

A Praktikum I – Allometrie

A.1 Einleitung

In einer allometrischen Untersuchung versuchen wir, eine Beziehung zwischen der Grösse eines Körpers und einer beliebigen biologischen Grösse zu finden. Dabei unterscheiden wir grundsätzlich zwischen den Beobachtungen Allometrie – die Proportionen ändern mit der Körpergrösse – und Isometrie wenn sich die Proportionen nicht mit der Körpergrösse ändern und untersuchen diese Beziehung an Bäumen im Irchel Wald, wo wir auch den Kohlenstoffanteil je Fläche ermitteln wollen.

A.2 Methoden

Zur Untersuchung vermessen wir auf einer vorgegebenen Fläche (zufällig gewählt aber repräsentativ für den Wald) Höhe (mit einem Hypsometer) und Stammumfang Bäume verschiedener Arten – insbesondere des *Fagus sylvatica*. Wir ermitteln den totalen Kohlenstoffgehalt unserer Fläche approximativ mit der Formel (Formfaktor, Holzdichte und C-Gehalt gegeben) (I) $C\text{-Menge} = \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot \pi \cdot h \cdot \text{Formfaktor} \cdot \text{Holzdichte} \cdot \text{C-Gehalt}$ und bestimmen den Allometriefaktor α (bzw. allfällige Isometrie wenn $\alpha = 1$) für die Beziehung Höhe \sim Durchmesser der Art *Fagus sylvatica* mit der Formel (II) $y = \beta \cdot x^\alpha$ bzw. einer linearen Regression der doppelt logarithmierten vorherigen Formel (III) $\ln(y) = \ln(\beta) + \alpha \cdot \ln(x)$ und bedienen uns dabei zusätzlicher Daten letzterer Jahre.

A.3 Resultate

Wir konnten für unsere vermessene Fläche einen Kohlenstoffgehalt von total 123'047.0 kgC \cdot kg⁻¹ \cdot ha⁻¹ ermitteln mit einem Standardfehler von 117'266 kgC \cdot kg⁻¹ \cdot ha⁻¹ und einer Baumdichte von 530 stems \cdot ha⁻¹. Wir konnten mit linearer Regressionen einen negativ allometrischen Faktor ($N = 227$) $\alpha = 0.68$ ermitteln mit $R^2 = 0.83$ (Add. i, Abb. 1). Der allometrische Faktor für nur unsere Werte ($N = 9$) beträgt 0.86.

A.4 Diskussion

Für die Kohlenstoffgehaltbestimmung wurde eine grosszügige Approximation vorgenommen, um nicht alle Baumarten einzeln behandeln zu müssen. Zusätzlich sind in den ermittelten Daten sicher Messfehler aufgrund fehlender Zeit und Erfahrung vorhanden, so erwies sich das Abmessen der Baumhöhe bei schief stehenden Bäumen als problematisch. Eine Isometrie liegt bei *Fagus sylvatica* eindeutig nicht vor, die Höhe nimmt zunehmend überproportional zum Stammdurchmesser zu. Der Kohlenstoffgehalt weicht deutlich vom Schweizer Durchschnitt (200'000 kgC \cdot kg⁻¹ \cdot ha⁻¹) ab, was wohl an den einseitig ausgewählten Messflächen liegt. In der Untersuchung des Allometriefaktors weicht unser Ergebnis nicht stark von letzteren Jahren ab, auf eine komplexe Allometrie wurde nicht getestet.

B Praktikum II – Vegetationsanalyse

B.1 Einleitung

In der Ökologie spielt die Artendiversität auf einer bestimmten Fläche eine bedeutende Rolle. Mit Vegetationsanalysen können wir quantifizieren, wie sich die Zusammensetzung einer Fläche in Bezug auf ihre Arten verhält. Eine solche Untersuchung kann lateral oder vertikal erfolgen und wichtige Hinweise auf Dominanz oder Gleichverteilung von Arten und Vegetationsmustern liefern.

B.2 Methoden

Wir betrachten auf dem Irchel-Campus ($47^{\circ}23'52''\text{N}, 8^{\circ}32'44''\text{E}$) drei aneinanderliegende Flächen (je $2 \times 2 \text{ m}$), verschieden behandelt, ($i = 1$ Schnitt Mai und August, $i = 2$ Düngung April mit 54 kg N/ha Schnitt wie 1, $i = 3$ Schnitt August) in denen wir jeweils in einem $1 \times 1 \text{ m}$ Quadrat für $25 \times 0.1 \times 0.1 \text{ m}$ Teilquadrate Daten über Auftreten von Fauna jeder gefundenen Art sammeln. Wir wollen für jede der i Flächen die relative Abundanz p_j jeder Art j , den Shannon index $H'_i = -\sum_{j=1}^R p_j \ln p_j$ ($R =$ Richness totale Anzahl Arte) als Mass für die Diversität und die Artverteilung (Evenness) $E_i = \frac{H'_i}{H'_{i,\max}}$ ($H'_{i,\max} = R_i$) berechnen und graphisch darstellen. Wir verwenden Daten vom 09.01.2011.

B.3 Resultate

Wir erhalten für die drei Flächen die Shannon Indices $H'_1 = 2.51$, $H'_2 = 2.74$ und $H'_3 = 2.38$, die Evenness' $E_1 = 0.14$, $E_2 = 0.13$ und $E_3 = 0.15$, relative Abundancen (Add. ii, Tab. 1-3) und entsprechende Graphiken (Add. ii, Abb. 1-2).

B.4 Diskussion

Shannon Indices und die Evenness' sind für alle drei Flächen ähnlich. Aus dem kleinen Evenness Wert können wir schliessen, dass einige Arten die Fläche dominieren (Add. ii, Tab. 4). Die zweitdominanteste Art *Ranunculus acris* kommt auf allen Flächen vor, die dominanteste Art *Carex caryophylla* kommt aber nur auf der dritten Fläche vor. Hingegen wächst die drittdominanteste *Alopecurus pratensis* nicht auf der gedüngten Fläche. Für eine gute Interpretation dieser Resultate wären mehr Messungen und bessere Tests notwendig.

C Praktikum III – Pflanzliche Sekundärstoffe

C.1 Einleitung

Wir wollen den Biosyntheseweg von Proanthocyanidinen, einer pflanzeigenen Schutzsubstanz, in *Arabidopsis thaliana* nachvollziehen mit Hilfe eines Wildtyp(Col-0)-Exemplars und dreier Mutanten (*tt4*, *tt7*, *tds4*), die im Syntheseweg eine bedeutende Rolle spielen. Diese deutlich rot erkennbaren Schutzstoffe werden in der Pflanze unter Stresssituationen in grossen Mengen gebildet.

C.2 Methoden

Wir betrachten Arabidopsis Wildtyp und oben genannten Mutanten jeweils unbehandelt und nach einstündiger Inkubation der Samen in je 0.4 ml einer Vanillin-Lösung und notieren den Farbeindruck (Addendum iii, Tab. 1). Wir gehen davon aus, dass in saurer Lösung das aromatische Aldehyd Vanillin mit dem substituierten Flavanol-Ring der Proanthocyanidine eine Verbindung eingeht, die Licht absorbiert und rot erscheint (Add. iii, Abb. 1).

Ausserdem betrachten wir Keimling von Arabidopsis Col-0 und den vier Mutanten, die auf einem Agarmedium aufgezogen wurden, welches 5% Saccharose enthält, und deshalb bei Arabidopsis eine Stressreaktion auslöst. Auch hier notieren wir uns für jeden Mutant und Col-0 den Farbeindruck (Add. iii, Tab. 1).

C.3 Resultate

Bei der Vanillinreaktion konnten wir unter dem Binokular beim Wildtyp eine starke und bei der Mutante *tds4* eine weniger starke Rotfärbung sehen, bei den anderen zwei Mutanten keine. Bei den Keimlingen auf Saccharose-Agar zeigte sich, dass Col-0 und die Mutante *tds4* eine rote Farbe hatten. Die Mutanten *tt4* und *tt7* waren aber, wie ursprünglich, gelb.

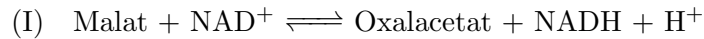
C.4 Diskussion

Die Interpretation der Resultate legt nahe, dass die Mutanten *tt4* und *tt7* im Anthocyanidinsyntheseweg sehr früh eine Rolle spielen und komplett blockieren (keine Produkte), während *tds4* möglicherweise spät wirkt (Produkte/Vorprodukte in geringen Mengen vorhanden). Dies entspricht auch tatsächlich dem Stand der Forschung des Syntheseweges (Add. iii, Abb. 2). Die Vanillinreaktion liefert unter Umständen keine komplette Rotfärbung, weil das Vanillin nicht immer vollständig eine Verbindung eingeht.

D Praktikum IV – Abiotischer Stress

D.1 Einleitung

Bestimmte Schwermetall, bzw. ihre Kationen, können ab einer Schwellenkonzentration bei Pflanzen als abiotische Stressfaktoren wirken und die Entwicklung und dem Dasein einer Pflanze schaden, wobei die Schwermetallkationen Pflanzenproteine, also die ordentliche Enzymaktivität, negativ beeinflussen. In diesem Sinne können Schwermetallkationen an Carboxyl- oder Sulfhydrylgruppen der Proteine binden, was zu Strukturveränderungen, Blockierung aktiver Zentren oder Verdrängung obligater metallischer Cofaktoren bei Metalloenzymen führt. Wir betrachten die Wirkung von Schwermetallen auf das Enzym L-Malat-Dehydrogenase (MDH), das in einer reversiblen Reaktion Malat mit Hilfe von NAD^+ zu Oxalacetat oxidiert, wobei das NAD^+ zu NADH reduziert wird (I) – wir untersuchen die Rückreaktion.



D.2 Methoden

Wir setzen 4 {A...D} Lösungen an aus 1.34 ml MDH-Lösung und 160 μl eines Reagenz, das sei für A H_2O , B CdCl_2 , C CuSO_4 , D CoSO_4 , von der jeweils 90 μl MDH-Lösung und 10 μl Reagenz 5 min auf Eis standen. Wir mischen 4 neue Lösungen aus 1.5 ml der Lösungen {A...D} und je 50 μl Oxalacetat. Für jede der Lösungen starten wir die Reaktion mit Zugabe von 50 μl NADH und messen alle 20 s die Absorption bei 340 nm während drei Minuten (Add. vi, Tab. 1).

D.3 Resultate

Die erhaltenen Werte weisen nicht alle den gleichen Startwert bei und wurden deshalb mathematisch auf den Wert vom Cd-Ansatz (mit dem wir begannen) auf 1 normalisiert. Ausserdem wurde, um die Enzymaktivität darzustellen, die Reziproke des Absorptionswertes berechnet (Add. vi, Tab. 2) und davon ein plot angefertigt (Add. vi, Abb. 1).

D.4 Diskussion

Der Stoff NADH absorbiert bei 260 und 340 nm, NAD^+ nur bei 260, weshalb eine Abnahme der Absorption ein Mass für die Enzymreaktion/Eduktbildung ist, somit also auch ein Indikator für die Enzymaktivität. Während die Ansätze der Kontrolle (H_2O), Cobalt und Cadmium die Enzymaktivität gar nicht oder nur gering beeinflusst, zeigt sich bei dem Ansatz mit Kupferkationen eine deutliche Hemmung des Enzyms. Es kann daraus geschlossen werden, dass das Enzym MDH nicht generelle (unspezifisch) Strukturveränderungen wegen Schwermetallkationen erleidet. Es ist vorstellbar, dass Kupfer sich gegenüber einem ordentlichen Zinkcofactor blockierend durchsetzt.

E Praktikum V – Diversität und Dichte

E.1 Einleitung

Libellen reagieren empfindlich auf Eingriffe in ihren natürlichen Lebensraum – Feuchtgebiete. Daher ist es wichtig, Veränderungen in Libellenpopulationen zu untersuchen. Ergebnisse solcher Untersuchungen können als Indikator für den Gewässerzustand dienen. Durch das Erheben von Daten können viele Aussagen über eine Population gemacht werden, wie z.B. welche Arten wo und wie häufig vorkommen, ob es gewisse lokale Gruppen von Libellenarten gibt oder, ob die Libellen zwischen nahegelegenen Standorten wandern.

E.2 Methoden

An drei Nachmittagen ($j = 1, 2, 3$, erster Tag, Folgetag, eine Woche später) fangen wir an vier verschiedenen Gewässerstandorten am Irchelcampus ($i = 0, 1, 2, 3, 4$ Alle, Irchelnord, Irchelsüd, Tierspital, Seerose) Libellen ein, bestimmen ihre Art und ihr Geschlecht und markieren sie (an jedem Standort und an jedem Nachmittag unterschiedlich) und halten fest, ob die gefangene Libelle bereits markiert ist und wenn ja, wie. Wir berechnen für jeden Standort und für alle Standorte zusammen die Artenvielfalt (Richness, R_i) mit der Anzahl verschiedener gefangener Arten, Shannon-Indizes – ein Mass für Diversität – für jeden Standort und zwischen den verschiedenen Nachmittagen mit $H'_i = -\sum_{o=1}^{R_i} p_o \ln p_o$ (p_o als relative Abundanz einer Art o), bzw. H'_j und ebenso die Artverteilung (Evenness) $E_i = \frac{H'_i}{R_i}$ bzw. E_j . Wir schätzen auch die Populationsgrößen an Nachmittag 2 und 3 für alle Standorte zusammen und einzeln mit $\hat{N}_i = \frac{M_{j-1}s_i}{r_j}$ (M_{j-1} = markiert am $j-1$, r_j = wiedergefangen an j , s_j total eingefangen an j), dessen Standardabweichung $\sigma_i = \sqrt{\frac{M_{j-1}r_j^2(s_j+1)(s_j-r_j)}{(r_j+1)(r_j+2)r_j^2}}$ für ein Konfidenzintervall der Population und berechnen auch eine catchability-rate $C_{j,o} = \frac{r_{j,o}}{M_{j,o}}$ für jede Art an den letzten beiden Nachmittagen. Ausserdem wollen wir mit einem χ^2 -Test mit $\chi^2 = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^r \frac{(B_{jk} - E_{jk})^2}{E_{jk}}$ (B = beobachtete, E = erwartete Werte) untersuchen, wie die Libellen verteilt sind (Add. v Tab. 1).

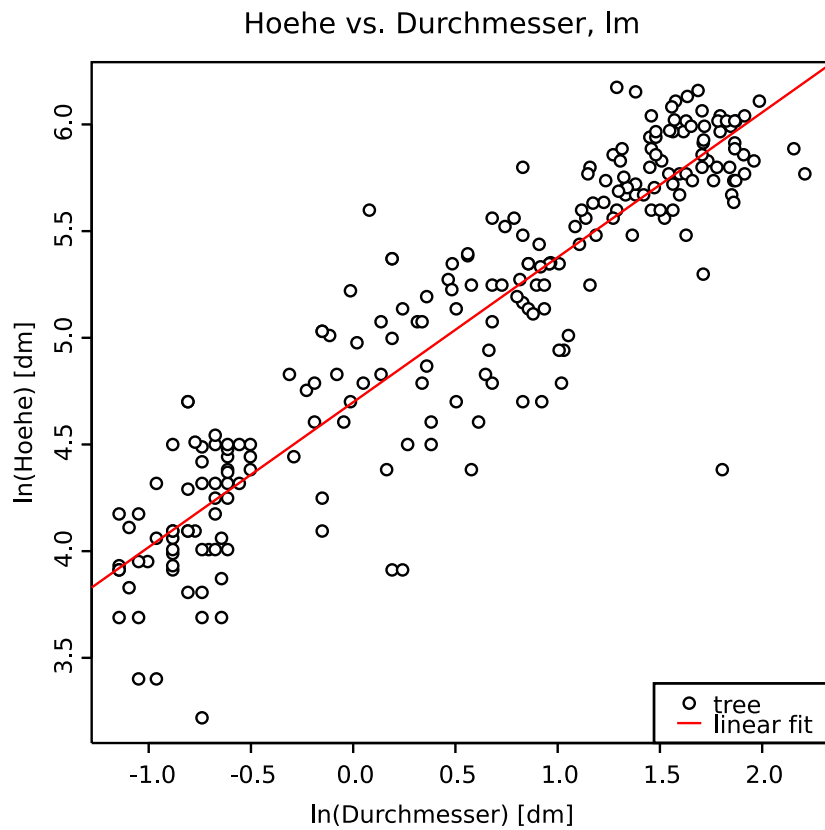
E.3 Resultate

Wir errechnen so eine Richness von 12 für Standort 1, 12 für Stdt. 2, 9 für Stdt. 2 und 3 und insgesamt 15 verschiedene Libellenarten. Für die Shannon-Indizes zwischen den Standorten erhalten wir $H'_1 = 0.91$, $H'_2 = 0.60$, $H'_3 = 0.74$, $H'_4 = 0.61$ und total $H'_0 = 1.81$. Die Shannon-Indexes $H'_{0,j}$ für alle Standorte an den drei Nachmittagen sind $H'_{0,1} = 0.74$, $H'_{0,2} = 1.00$, $H'_{0,3} = 1.01$. Für die Evenness zwischen den Standorten betragen $E_1 = 0.40$, $E_2 = 0.21$, $E_3 = 0.23$, $E_4 = 0.20$ und total $E_0 = 0.41$. Die Evenness $E_{0,j}$ für alle Standorte an den drei Nachmittagen sind $E_{0,1} = 0.21$, $E_{0,2} = 0.20$, $E_{0,3} = 0.27$. Die Schätzung der Populationsgrösse für alle Standorte von Tag 1 auf Tag 2 beträgt $\hat{N}_2 = 2198 \pm 171$, für Tag 2 auf Tag 3 beträgt sie $\hat{N}_3 = 7383 \pm 428$. Die Schätzung der Populationsgrösse für einzelne Standorte von Tag 1 auf Tag 2 $\hat{N}_{2,i}$ beträgt $\hat{N}_{2,1} = 1200 \pm 48$, $\hat{N}_{2,2} = 676 \pm 54$, $\hat{N}_{2,3} = 736 \pm 67$ und $\hat{N}_{2,4} = 382 \pm 45$ und von Tag 2 auf Tag 3 $\hat{N}_{3,i}$ beträgt sie $\hat{N}_{3,1} = 3185 \pm 140$, $\hat{N}_{3,2} = 625 \pm 51$, $\hat{N}_{3,3} = 2170 \pm 160$ und $\hat{N}_{3,4} = 1782 \pm 127$. Nur *Coenagrion puella* hat an zwei Tagen einen catchability-Wert, nämlich $C_2 = 0.076$ und $C_3 = 0.081$, *Ischnura pumilio* hat $C_2 = 0.167$, *Pyrrhosoma nymphula* hat $C_2 = 0.125$ und *Coenagrion hastulatum* $C_3 = 0.34$. Der χ^2 für den Test auf "Libellenarten sind an allen Standorten gleich verteilt" ergab $\chi^2 = 157.6788$, $df = 42$ und für "Jede Libellenart ist gleich verteilt an jedem Standort" $\chi^2 = 11437.466$, $df = 42$. Die formulierten Hypothesen werden abgelehnt ($P < 0.0000005$). Für die Schätzung der Populationsgrösse und den χ^2 -Test wurden nur nichtmarkierte Libellen verwendet (Add. v Tab. 2-4).

E.4 Diskussion

Zur Verteilung der Libellenarten lässt sich sagen, dass die Libellenarten in keinem der betrachteten Standorte, auch nicht insgesamt, auch nur annähernd gleich verteilt sind ($E = 1$). Es scheint Arten zu geben, die einen Bereich dominieren, z.B. weil sie eine ökologische Nische haben. Vielleicht sind nicht alle Libellenarten gleich einfach einzufangen, oder eine Libellenart hat ihre ökologische Nische in einem Bereich, wo wir nicht oft Libellen eingefangen haben. Für den zweiten Aspekt spricht das χ^2 -Testergebnis, den ersten Aspekt können wir mit der catchability-rate prüfen. Diese konnten wir nur für eine Art an beiden Nachmittagen berechnen, sie war dann aber ähnlich gross – *Coenagrion puella* liess sich an beiden Nachmittagen gleich häufig einfangen, alle anderen Arten aber nicht. Bei den Verteilungen spielt neben Artdominanz wohlmöglich auch die Grösse der Standorte eine Rolle. Die Shannon-Indices und Evenness' sollten eigentlich an allen drei Nachmittagen gleich sein – das wurde überprüft und ist auch in etwa der Fall. Am auffälligsten ist wahrscheinlich die geschätzte Populationsgrösse, die um den Faktor 3 zunimmt, vor allem an Standort 1, 3 und 4. Dafür gibt es viele mögliche Ursachen. Zum einen wurde die erste Schätzung am Folgetag, die zweite eine Woche später erstellt, also nach einer viel grösseren Zeitspanne, wo auch vieles mit der Population geschehen kann. So können zum Beispiel viele Individuen auf einmal ins Adult-Stadium wechseln und so den Schätzer beeinflussen. Am dritten Tag waren viel mehr junge Libellen zu sehen. Auch das Wetter könnte eine Rolle gespielt haben.

i Addendum Allometrie



```
> trees<-read.table("http://uzh.ufoalien.ch/bio141/fagus.csv", sep=';', header=T);
> length(trees[,1])
[1] 227
> for (i in 1:218) { trees$diametercm[i]<-trees$diametercm[i]/pi }
> logdiameter<-log(trees$diametercm/10);logheight<-log(trees$heightm*10)
> fit<-lm(logheight~logdiameter);summary(fit)
Call:
lm(formula = logheight ~ logdiameter)
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.54199 -0.14179  0.02551  0.19707  0.84666
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  4.69807    0.02304  203.95  <2e-16 ***
logdiameter  0.67921    0.02022   33.59  <2e-16 ***
---
Residual standard error: 0.3026 on 225 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.8337, Adjusted R-squared:  0.833
F-statistic: 1128 on 1 and 225 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

ii Addendum Vegetationsanalyse

Species	p_j	$\ln(p_j)$	rank
<i>Alopecurus pratensis</i>	0.1345	-2.006191	1
<i>Arrhenaterum elatius</i>	0.1228	-2.097198	2
<i>Ranunculus acris</i>	0.1228	-2.097198	3
<i>Lotus corniculatus</i>	0.1111	-2.197325	4
<i>Trifolium repens</i>	0.1053	-2.250942	5
<i>Festuca rubra</i>	0.0877	-2.433833	6
<i>Carex flacca</i>	0.0819	-2.502256	7
<i>Trifolium pratense</i>	0.0702	-2.656407	8
<i>Daucus carota</i>	0.0409	-3.196625	9
<i>Achillea millefolium</i>	0.0351	-3.349554	10
<i>Leucanthemum vulgare</i>	0.0175	-4.045554	11
<i>Plantago lanceolata</i>	0.0175	-4.045554	12
<i>Dactylis glomerata</i>	0.0117	-4.448166	13
<i>Crepis biennis</i>	0.0117	-4.448166	14
<i>Prunella vulgaris</i>	0.0117	-4.448166	15
<i>Bellis perennis</i>	0.0058	-5.149897	16
<i>Salvia pratense</i>	0.0058	-5.149897	17
<i>Taraxacum officinale</i>	0.0058	-5.149897	18

Tabelle 1: relative Abundancen Fläche 1

Species	p_j	$\ln(p_j)$	rank
<i>Arrhenaterum elatius</i>	0.1152	-2.161086	1
<i>Lotus corniculatus</i>	0.1152	-2.161086	2
<i>Carex flacca</i>	0.1030	-2.273026	3
<i>Ranunculus acris</i>	0.1030	-2.273026	4
<i>Plantago lanceolata</i>	0.0848	-2.467460	5
<i>Trifolium pratense</i>	0.0788	-2.540842	6
<i>Festuca rubra</i>	0.0606	-2.803460	7
<i>Erigeron annuus</i>	0.0485	-3.026191	8
<i>Prunella vulgaris</i>	0.0485	-3.026191	9
<i>Trifolium repens</i>	0.0364	-3.313187	10
<i>Leucanthemum vulgare</i>	0.0364	-3.313187	11
<i>Bellis perennis</i>	0.0303	-3.496608	12
<i>Cerastium fontanum</i>	0.0303	-3.496608	13
<i>Salvia pratense</i>	0.0303	-3.496608	14
<i>Crepis biennis</i>	0.0182	-4.006334	15
<i>Daucus carota</i>	0.0182	-4.006334	16
<i>Taraxacum officinale</i>	0.0182	-4.006334	17
<i>Dactylis glomerata</i>	0.0061	-5.099467	18
<i>Festuca pratensis</i>	0.0061	-5.099467	19
<i>Gallium verum</i>	0.0061	-5.099467	20
<i>Plantago major</i>	0.0061	-5.099467	21

Tabelle 2: relative Abundancen Fläche 2

Species	p_j	$\ln(p_j)$	rank
<i>Carex caryophylla</i>	0.2212	-1.508688	1
<i>Ranunculus acris</i>	0.1770	-1.731606	2
<i>Alopecurus pratensis</i>	0.1239	-2.088280	3
<i>Lotus corniculatus</i>	0.1062	-2.242431	4
<i>Plantago lanceolata</i>	0.0619	-2.782235	5
<i>Arrhenaterum elatius</i>	0.0531	-2.935578	6
<i>Daucus carota</i>	0.0442	-3.119030	7
<i>Galium mollugo</i>	0.0354	-3.341043	8
<i>Prunella vulgaris</i>	0.0354	-3.341043	9
<i>Taraxacum officinale</i>	0.0354	-3.341043	10
<i>Agrostis stolonifera</i>	0.0265	-3.630611	11
<i>Trifolium repens</i>	0.0265	-3.630611	12
<i>Bromus hordeaceus</i>	0.0177	-4.034191	13
<i>Poa pratensis</i>	0.0177	-4.034191	14
<i>Poa trivialis</i>	0.0088	-4.733004	15
<i>Crepis biennis</i>	0.0088	-4.733004	16

Tabelle 3: relative Abundancen Fläche 3

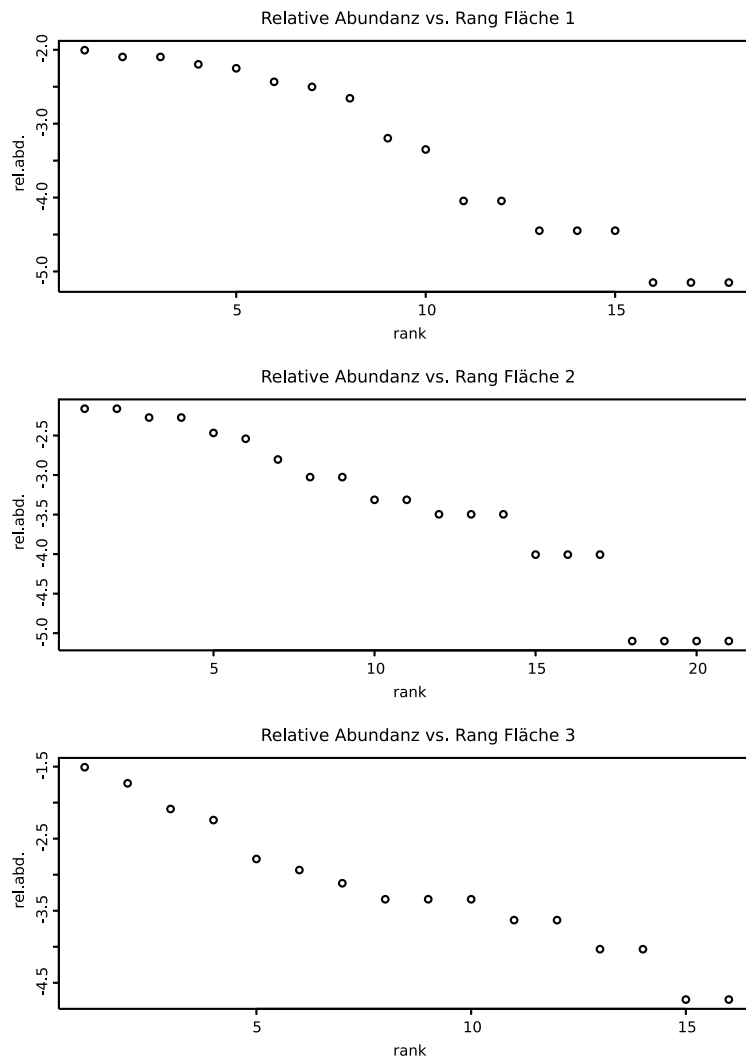


Abbildung 1: Relative Abundanz vs. Rang

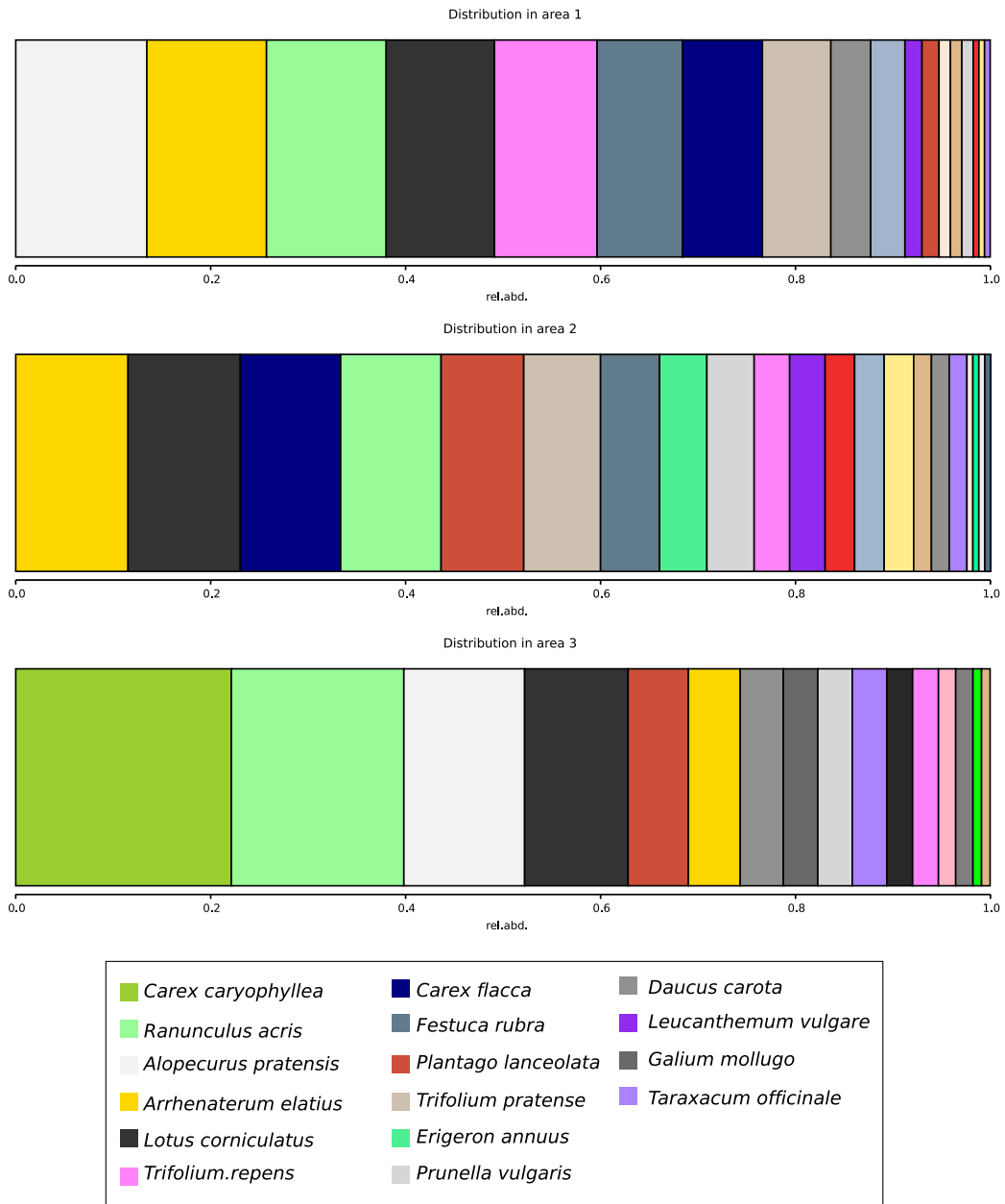


Abbildung 2: Distribution und dominierende Arten auf Flächen

Species	rank
<i>Carex caryophylla</i>	1
<i>Ranunculus acris</i>	2
<i>Alopecurus pratensis</i>	3
<i>Arrhenaterum elatius</i>	4
<i>Lotus corniculatus</i>	5
<i>Trifolium repens</i>	6
<i>Carex flacca</i>	7
<i>Festuca rubra</i>	8
<i>Plantago lanceolata</i>	9
<i>Trifolium pratense</i>	10

Tabelle 4: Gesamthafte Arten-Dominanz

iii Addendum Pflanzliche Sekundärstoffe

Line	Mut. location	Seed color	Color after Vanillin treat.	Color on Sac-Agar
Col-0	–	red	red	red
<i>tt4</i>	early	yellow	neutral	yellow
<i>tt7</i>	early	yellow	neutral	yellow
<i>tds4</i>	late	red	red	red

Tabelle 1: Ergebnistabelle

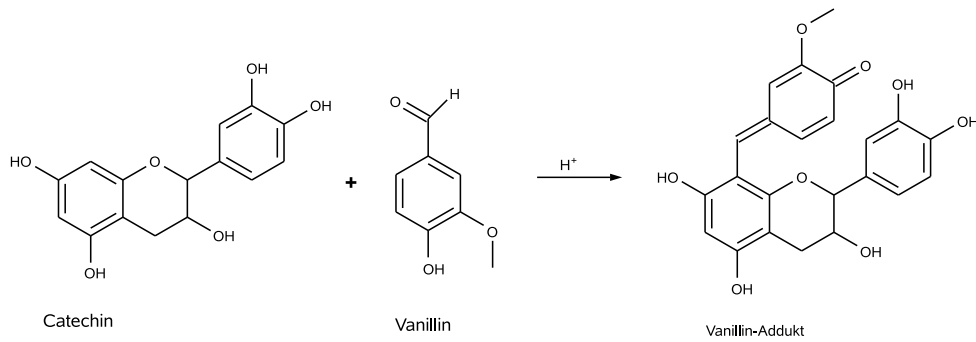


Abbildung 1: Reaktion von Catechin mit Vanillin in saurer Umgebung

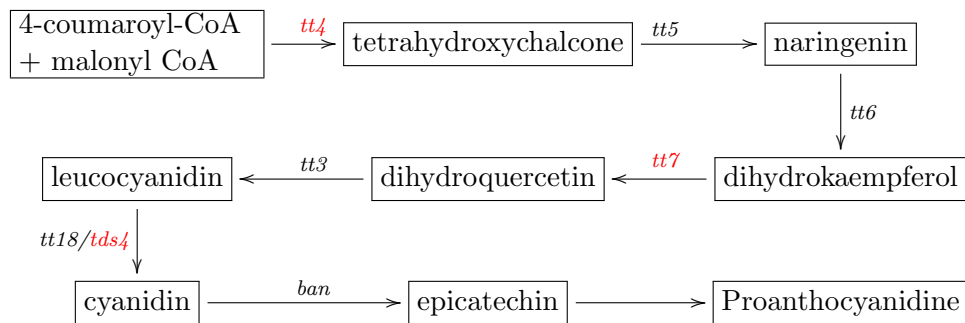


Abbildung 2: Biosyntheseweg von Proanthocyanidine

iv Addendum Abiotischer Stress

Zeit [s]	H ₂ O contr	Cd	Cu	Co
0	0.763	0.880	0.641	0.606
20	0.494	0.584	0.588	0.404
40	0.442	0.532	0.645	0.353
60	0.410	0.502	0.644	0.343
80	0.376	0.495	0.644	0.343
100	0.350	0.495	0.642	0.342
120	0.338	0.495	0.637	0.342
140	0.342	0.495	0.635	0.343
160	0.349	0.495	0.635	0.343
180	0.349	0.495	0.634	0.342

Tabelle 1: Ergebnistabelle

Zeit [s]	H ₂ O contr	Cd	Cu	Co
0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
20	1.4403	1.5068	1.0641	1.2979
40	1.5742	1.6541	0.9955	1.4035
60	1.6698	1.7530	0.9966	1.4263
80	1.7850	1.7778	0.9966	1.4263
100	1.8844	1.7778	0.9989	1.4286
120	1.9341	1.7778	1.0046	1.4286
140	1.9172	1.7778	1.0069	1.4263
160	1.8884	1.7778	1.0069	1.4263
180	1.8884	1.7778	1.0080	1.4286

Tabelle 2: Werte normalisiert für Cd auf 1 und Reziproke der Absorption

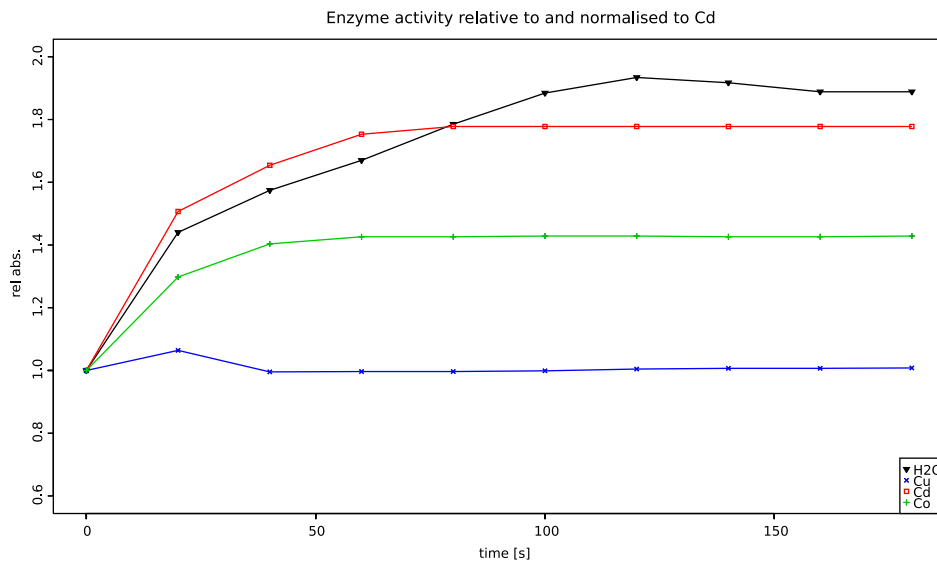


Abbildung 1: Enzymaktivität normalisiert für Cd auf 1

v Addendum Diversität und Dichte

Art/Gattung	$j = 1$								$j = 2$																
	unmarked \rightarrow newly-marked (vr)								unmarked \rightarrow newly-marked (vl)								previously-marked (vr)								
	$i = 1$		$i = 2$		$i = 3$		$i = 4$		$i = 1$		$i = 2$		$i = 3$		$i = 4$		$i = 1$		$i = 2$		$i = 3$		$i = 4$		
	σ	φ	σ	φ	σ	φ	σ	φ	σ	φ	σ	φ	σ	φ	σ	φ	σ	φ	σ	φ	σ	φ	σ	φ	
<i>Pyrrhosoma nymphula</i>		1			1	1	4	1		1			1	2	1	2					1				
<i>Platynemesis pennipes</i>			1			1			1	1				2		1									
<i>Ischnura elegans</i>	2	6	1	3	1		6	9	7		5	4	2	3	13	5									
<i>Ischnura pumilio</i>	3		1	1			1		2	2					4	1									1
<i>Enallagma cyathigerum</i>			1	5			1				2	2			1										
<i>Coenagrion pulchellum</i>							5	1	4				3		1										
<i>Coenagrion puella</i>	3	9	7	4	15	3	9	2	11		7	2	12	3	2		1			1				2	
<i>Coenagrion lunulatum</i>				1					1						1										
<i>Coenagrion mercuriale</i>			1						3				1	1											
<i>Coenagrion hastulatum</i>									1	2		2			1								1	1	
<i>Coenagrion ornatum</i>													1												
<i>Lestes sponsa</i>												1													
<i>Erythromma najas</i>									1																
<i>Erythromma viridulum</i>					1				12																
<i>Sympecma fusca</i>																									

Art/Gattung	$j = 3$																								
	unmarked								previously-marked (vr)								previously-marked (vl)								
	$i = 1$		$i = 2$		$i = 3$		$i = 4$		$i = 1$		$i = 2$		$i = 3$		$i = 4$		$i = 1$		$i = 2$		$i = 3$		$i = 4$		
	σ	φ	σ	φ	σ	φ	σ	φ	σ	φ	σ	φ	σ	φ	σ	φ	σ	φ	σ	φ	σ	φ	σ	φ	
<i>Pyrrhosoma nymphula</i>	5	1			12		3	1					1												
<i>Platynemesis pennipes</i>		5		1		1				1															
<i>Ischnura elegans</i>			4		1	1	11	5																	
<i>Ischnura pumilio</i>			3																						
<i>Enallagma cyathigerum</i>	3	10	1		16	1	4														1				
<i>Coenagrion pulchellum</i>					1																				
<i>Coenagrion puella</i>	27	5	6	4	31	4	25	3		1				1		1			1				1		
<i>Coenagrion lunulatum</i>			1	1																					
<i>Coenagrion mercuriale</i>																									
<i>Coenagrion hastulatum</i>																									
<i>Coenagrion ornatum</i>																									
<i>Lestes sponsa</i>																									
<i>Erythromma najas</i>			2																						
<i>Erythromma viridulum</i>																									
<i>Sympecma fusca</i>			1																						

Tabelle 1: Erhobene Daten

	$i = 1$	$i = 2$	$i = 3$	$i = 4$
<i>Pyrrhosoma nymphula</i>	8	0	17	12
<i>Platycnemis pennipes</i>	7	2	4	1
<i>Ischnura elegans</i>	15	17	8	49
<i>Ischnura pumilio</i>	7	5	0	6
<i>Enallagma cyathigerum</i>	13	11	17	6
<i>Coenagrion pulchellum</i>	4	0	4	7
<i>Coenagrion puella</i>	55	30	68	41
<i>Coenagrion lunulatum</i>	1	3	0	1
<i>Coenagrion mercuriale</i>	3	1	2	0
<i>Coenagrion hastulatum</i>	3	2	0	1
<i>Coenagrion ornatum</i>	0	0	1	0
<i>Lestes sponsa</i>	0	1	0	0
<i>Erythromma najas</i>	1	2	0	0
<i>Erythromma viridulum</i>	12	0	1	0
<i>Sympecma fusca</i>	0	1	0	0

Tabelle 2: Beobachtete Verteilung der Libellen

	$i = 1$	$i = 2$	$i = 3$	$i = 4$
<i>Pyrrhosoma nymphula</i>	9.250	9.250	9.250	9.250
<i>Platycnemis pennipes</i>	3.500	3.500	3.500	3.500
<i>Ischnura elegans</i>	22.25	22.25	22.25	22.25
<i>Ischnura pumilio</i>	4.500	4.500	4.500	4.500
<i>Enallagma cyathigerum</i>	11.750	11.750	11.750	11.750
<i>Coenagrion pulchellum</i>	3.750	3.750	3.750	3.750
<i>Coenagrion puella</i>	48.500	48.500	48.500	48.500
<i>Coenagrion lunulatum</i>	1.250	1.250	1.250	1.250
<i>Coenagrion mercuriale</i>	1.500	1.500	1.500	1.500
<i>Coenagrion hastulatum</i>	1.500	1.500	1.500	1.500
<i>Coenagrion ornatum</i>	0.250	0.250	0.250	0.250
<i>Lestes sponsa</i>	0.250	0.250	0.250	0.250
<i>Erythromma najas</i>	0.750	0.750	0.750	0.750
<i>Erythromma viridulum</i>	3.250	3.250	3.250	3.250
<i>Sympecma fusca</i>	0.250	0.250	0.250	0.250

Tabelle 3: Erwartung "Libellenarten sind an allen Standorten gleich verteilt"

	$i = 1$	$i = 2$	$i = 3$	$i = 4$
<i>Pyrrhosoma nymphula</i>	8.6	5	3	8.267
<i>Platycnemis pennipes</i>	8.6	5	3	8.267
<i>Ischnura elegans</i>	8.6	5	3	8.267
<i>Ischnura pumilio</i>	8.6	5	3	8.267
<i>Enallagma cyathigerum</i>	8.6	5	3	8.267
<i>Coenagrion pulchellum</i>	8.6	5	3	8.267
<i>Coenagrion puella</i>	8.6	5	3	8.267
<i>Coenagrion lunulatum</i>	8.6	5	3	8.267
<i>Coenagrion mercuriale</i>	8.6	5	3	8.267
<i>Coenagrion hastulatum</i>	8.6	5	3	8.267
<i>Coenagrion ornatum</i>	8.6	5	3	8.267
<i>Lestes sponsa</i>	8.6	5	3	8.267
<i>Erythromma najas</i>	8.6	5	3	8.267
<i>Erythromma viridulum</i>	8.6	5	3	8.267
<i>Sympecma fusca</i>	8.6	5	3	8.267

Tabelle 4: Erwartung "Jede Libellenart ist gleich verteilt an jedem Standort"

```
> libellen<-read.table("libellen", header=T)
> d<-read.csv("beobachtung")
> names(libellen)
[1] "Beobachtet" "Erwartet1" "Erwartet2"
> sum(((libellen$Beobachtet-libellen$Erwartet1)^2)/libellen$Erwartet1)
[1] 157.6788
> sum(((libellen$Beobachtet-libellen$Erwartet2)^2)/libellen$Erwartet2)
[1] 1437.466
> chisq.test(d)
```

Pearson's Chi-squared test

```
data: d
X-squared = 140.3891, df = 42, p-value = 1.575e-12
> 1-pchisq(140.3891,42)
[1] 1.574851e-12
> 1-pchisq(157.6788,42)
[1] 2.664535e-15
> 1-pchisq(1437.466,42)
[1] 0
```