allium ursinum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	7	78	48,6	10,1	9	100	<b>78,1</b>	9,4
<i>Polygonatum multiflorum</i>	1	14	0,1	0,1	.	.	.	.	1	11	0,1	0,1	7	78	<b>1,2</b>	0,4
<i>Impatiens parviflora</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	67	<b>1</b>	0,4
<b>Abnahme im CF typicum</b>																
<i>Hieracium murorum</i>	7	100	<b>3,7</b>	1,9	4	57	0,3	0,1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Solidago virgaurea</i>	7	100	<b>1,9</b>	0,4	2	29	0,1	0,1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Phyteuma spicatum</i>	5	71	<b>0,3</b>	0,1	2	29	+	.	1	11	0,1	0,1	.	.	.	.
<b>Abnahme im HF Allium</b>																
<i>Arum maculatum</i>	.	.	.	.	1	14	+	.	9	100	<b>5,3</b>	1,8	7	78	0,6	0,2
<i>Ranunculus auricomus</i> agg.	.	.	.	.	.	.	.	.	8	89	<b>2,7</b>	1,6	1	11	0,1	0,1
<b>Stetigkeitsveränderungen</b>																
<b>Zunahme in beiden Gesellschaften</b>																
<i>Fagus sylvatica</i> (S)	4	57	3,2	2	7	100	11,1	2,5	.	.	.	.	5	56	7,8	6,8
<i>Galium odoratum</i>	4	57	1,4	0,5	6	86	7,2	2,8	7	78	1,7	0,4	9	100	6,4	2,2
<i>Fraxinus excelsior</i> (B)	2	29	0,7	0,5	4	57	5	2,6	7	78	16,7	4,5	9	100	17,5	2,5
<b>gegensätzliche Entwicklung</b>																
<i>Tilia platyphyllos</i>	2	29	0,1	0,1	.	.	.	.	.	.	.	.	5	56	0,5	0,3
<b>Neu oder Zunahme im CF typicum</b>																
<i>Daphne mezereum</i>	5	71	0,9	0,4	7	100	0,3	0,1	1	11	0,1	0,1	.	.	.	.
<i>Crataegus laevigata</i>	4	57	0,2	0,1	6	86	0,3	0,1	.	.	.	.	1	11	0,1	0,1
<i>Ctenidium molluscum</i> (M)	4	57	0,5	0,3	6	86	1,3	0,4	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cornus mas</i> (S)	3	43	4,6	2,7	6	86	1,9	0,4	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sorbus aucuparia</i>	3	43	0,2	0,1	5	71	0,2	0,1	1	11	0,1	0,1	.	.	.	.
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	2	29	0,1	0,1	4	57	0,5	0,3	1	11	+	.	1	11	0,1	0,1
<i>Lonicera xylosteum</i>	2	29	0,1	0,1	5	71	0,9	0,4	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Daphne mezereum</i> (S)	.	.	.	.	2	29	0,1	0,1	.	.	.	.	1	11	0,3	0,3
<i>Neottia nidus-avis</i>	.	.	.	.	3	43	0,1	0,1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Quercus petraea</i>	.	.	.	.	3	43	0,1	0,1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rosa corymbifera</i>	.	.	.	.	2	29	0,1	0,1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Dicranella heteromalla</i> (M)	.	.	.	.	2	29	0,1	0,1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hymnum cupressiforme</i> (M)	.	.	.	.	2	29	0,1	0,1	.	.	.	.	.	.	.	.
<b>Neu oder Zunahme im HF Allium</b>																
<i>Lamium galeobdolon</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	5	56	2,8	1,6	7	78	5,7	2,4
<i>Gagea lutea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	4	44	0,4	0,3	6	67	0,8	0,3
<i>Hordeleymus europaeus</i>	1	14	0,1	0,1	2	29	+	.	4	44	0,7	0,4	7	78	1,3	0,4
<i>Ulmus glabra</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	3	33	0,2	0,1	5	56	0,9	0,4
<i>Fraxinus excelsior</i> (S)	2	29	0,1	0,1	1	14	0,1	0,1	.	.	.	.	3	33	0,4	0,3
<i>Aegopodium podagraria</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	22	1,7	1,7
<i>Galium aparine</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	33	0,8	0,4
<i>Geranium robertianum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	44	0,9	0,4
<i>Prunus avium</i>	3	43	0,1	0,1	3	43	0,2	0,1	.	.	.	.	2	22	0,1	0,1
<b>Verschwunden oder Abnahme im CF typicum</b>																
<i>Galium sylvaticum</i>	6	86	1	0,4	3	43	0,5	0,3	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Tanacetum corymbosum</i>	6	86	1,3	0,4	2	29	0,1	0,1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Taraxacum sect. Ruderalia</i>	5	71	0,6	0,3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Aquilegia vulgaris</i>	5	71	0,6	0,3	1	14	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fragaria vesca</i>	5	71	0,9	0,4	1	14	0,1	0,1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Mycelis muralis</i>	4	57	1,1	0,5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Epipactis atrorubens</i>	4	57	0,3	0,1	1	14	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fissidens taxifolius</i> (M)	3	43	0,2	0,1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Campanula trachelium</i>	3	43	0,8	0,4	1	14	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Melica nutans</i>	3	43	0,8	0,4	1	14	0,4	0,4	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Tortella tortuosa</i> (M)	3	43	0,2	0,1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Acer campestre</i> (S)	2	29	0,1	0,1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Viburnum opulus</i> (S)	2	29	0,1	0,1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Brachypodium pinnatum</i>	2	29	0,1	0,1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Bromus benekenii</i>	2	29	0,1	0,1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Pimpinella major</i>	2	29	0,4	0,4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<b>Verschwunden oder Abnahme im HF Allium</b>																
<i>Anemone nemorosa</i>	6	86	1,3	0,4	6	86	1,6	0,4	9	100	6,4	2,2	4	44	3,4	2,2
<i>Hepatica nobilis</i>	7	100	1,4	0,4	6	86	1,9	0,4	8	89	2,9	1,6	5	56	0,5	0,3
<i>Primula elatior</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	4	44	0,4	0,3	2	22	0,1	0,1
<i>Vicia sepium</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	3	33	0,6	0,4	.	.	.	.
<i>Heracleum sphondylium</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	2	22	0,1	0,1	.	.	.	.
<b>weitere Arten</b>																
<i>Acer platanoides</i>	7	100	0,8	0,3	7	100	1,4	0,4	8	89	2,7	1,6	9	100	2,1	0,3
<i>Hedera helix</i>	7	100	1,1	0,4	7	100	2,2	0,3	2	22	0,1	0,1	2	22	0,6	0,4
<i>Carex digitata</i>	7	100	1,9	0,4	7	100	3,1	2	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Convallaria majalis</i>	7	100	9,6	2,5	7	100	11,4	2,3	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Acer pseudoplatanus</i>	6	86	1,6	0,4	7	100	1,6	0,4	8	89	0,9	0,3	9	100	2,6	1,6
<i>Mercurialis perennis</i>	6	86	1,9	0,4	7	100	2,2	0,3	8	89	41,1	11,7	9	100	22,5	3,8
<i>Primula veris</i>	6	86	3,6	1,9	5	71	1,5	0,5	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Vincetoxicum hirundinaria</i>	6	86	14,3	4,6	6	86	7,1	5,1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lilium martagon</i>	5	71	0,6	0,3	5	71	0,9	0,4	3	33	0,4	0,3	3	33	0,3	0,3
<i>Acer campestre</i>	4	57	0,2	0,1	3	43	0,4	0,4	2	22	0,1	0,1	2	22	0,1	0,1
<i>Lonicera xylosteum</i> (S)	4	57	0,9	0,4	3	43	0,2	0,1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Campanula rapunculoides</i>	4	57	0,6	0,3	3	43	0,2	0,1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Melica uniflora</i>	3	43	0,2	0,1	2	29	0,1	0,1	6	67	6,5	4,2	6	67	4,2	2,1
<i>Euphorbia amygdaloides</i>	3	43	0,5	0,3	2	29	0,1	0,1	2	22	0,1	0,1	2	22	0,3	0,3
<i>Crataegus laevigata</i> (S)	3	43	1,1	0,5	4	57	0,3	0,1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rosa canina</i>	3	43	0,2	0,1	2	29	+	.	.	.	.	.	1	11	+	.
<i>Sorbus torminalis</i>	3	43	0,2	0,1	3	43	0,2	0,1	.	.	.	.	1	11	+	.
<i>Viburnum opulus</i>	3	43	0,2	0,1	4	57	0,5	0,3	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Asarum europaeum</i>	2	29	0,1	0,1	3	43	0,5	0,3	8	89	3,4	1,5	7	78	1,7	0,4
<i>Viola reichenbachiana</i>	2	29	0,1	0,1	3	43	0,7	0,5	3	33	0,6	0,4	3	33	0,2	0,1
<i>Acer campestre</i> (B)	2	29	2,5	2,1	1	14	0,4	0,4	1	11	0,3	0,3	2	22	0,6	0,4
<i>Acer pseudoplatanus</i> (B)	2	29	0,7	0,5	2	29	4,3	2,8	.	.	.	.	1	11	1,7	1,7
<i>Sorbus torminalis</i> (B)	2	29	2,5	2,1	2	29	4,3	2,8	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cornus mas</i>	2	29	0,1	0,1	2	29	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cornus sanguinea</i>	2	29	0,1	0,1	3	43	0,2	0,1	.	.	.					

## Schmidt &amp; Heinrichs: Flora und Vegetation der Lengder Burg im Göttinger Wald

**Anhang E3.** Florenliste der Lengder Burg im Jahr 2016, getrennt nach den Unterabteilungen 2a-d. Für das Gesamtgebiet erfolgte eine Vergabe von Häufigkeitsklassen (HK) nach Stroh & Conrad (2005): 1: bis 25 Exemplare, 2: 25 bis 100 Exemplare, 3: 100-1.000 Exemplare, 4: 1.000-10.000 Exemplare, 5: > 10.000 Exemplare.

**Supplement E3.** Floristic list of the Lengder Burg from 2016 for the forest sub-units 2a-d and for the total area. For the total area species were assigned to frequency classes (HK) according to Stroh & Conrad (2005): 1: up to 25 specimen, 2: 25-100 specimen, 3: 100-1.000 specimen, 4: 1.000-10.000 specimen, 5: > 10.000 specimen.

Unterabteilung Flächengröße Größe [ha]	2a 15,6	2b 9,4	2c 15,9	2d 6,8	Σ 47,7
Art	HK				
<i>Acer campestre</i>	x	x	x	x	4
<i>Acer platanoides</i>	x	x	x	x	5
<i>Acer pseudoplatanus</i>	x	x	x	x	5
<i>Achillea millefolium</i>	x	.	.	.	2
<i>Aconitum lycoctonum</i>	x	.	x	.	4
<i>Actaea spicata</i>	x	x	x	x	3
<i>Aegopodium podagraria</i>	x	x	x	x	5
<i>Aethusa cynapium</i> ssp. <i>elata</i>	.	.	x	.	1
<i>Agrimonia eupatoria</i>	x	x	.	x	3
<i>Agrostis stolonifera</i>	x	x	x	x	4
<i>Ajuga reptans</i>	.	x	x	.	3
<i>Alliaria petiolata</i>	x	x	x	x	5
<i>Allium ursinum</i>	x	x	x	x	5
<i>Anemone nemorosa</i>	x	x	x	x	5
<i>Anemone ranunculoides</i>	x	x	x	x	5
<i>Angelica sylvestris</i>	.	x	.	.	2
<i>Anthericum liliago</i>	.	.	.	x	4
<i>Aquilegia vulgaris</i>	x	x	x	x	4
<i>Arabis hirsuta</i> agg.	.	.	.	x	2
<i>Arctium nemorosum</i>	x	x	x	x	4
<i>Artemisia vulgaris</i>	x	x	.	.	3
<i>Arum maculatum</i>	x	x	x	x	5
<i>Asarum europaeum</i>	x	x	x	x	5
<i>Athyrium filix-femina</i>	.	x	x	.	2
<i>Atropa bella-donna</i>	x	x	x	.	3
<i>Betula pendula</i>	.	.	.	.	1
<i>Brachypodium pinnatum</i>	.	.	.	x	5
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	x	x	x	x	5
<i>Bromus benekenii</i>	x	x	x	x	3
<i>Bromus ramosus</i>	x	x	.	.	3
<i>Calamagrostis epigejos</i>	x	x	.	.	4
<i>Calamagrostis varia</i>	.	.	.	x	1
<i>Calystegia sepium</i>	x	x	.	.	3
<i>Campanula persicifolia</i>	.	.	.	x	2
<i>Campanula rapunculoides</i>	x	x	x	x	5
<i>Campanula trachelium</i>	x	x	x	x	5
<i>Cardamine bulbifera</i>	x	.	x	.	2
<i>Cardamine flexuosa</i>	.	.	x	.	2
<i>Cardamine impatiens</i>	.	.	x	.	2
<i>Carex digitata</i>	x	x	x	x	5
<i>Carex flacca</i>	x	x	.	x	5
<i>Carex humilis</i>	.	.	.	x	4
<i>Carex montana</i>	.	.	.	x	1
<i>Carex pairae</i>	x	x	x	x	5
<i>Carex pendula</i>	.	x	.	.	1
<i>Carex remota</i>	.	x	x	.	5
<i>Carex sylvatica</i>	x	x	x	x	5
<i>Carpinus betulus</i>	x	x	x	x	4
<i>Cephalanthera damasonium</i>	.	.	.	x	3
<i>Cephalanthera longifolia</i>	.	.	.	x	1
<i>Cerastium holosteoides</i>	.	.	x	.	1
<i>Chaerophyllum temulum</i>	x	.	x	x	4
<i>Chelidonium majus</i>	x	.	.	.	1
<i>Circaea lutetiana</i>	x	x	x	x	5
<i>Cirsium arvense</i>	x	x	.	.	2
<i>Cirsium oleraceum</i>	.	x	.	.	2
<i>Cirsium vulgare</i>	x	x	.	x	3
<i>Clematis vitalba</i>	x	x	.	x	5
<i>Convallaria majalis</i>	x	x	x	x	5
<i>Convolvulus arvensis</i>	.	.	.	x	1
<i>Cornus mas</i>	.	.	.	x	3
<i>Cornus sanguinea</i>	x	x	.	x	5
<i>Corydalis cava</i>	x	.	x	x	5
<i>Corylus avellana</i>	x	x	.	x	3
<i>Cotoneaster divaricatus</i>	.	x	.	x	1
<i>Crataegus laevigata</i>	x	x	x	x	5
<i>Crataegus monogyna</i>	.	.	.	x	1
<i>Crepis biennis</i>	x	x	.	.	3
<i>Dactylis glomerata</i>	x	x	.	.	2
<i>Dactylis polygama</i>	x	x	x	x	5
<i>Daphne mezereum</i>	x	x	x	x	4
<i>Daucus carota</i>	x	.	.	.	1
<i>Deschampsia cespitosa</i>	x	x	x	x	4
<i>Dipsacus pilosus</i>	.	x	.	.	2
<i>Dryopteris carthusiana</i>	.	x	x	.	2
<i>Dryopteris dilatata</i>	.	x	x	.	3
<i>Dryopteris filix-mas</i>	.	x	x	.	3
<i>Epilobium angustifolium</i>	x	.	x	.	3
<i>Epilobium ciliatum</i>	x	x	x	.	3
<i>Epilobium hirsutum</i>	x	.	.	.	1
<i>Epilobium montanum</i>	x	x	x	.	4
<i>Epilobium parviflorum</i>	x	x	.	.	1
<i>Epilobium tetragonum</i> ssp. <i>lamyi</i>	x	.	.	.	2
<i>Epipactis atrorubens</i>	.	.	.	x	3
<i>Epipactis helleborine</i>	x	.	.	x	3
<i>Epipactis microphylla</i>	.	.	.	x	1
<i>Equisetum arvense</i>	.	x	.	.	3
<i>Euonymus europaea</i>	x	x	.	x	2
<i>Eupatorium cannabinum</i>	.	.	.	.	2
<i>Euphorbia amygdaloides</i>	x	x	x	x	5
<i>Fagus sylvatica</i>	x	x	x	x	5
<i>Festuca gigantea</i>	x	x	x	.	4
<i>Fragaria vesca</i>	x	x	x	x	5
<i>Fragaria viridis</i>	.	x	.	.	3
<i>Fraxinus excelsior</i>	x	x	x	x	5
<i>Gagea lutea</i>	x	.	x	x	4
<i>Galanthus nivalis</i>	x	.	.	x	2
<i>Galium album</i>	x	x	.	x	2
<i>Galium aparine</i>	x	x	x	.	4
<i>Galium odoratum</i>	x	x	x	x	5
<i>Galium sylvaticum</i>	x	x	x	x	5
<i>Geranium pratense</i>	x	.	.	.	1
<i>Geranium robertianum</i>	x	x	x	.	4
<i>Geum urbanum</i>	x	x	x	.	4
<i>Glechoma hederacea</i>	.	x	.	.	2
<i>Hedera helix</i>	x	x	x	x	5
<i>Hepatica nobilis</i>	x	x	x	x	5
<i>Heracleum sphondylium</i>	.	x	x	x	3
<i>Hieracium murorum</i>	x	.	.	x	4
<i>Hippocrepis comosa</i>	.	.	.	x	3
<i>Hordelymus europaeus</i>	x	x	x	x	5
<i>Hypericum hirsutum</i>	x	x	x	.	4
<i>Hypericum perforatum</i>	x	x	x	x	4
<i>Impatiens noli-tangere</i>	x	x	x	.	5
<i>Impatiens parviflora</i>	x	x	x	x	5
<i>Inula conyzae</i>	.	.	.	x	1
<i>Juglans regia</i>	.	.	.	.	1
<i>Juncus articulatus</i>	.	x	.	.	1
<i>Juncus effusus</i>	x	.	.	.	2
<i>Juncus tenuis</i>	x	.	.	.	1
<i>Lamium galeobdolon</i>	x	x	x	x	5
<i>Lamium maculatum</i>	.	.	x	.	2
<i>Lapsana communis</i>	.	x	x	.	2
<i>Larix decidua</i>	x	x	.	x	3
<i>Lathyrus vernus</i>	x	x	x	x	5
<i>Leontodon autumnalis</i>	x	.	.	.	2
<i>Leonurus cardiaca</i> ssp. <i>villosus</i>	.	x	.	.	1
<i>Leucium vernum</i>	x	.	x	x	5
<i>Lilium martagon</i>	x	x	x	x	4
<i>Linum catharticum</i>	.	x	.	.	1
<i>Lithospermum purpureoaeeruleum</i>	.	.	.	x	3
<i>Lonicera xylosteum</i>	x	x	x	x	4
<i>Lotus corniculatus</i>	x	x	.	.	3
<i>Medicago lupulina</i>	x	.	x	x	3
<i>Melica nutans</i>	.	.	.	x	3
<i>Melica uniflora</i>	x	x	x	x	5
<i>Mercurialis perennis</i>	x	x	x	x	5
<i>Milium effusum</i>	.	.	x	.	1
<i>Moehringia trinervia</i>	x	.	x	.	3
<i>Mycelis muralis</i>	x	x	x	x	4
<i>Neottia nidus-avis</i>	.	.	x	x	2
<i>Oxalis acetosella</i>	.	x	x	.	4
<i>Paris quadrifolia</i>	.	.	x	.	1
<i>Peucedanum cervaria</i>	.	.	.	x	3
<i>Phyteuma spicatum</i>	x	x	x	x	5
<i>Picea abies</i>	.	x	.	x	2
<i>Pimpinella major</i>	x	.	.	x	2
<i>Pimpinella saxifraga</i>	.	.	.	x	1
<i>Pinus nigra</i>	.	.	.	x	3
<i>Pinus sylvestris</i>	.	.	.	x	1
<i>Plantago lanceolata</i>	x	x	.	.	2
<i>Plantago major</i>	.	.	x	.	5
<i>Poa angustifolia</i>	.	.	.	x	1
<i>Poa annua</i>	x	x	x	x	3
<i>Poa compressa</i>	x	.	.	.	4
<i>Poa nemoralis</i>	.	.	x	.	2
<i>Poa pratensis</i>	.	.	x	.	2
<i>Poa trivialis</i>	x	x	x	.	5
<i>Polygonatum multiflorum</i>	x	x	x	x	5
<i>Polygonatum odoratum</i>	.	.	.	.	3
<i>Polygonatum verticillatum</i>	x	.	x	.	3
<i>Populus tremula</i>	x	.	.	.	2
<i>Populus x canadensis</i>	x	.	.	.	1
<i>Potentilla anserina</i>	.	x	.	.	1
<i>Potentilla reptans</i>	.	x	.	.	3
<i>Primula elatior</i>	x	x	x	x	5
<i>Primula veris</i>	x	x	.	x	5
<i>Prunella vulgaris</i>	x	x	x	x	5
<i>Prunus avium</i>	x	x	x	x	5
<i>Prunus laurocerasus</i>	.	x	.	.	1
<i>Prunus spinosa</i>	.	x	.	x	2
<i>Pulmonaria officinalis</i>	x	x	.	.	4
<i>Quercus petraea</i>	.	.	x	x	3
<i>Quercus robur</i>	x	x	x	x	3
<i>Ranunculus auricomus</i> agg.	x	x	x	.	4
<i>Ranunculus ficaria</i>	x	x	x	.	5
<i>Ranunculus lanuginosus</i>	.	x	x	.	2
<i>Ranunculus repens</i>	x	x	x	.	4
<i>Rhamnus cathartica</i>	x	x	.	x	3
<i>Ribes uva-crispa</i>	.	x	.	.	1
<i>Rosa canina</i>	x	x	x	x	5
<i>Rosa corymbifera</i>	x	x	x	x	3
<i>Rosa rubiginosa</i>	.	.	.	x	1
<i>Rubus caesius</i>	x	.	.	.	2
<i>Rubus corylifolius</i> agg.	x	x	x	x	4
<i>Rubus fruticosus</i> agg.	x	x	.	x	4
<i>Rubus idaeus</i>	x	x	x	x	4
<i>Rubus saxifolius</i>	x	x	x	.	3
<i>Rumex sanguineus</i>	x	x	x	.	5
<i>Salix caprea</i>	x	x	x	.	3
<i>Sambucus nigra</i>	x	x	x	.	4
<i>Sambucus racemosa</i>	x	x	.	.	2
<i>Sanicula europaea</i>	.	.	.	x	2
<i>Scabiosa columbaria</i>	x	.	.	.	1
<i>Scrophularia nodosa</i>	x	x	x	.	4
<i>Senecio ovatus</i>	x	x	x	x	3
<i>Silene nutans</i>	.	.	.	x	1
<i>Solidago virgaurea</i>	.	x	.	x	4
<i>Sorbus aucuparia</i>	x	x	x	x	3
<i>Sorbus torminalis</i>	x	x	x	x	4
<i>Stachys sylvatica</i>	x	x	x	x	5
<i>Stellaria holostea</i>	x	.	x	.	3
<i>Stellaria media</i>	x	.	x	.	2
<i>Tanacetum corymbosum</i>	x	.	.	x	4
<i>Tanacetum vulgare</i>	x	.	.	.	2
<i>Taraxacum</i> sect. <i>Ruderalia</i>	x	x	x	x	5
<i>Tilia platyphyllos</i>	x	x	.	x	4
<i>Torilis japonica</i>	x	x	.	.	3
<i>Trifolium pratense</i>	.	x	.	.	2
<i>Trifolium repens</i>	x	.	.	.	1
<i>Tussilago farfara</i>	.	.	x	.	1
<i>Ulmus glabra</i>	x	x	x	x	5
<i>Urtica dioica</i>	x	x	x	.	4
<i>Valeriana officinalis</i> agg.	x	x	.	.	2
<i>Verbascum nigrum</i>	x	.	.	.	1
<i>Verbascum thapsus</i>	x	.	.	.	1
<i>Verbena officinalis</i>	x	x	.	.	3
<i>Veronica beccabunga</i>	.	x	x	.	2
<i>Veronica chamaedrys</i>	.	x	.	.	3
<i>Veronica montana</i>	x	x	x	.	5
<i>Viburnum opulus</i>	x	x	.	x	3
<i>Viburnum rhytidophyllum</i>	.	x	.	.	1
<i>Vicia dumetorum</i>	x	.	x	.	2
<i>Vicia sepium</i>	x	x	x	x	5
<i>Vincetoxicum hirundinaria</i>	x	x	x	x	5
<i>Viola hirta</i>	.	.	.	x	2
<i>Viola mirabilis</i>	.	.	.	x	2
<i>Viola reichenbachiana</i>	x	x	x	x	5
<b>Gesamtartenzahl</b>	<b>153</b>	<b>154</b>	<b>125</b>	<b>127</b>	<b>228</b>