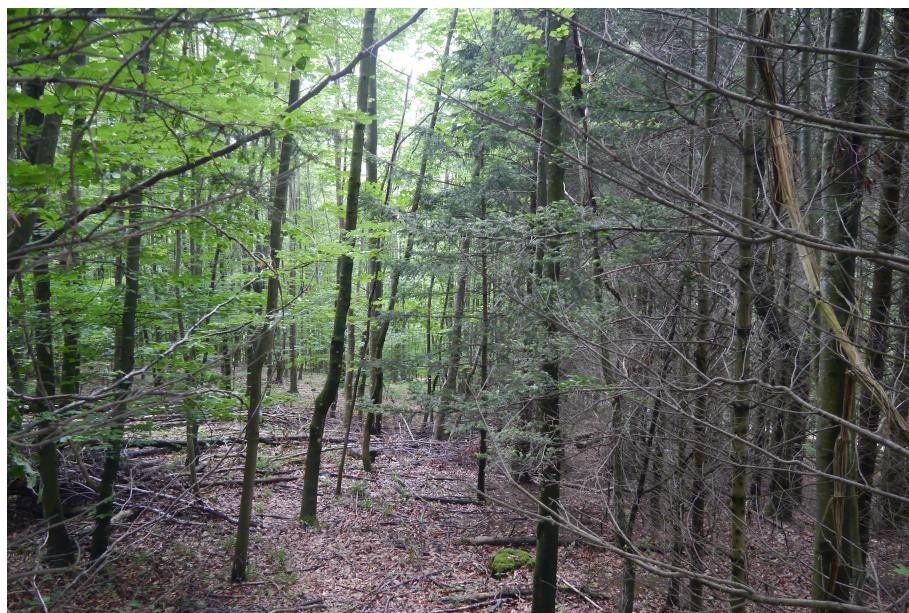




Veränderung des Boden-pH-Wertes und der Vegetation im Übergang von Nadel- zu Laubwald

Nele Stackelberg
Matrikelnummer: 3548205

Forschungsarbeit des Moduls Freilandökologie Msc. Umweltwissenschaften (1897 Wörter)
Dozierende: Gesine Pufal und Helmer Schack-Kirchner



Freiburg, 16. Juni 2018

1 Einleitung

Die Fichte ist in Europa aus ökonomischer Sicht die wichtigste Nadelbaumart. Seit den 1950er Jahren wird sie sehr intensiv angebaut, weshalb heute in Mitteleuropa große Fichten-Monokulturen das Waldbild vielerorts prägen. Der schnelle Wuchs und die gute Anpassungsfähigkeit der Baumart hat dafür gesorgt, dass sie auch dort gepflanzt wurde, wo sie natürlicherweise nicht vorkommt. Aktuell lässt der Fokus auf die Fichte im Waldbau nach, da durch den Klimawandel der Trockenstress und somit die Anfälligkeit durch Käferkalamitäten steigt (CABI 2018). Kritik am intensiven Fichtenanbau wird auch aufgrund der standortsverschlechternden Eigenschaften des Nadelbaumes ausgeübt (Wald und Forstwirtschaft 2017).

Um den Effekt der Fichte auf dem Boden zu analysieren kann der pH-Wert als Proxi-Größe erhoben werden. Der pH gilt als eine wichtige und aussagekräftige Bodenkenngröße (Scheffer et al. 2010), es lassen sich Aussagen über Nähr- und Schadstoffe des Bodens, seine Eignung als Pflanzenstandort und über die Bodenorganismen ableiten. Auf dieser Grundlage steht die Hypothese dieser Arbeit wie folgt:

Der Boden-pH-Wert im Fichtenbestand ist niedriger als im Laubmischwald, was auch an der dort vorkommenden Bodenvegetation erkennbar ist. Dieser Einfluss ist auf einer Fläche, auf der ein Fichtenbestand mit einer markanten Linie an Laubwald grenzt, durch einen räumlichen Gradienten erkennbar.

2 Methoden

An 60 Probepunkten wurde der pH-Wert des Oberbodens gemessen und die Vegetation aufgenommen. Eine Fläche von 40 mal 50 Metern wurde dazu ausgewählt, durch die eine scharfe Grenze eines Fichten zu Laubbaumbestandes verläuft. Für die Auswahl wurden die Bestandeskarten im Raum Freiburg verwendet. Damit der pH-Wert auf der Fläche nicht von unterschiedlichem Grundgestein geprägt ist wurde, zusätzlich die geologische Karte mit einbezogen. Der ausgewählte Bestand ist ein ca. 30 jähriger Fichtenbestand am Schönberg auf ca. 520 m über NN, der an einen etwa gleichalten Buchen-Ahorn-Mischwald angrenzt (siehe Abb. 1). Bei dem Waldbestand handelt es sich laut dem Revierförster Herrn Bucher, wahrscheinlich um eine Erstaufforstung. Vereinzelte Baumscheiben lassen auf die ehemalige Nutzung als Waldweide schließen, zudem lässt sich Terrassierung im Gelände erahnen weshalb auch eine ehemalige landwirtschaftliche Nutzung nicht auszuschließen ist. Die potentielle natürliche Vegetation der Fläche ist ein Orchideen-Buchenwald (“Karte Der Potentiellen Natürlichen Vegetation Deutschlands. Karten” 2010). Der Schönberg gehört zur Vorbergzone des Schwarzwaldes und hat auf der Probefläche als Grundgestein den Hauptrogenstein. Der Hauptrogenstein, ein Gestein des Mitteljura (Dogger), ist ein oolithischer Kalkstein. Laut Körner (2006) (S. 57) handelt es sich auf diesem Gestein um Rendzinen mit einem hohen pH-Wert, der meist über dem Neutralpunkt liegt.

Für die Probepunkte wurde die 50 x 40 m große Fläche in Quadrate von 10 x 10 m eingeteilt, wobei jeweils drei zufällige Probepunkte gelegt werden. Um die Position der Punkte zu wählen, wurden mit der Software R (R Core Team 2018) 60 zufällige Winkel und Entferungen gezogen. So wurden der Reihe nach vom Mittelpunkt jedes Quadrates aus, jeweils drei Positionen für die Probenahme bestimmt. Die Probepunkte sind somit zufällig auf der Fläche verteilt, und ihre Entfernung zueinander deckt ein breites Spektrum an Distanzen ab. Dies ist Grundbedingung für die (geo)statistische Auswertung, da die räumliche Skala der Variation des pH-Wertes (noch) unbekannt ist (Oliver and Webster 2015).

Im Feld wurde die Fläche mittels Kompass, Maßband und Peilstab vermessen und die Ecken markiert. Die Ausrichtung der Fläche verläuft hangparallel, was einer relativ genauen Nord-Süd-Ausrichtung (3°-183°) entspricht. Auf der nördlichen Hälfte dominiert *Picea abies*, auf der südlichen Hälfte steht ausschließlich Laubwald mit *Fagus sylvatica*, *Acer pseudoplatanus*, *Tilia platyphyllos* und *Fraxinus excelsior*.

Ebenso wurden mithilfe des Kompass, peilend die genauen Probepositionen ausegewählt. An jedem Probepunkt wurde eine Bodenprobe in ca. 5 cm Tiefe genommen und nach der Bodenkundlichen Kartieranleitung (Sponagel 2005) präpariert. Zusätzlich wurde an jedem Punkt die Humusform und der Bedeckungsgrad der überschirmenden Baumarten, je Art, im Umkreis mit 2m Radius bestimmt. Auch die Bodenvegetation wurde im Umkreis von 2m erfasst (Arten und Deckungsgrad). Der pH-Wert der Bodenproben wurde sobald ca. 10 Proben

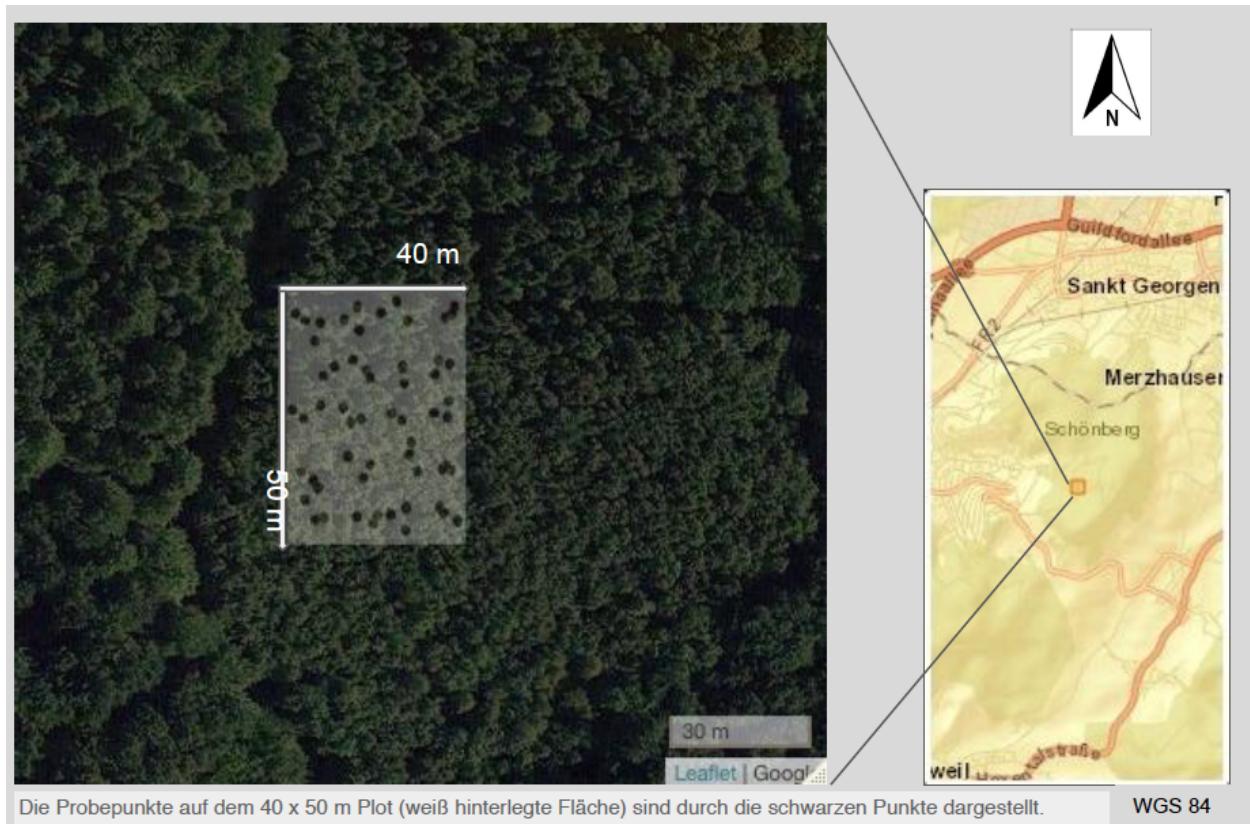


Abbildung 1: Die Probefläche und ihre Position im Wald. Die Fichten stehen in der nördlichen Hälfte der Probefläche, im südlichen Teil ist reiner Laubwald. Der Hang neigt sich leicht nach Osten hin abwärts.

bereit waren (Substrat hat sich abgesetzt) mit der pH-Sonde des Typ GMH 5520 des Herstellers Greisinger, hergestellt in Deutschland, gemessen. Die Genauigkeit der Gerätes beträgt laut Hersteller $+ - 0.005\text{pH}$. Zu Beginn der ersten Messung jedes Tages, wurde das Gerät wie in der Betriebsanleitung beschrieben kalibriert.

Die Auswertung der Daten erfolgte mit der Software R (R Core Team 2018), dabei wurden die Pakete "MASS" (Venables and Ripley 2002 - Varianzanalyse), "dplyr" (Wickham et al. 2017 - Datenformatierung), "gstat" (Pebesma 2004 - geostatistik) und "sp" (Pebesma and Bivand 2005 - geostatistik) angewendet. Der R-Code befindet sich im Anhang der Arbeit.

Die Fläche wurde zunächst in die beiden Klassen "Nadelwald" und "Laubwald" eingeteilt. In die Klasse "Nadelwald" fällt auch Nadel-Laub-Mischwald, während die Klasse "Laubwald" ausschließlich Laubbaumarten enthält. Um die beiden Klassen zu vergleichen wurde eine Varianzanalyse durchgeführt (Dormann [2017]). Da der Test der Varianzenhomogenität signifikant unterschiedliche Varianzen für die pH-Werte der beiden Klassen liefert, und damit eine der Voraussetzungen für eine ANOVA verletzt ist, wurde der Kruskal-Wallis-Test (mit dem Signifikanzniveau $p < 0,01$) durchgeführt.

Eine räumliche Betrachtung der pH-Werte erfolgte mittels eines Variogrammes, einer geostatistischen Methode zur Analyse der Varianz. Um den pH-Wert über die Fläche zu interpolieren ("kriging"), wurde ein Modell an das Variogram gefittet. Die Interpolation konnte dann graphisch gemeinsam mit den Baumartenanteilen der Punkte dargestellt werden um den pH-Gradienten im Übergang von Fichten- zu Laubwald aufzuzeigen.

Mittels dem Fisher-Test auf Assoziation wurde der Zusammenhang von Baumart und Humusform untersucht. Des weiteren wurden zu allen aufgenommenen Pflanzenarten die Zeigerwerte "Reaktionszahl" und "Lichtzahl" nach Ellenberg (Rothmaler [2017]) herausgesucht. Für jeden Punkt wurde dann der Mittelwert der Reaktions- sowie Lichtzahl aller dort vorkommenden Arten (unabhängig von ihrer Häufigkeit) berechnet. Um festzustellen ob ein Zusammenhang der Vegetation mit dem pH-Wert des Bodens besteht, wurde geprüft ob Zeigerwerte mit den pH-Werten korrelieren.

3 Ergebnisse

Der Kolmogorov-Smirnov-test und die kumulative DichteVerteilung der pH-Werte (Abbildung 2 links) bestätigen, dass die Daten normalverteilt sind. Der Kruskal-Wallis-Test zeigt mit einem p-Wert von $6,391\text{e-}06$ einen signifikanten Unterschied des pH-Wertes zwischen den beiden Baumartenklassen auf. Der pH-Wert des Oberbodens im von Fichten geprägten Standort beträgt im Durchschnitt nur $6,64 \pm 0,49\text{ pH}$ (mäßig sauer bis schwach alkalisch), im Buchen-Bergahorn-Mischwald ist er mit $7,35 \pm 0,54\text{ pH}$ (sauer bis mäßig alkalisch) deutlich höher (Siehe Abb. 2 rechts).

Die Varianz der pH-Wertes in Abhängigkeit der Entfernung zwischen den Punkten zeigt, dass die Varianz für nahegelegene Punkte gering ist und mit größeren Entfernungen exponentiell zunimmt (siehe Abb. 3). Stellt sich im Variogramm in einer bestimmten Entfernung ein "sill variance", so bedeutet dies, dass Punkte mit einer solchen Entfernung zueinander unabhängig sind (Oliver and Webster 2015).

Das gefittete Model wird verwendet um den pH-Wert der gesamten Fläche zu interpolieren. Das Ergebnis ist in Abbildung 4 dargestellt. Der pH erreicht dort wo die Fichte steht, als Hauptbestandteil des Nadelholzes, mit unter pH 6 die tiefsten Werte. Die höchsten Werte des pH sind im Laubwaldbestand gemessen worden. Die pH-Werte der beiden Bestände unterscheiden sich, die Grenze zwischen Nadel und Laubwaldbestand ist jedoch nicht als deutliche Linie zu erkennen, sondern hat vielmehr einen diffusen Übergang.

Die Humusform der Probefläche unterscheidet sich laut Fisher-Test signifikant zwischen Nadel- und Laubwald. Im Laubwald kommt überwiegend L-Mull vor, im Nadelwald überwiegend F-Mull.

In der Bodenvegetation wurden insgesamt 37 unterschiedliche Pflanzenarten gefunden und aufgenommen (Artenliste im Anhang). Die Verjüngung ist nicht höher als 20 cm, wahrscheinlich herrscht hoher Verbissdruck. Die Verjüngung macht einen Großteil des Deckungsgrades der Bodenvegetation aus. Dieser beträgt im Mittel nur 5%, wobei die Bedeckung im Nadelbestand geringer ist als im Laubbestand. Die Korrelation des pH-Wertes mit der Reaktionszahl der krautigen Vegetation ist nicht signifikant. Die Lichtzahl korreliert ebenfalls nicht

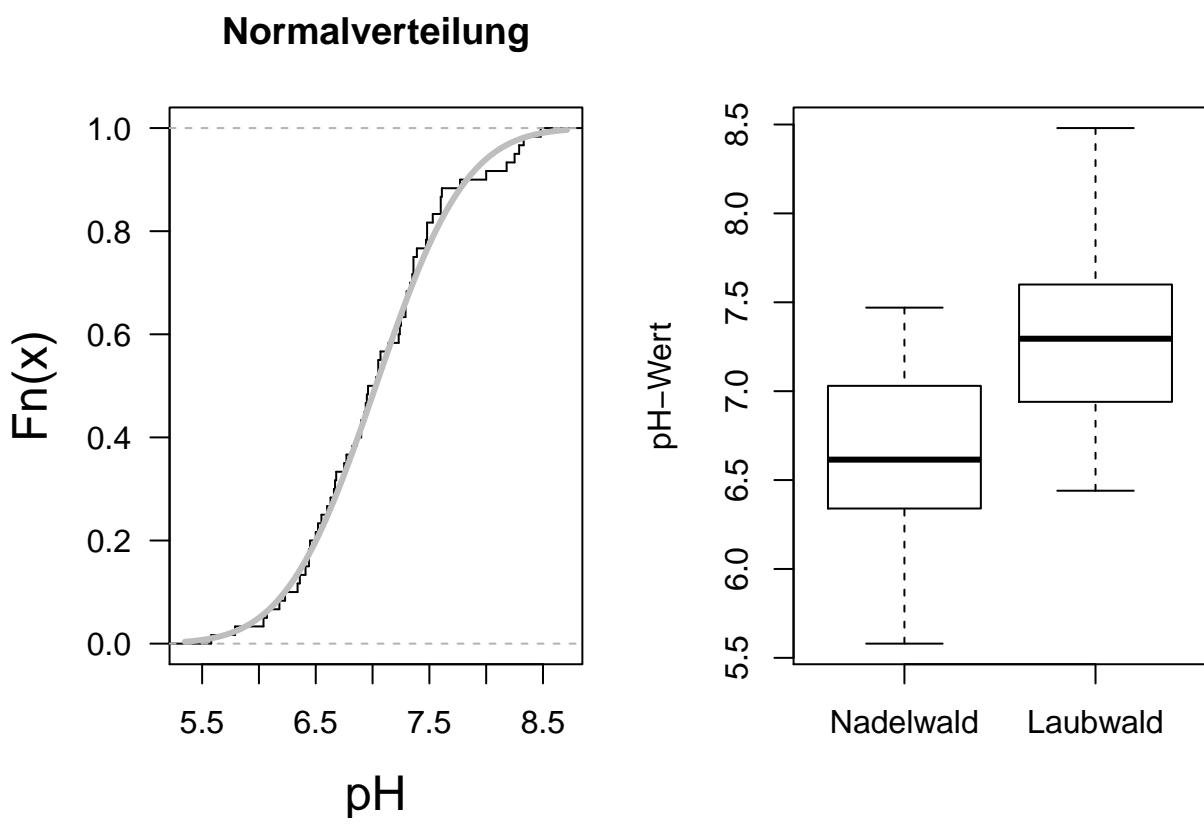


Abbildung 2: Die kumulative DichteVerteilung des pH-Wertes (links) und ein Boxplot der beiden Klassen 'Nadelwald' und 'Laubwald' (rechts).

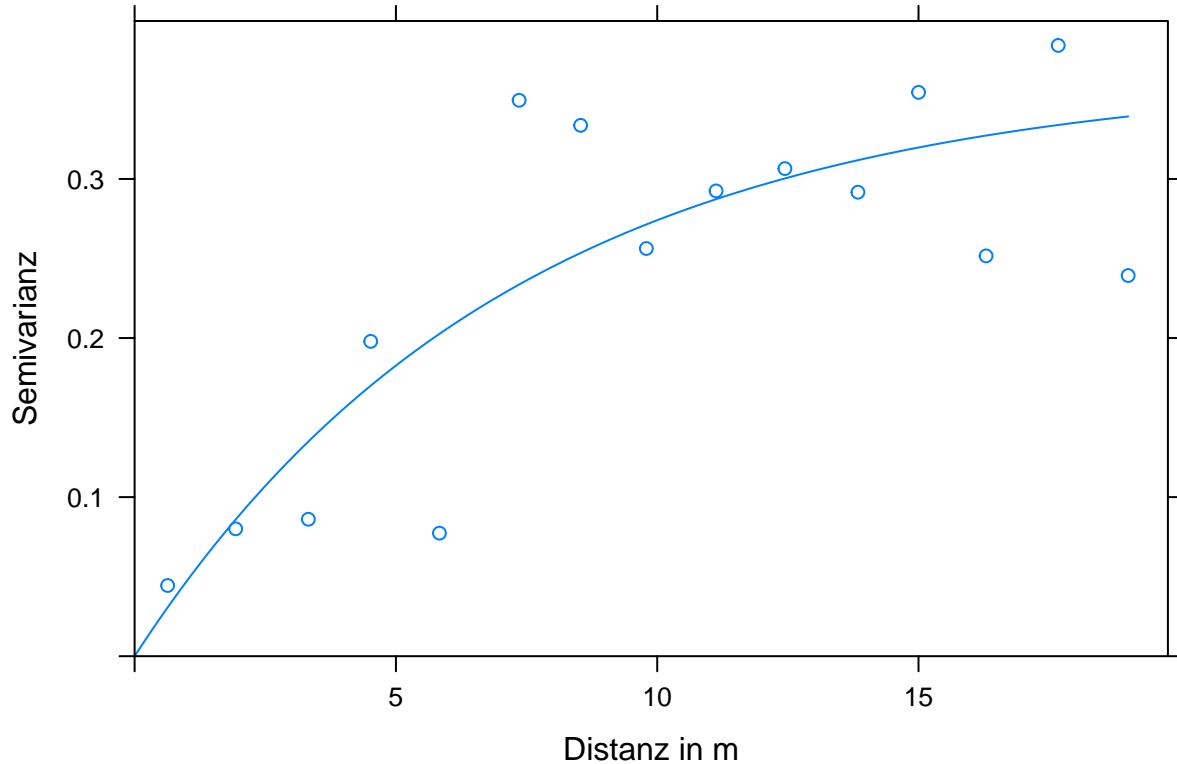


Abbildung 3: Variogramm des pH-Wertes (Punkte) und gefittetes exponentielles Modell (Linie). Es zeigt, dass die Varianz der Punkte mit zunehmender Entfernung größer wird. Das exponentielle Modell wird verwendet, da es visuell am besten an die Daten passt.

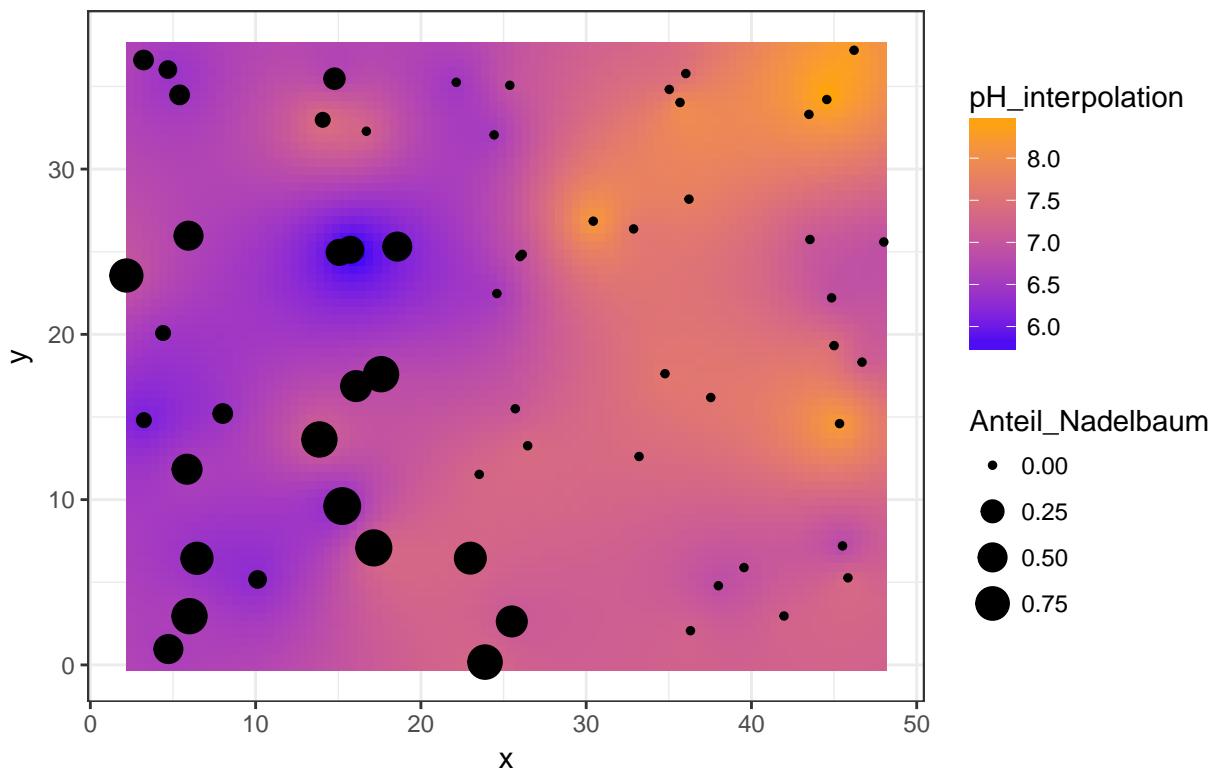


Abbildung 4: Interpolation des pH-Wertes über die Probefläche (40×50 m). Norden ist links im Bild, Süden rechts. Der Anteil der Nadelbäume im Umkreis von 2m um jeden Probepunkt ist durch die Größe der schwarzen Punkte dargestellt. Die Nadelbäume sind fast ausschließlich Fichten, nur eine Lärche steht auf der Probefläche. Die Laubbäume sind in verschiedenen Anteilen Buche, Bergahorn, Esche und Linde.

mit dem pH-Wert. Von den 37 erfassten Arten kommen einige wenige wie *Viola reichenbachiana* und *Hedera helix* flächig vor, viele weitere Arten nur vereinzelt. Beispielsweise kam *Cephalanthera rubra* fünf mal vor, viermal davon im Nadelwald.

4 Diskussion

Die geostatistische Analyse mittels des einfachen Variogramms zeigt ein deutliches Ergebnis. Eine eindeutigere Aussage würde man wahrscheinlich mit einem Test auf einen räumlich gerichteten Zusammenhang (Anisotropie) erzielen. Denn Aufgrund des Versuchsdesigns, sollte die Verteilung des pH-Wert auf der Fläche anisotrop sein (Oliver and Webster 2015). Auch die Interpolation (“kriging”) ist für diese Arbeit eine geeignete Analyse- und Darstellungsmethode. Alternativ ist auch eine Vorhersage des pH-Wertes auf der Fläche durch ein generalisiertes additives model möglich (GAM). Diese Methode hat in verschiedenen Studien für Daten mit erhöhtem zufälligen Fehler zu realitätsnäheren Ergebnisse geführt (Aalto et al. 2013, Yu, Jiao, and Carstensen (2013)).

Laut Körner (2006) (S. 57) handelt es sich bei den Böden auf Hauptrogenstein am Schönberg um humusreiche flachgründige Böden (Rendzinen) mit einem hohen pH-Wert, der meist über dem Neutralpunkt liegt. Solche pH-Werte konnten wir unter dem Laubwaldbestand feststellen, jedoch nicht unter dem Nadelbestand. Da die Fichte Standortsfremd ist und nicht der potentiell natürlichen Vegetation (PNV) des Schönbergs entspricht, ist anzunehmen, dass der erst ca. 30 Jahre alte Fichtenbestand den pH-Wert des Oberbodens dem mit Mittleren pH-Wert von 6,6 *pH* bereits von seinem natürlichen Zustand abgesengt hat. Dem Zugrunde liegt jedoch die Annahme, dass die Fläche vor der Bepflanzung mit Fichte und Buche einheitlich als Waldweide mit Baumarten der PNV genutzt wurde und dass diese Nutzung keinen starken Einfluss auf den pH-Wert des Boden-pH hatte.

Die Absenkung des pH-Wertes im Oberboden auf der Fichten-dominierten Fläche kann durch den von der Baumart bedingten erhöhten Säureeintrag erklärt werden. Nadelbäume haben aufgrund ihrer ganzjährigen Benadelung und großen Blattoberfläche eine hohe Interzeption und filtern so organische Säuren (vor allem anthropogenen Ursprungs) aus der Atmosphäre (Scheffer et al. 2010). Matzner and Ulrich (1983) stellten unter Fichte sogar etwa doppelt so hohe Depositionsraten von Protonen fest wie unter Buche. Auch die schwer zersetzbare Streu der Fichte verstärkt den Säureeintrag in den Boden und führt zur Bildung der Humusform F-Mull.

Während die Fichtenstreu sich bereits auf den pH-Wert des Bodens ausgewirkt hat, so zeigt sich dies noch nicht in den Zeigerwerten der Bodenvegetation. Dies liegt daran, dass Zeigerwerte nicht nur den physiologischen Anspruch der Pflanze darstellen, sondern eine relative Standortskonstanz. Der Standort der Pflanze wird von vielen Faktoren beeinflusst, unter anderem Konkurrenz und Kooperation (Wilmanns 1998). Die kleinräumige Heterogenität der beschattenden Baumarten (Nadelbäume = ganzjährig weniger Licht), fehlende Konkurrenz und der starke Verbiss im Bestand wirkt sich wahrscheinlich auch auf die vorkommenden Arten aus. Ein weiterer Einflussfaktor auf die Vegetation stellt wahrscheinlich die ehemalige Nutzung als Waldweide dar. Beispielsweise haben wir an vielen Orten *Ilex aquifolium* in der Verjüngung vorgefunden, was laut Körner (2006) (S. 87) eine Erinnerung an die Zeit der Waldweide ist. Um den Unterschied der Vegetation auf Standorten mit einem pH-Wert Unterschied von nur 2 *pH* festzustellen, so müssten größere Flächen, die räumlich voneinander getrennt sind untersucht werden. Mit größeren Stichproben wäre dann zu erwarten, dass sich ein Unterschied in den vorkommenden Pflanzengesellschaften zeigt.

4.1 Schlusfolgerung

Wir konnten in dieser Arbeit zeigen, dass mit einfachen Methoden eine Bodenverschlechterung durch den Anbau von Fichte auf Kalkböden nachweisbar ist.

5 Literatur

- Aalto, Juha, Pentti Pirinen, Juha Heikkinen, and Ari Venäläinen. 2013. "Spatial Interpolation of Monthly Climate Data for Finland: Comparing the Performance of Kriging and Generalized Additive Models." *Theoretical & Applied Climatology* 112: 99–111. doi:10.1007/s00704-012-0716-9.
- CABI. 2018. "Datasheet Picea Abies." CABI Forestry Compendium. <https://www.cabi.org/fc/datasheet/41083#56860DFF-FB62-42B0-8E64-9A8874097C80>.
- Dormann, Carsten F. [VerfasserIn]. [2017]. *Parametrische Statistik : Verteilungen, Maximum Likelihood Und Glm in R*. 2., überarbeitete und erweiterte Auflage. Statistik Und Ihre Anwendungen. Springer Spektrum,
- "Karte Der Potentiellen Natürlichen Vegetation Deutschlands. Karten." 2010. Bonn-Bad Godesberg: Bundesamt für Naturschutz.
- Körner, Helge [Hrsg.]. 2006. *Der Schönberg : Natur- Und Kulturgeschichte Eines Schwarzwald-Vorberges*. Vol. [N.F.] 19. Mitteilungen Des Badischen Landesvereins Für Naturkunde Und Naturschutz E.V., Freiburg I. Br / Badischer Landesverein Für Naturkunde Und Naturschutz. Freiburg im Breisgau: Lavori.
- Matzner, E., and B. Ulrich. 1983. "Raten Der Deposition, Der Internen Produktion Und Des Umsatzes von Protonen in Zwei Waldokosystemen." *Pflanzenernährung Und Bodenkunde* 147 (November): 290–308.
- Oliver, Margaret A., and Richard Webster. 2015. "Basic Steps in Geostatistics: The Variogram and Kriging." SpringerBriefs in Agriculture, Springerlink : Bücher. Cham: Springer.
- Pebesma, Edzer J. 2004. "Multivariable Geostatistics in S: The Gstat Package." *Computers & Geosciences* 30: 683–91.
- Pebesma, Edzer J., and Roger S. Bivand. 2005. "Classes and Methods for Spatial Data in R." *R News* 5 (2): 9–13. <https://CRAN.R-project.org/doc/Rnews/>.
- R Core Team. 2018. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>.
- Rothmaler, Werner. [2017]. *Exkursionsflora von Deutschland. Gefäßpflanzen: Grundband*. 21., durchgesehene Auflage. Springer Spektrum,
- Scheffer, Fritz, Paul Schachtschabel, Hans-Peter [Bearb.] Blume, Ellen [Bearb.] Kandeler, and Karl [Bearb.] Stahr. 2010. *Lehrbuch Der Bodenkunde*. 16. Aufl. / neu bearb. von Hans-Peter Blume ... Ellen Kandeler ... Karl Stahr ... Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Sponagel, Herbert [Red.]. 2005. *Bodenkundliche Kartieranleitung*. 5., verb. und erw. Aufl. Stuttgart: Schweizerbart [i. Komm.]; Schweizerbart [i. Komm.] Bundesanst. für Geowiss. und Rohstoffe.
- Venables, W. N., and B. D. Ripley. 2002. *Modern Applied Statistics with S*. Fourth. New York: Springer. <http://www.stats.ox.ac.uk/pub/MASS4>.
- Wald und Forstwirtschaft, Bayrische Landesanstalt für. 2017. "Beiträge Zur Fichte." (LBW).
- Wickham, Hadley, Romain Francois, Lionel Henry, and Kirill Müller. 2017. *Dplyr: A Grammar of Data Manipulation*. <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>.
- Wilmanns, Otti. 1998. *Ökologische Pflanzensoziologie : Eine Einführung in Die Vegetation Mitteleuropas*. 6., neu bearb. Aufl. Vol. 269. UTB. Wiesbaden: Quelle & Meyer.
- Yu, Hao, Yan Jiao, and Laurence W. Carstensen. 2013. "Performance Comparison Between Spatial Interpolation and Glm/Gam in Estimating Relative Abundance Indices Through a Simulation Study." *Fisheries Research* 147: 186–95. doi:10.1016/j.fishres.2013.06.002.

Anhang

Tabelle 1: Die Aufgenommenen pH-Werte aller Probepunkte und Anteile der Arten in der Baumschicht

id	y_coord	x_coord	humusform	pH	Fichte	Buche	Bergahorn	Sommerlinde	Esche	Lärche	Nadelbaum	Laubbbaum	Anteil_Nadelbaum	Baumart	R	L
2.1a	2.95	6.00	F-Mull	6.66	40	15	0	0	0	45	85	15	0.8500000	Fi	6.333333	3.166667
2.1b	6.45	6.45	F-Mull	6.34	30	30	0	0	0	30	60	30	0.6666667	Fi	6.000000	5.000000
2.1c	0.96	4.72	F-Mull	6.55	50	50	0	0	0	0	50	50	0.5000000	Fi	6.333333	4.500000
2.2a	15.21	8.01	F-Mull	6.41	15	85	0	0	0	0	15	85	0.1500000	Fi	8.000000	3.666667
2.2b	11.84	5.85	F-Mull	6.63	55	45	0	0	0	0	55	45	0.5500000	Fi	8.000000	3.666667
2.2c	14.81	3.24	F-Mull	6.04	5	95	0	0	0	0	5	95	0.0500000	Fi	4.333333	3.500000
2.3a	25.97	5.94	L-Mull	6.67	50	50	0	0	0	0	50	50	0.5000000	Fi	NaN	4.250000
2.3b	20.08	4.40	F-Mull	6.44	5	95	0	0	0	0	5	95	0.0500000	Fi	8.000000	3.666667
2.3c	23.56	2.18	L-Mull	7.03	65	25	0	0	0	0	65	25	0.7222222	Fi	NaN	4.666667
2.4a	36.02	4.69	L-Mull	6.36	10	90	0	0	0	0	10	90	0.1000000	Fi	5.875000	4.615385
2.4b	34.49	5.40	F-Mull	6.45	15	85	0	0	0	0	15	85	0.1500000	Fi	4.500000	4.111111
2.4c	36.60	3.22	F-Mull	6.60	15	85	0	0	0	0	15	85	0.1500000	Fi	5.625000	4.571429
3.1a	9.61	15.24	F-Mull	6.18	95	5	0	0	0	0	95	5	0.9500000	Fi	7.000000	4.000000
3.1b	7.08	17.15	F-Mull	7.35	90	10	0	0	0	0	90	10	0.9000000	Fi	6.500000	3.333333
3.1c	5.17	10.12	F-Mull	6.23	10	90	0	0	0	0	10	90	0.1000000	Fi	5.000000	3.666667
3.2a	17.59	17.59	F-Mull	6.82	85	10	5	0	0	0	85	15	0.8500000	Fi	NaN	3.000000
3.2b	13.64	13.86	F-Mull	7.25	85	15	0	0	0	0	85	15	0.8500000	Fi	8.000000	5.500000
3.2c	16.87	16.08	F-Mull	6.77	60	40	0	0	0	0	60	40	0.6000000	Fi	8.000000	3.666667
3.3a	25.12	15.73	F-Mull	5.58	40	60	0	0	0	0	40	60	0.4000000	Fi	5.500000	3.800000
3.3b	24.96	15.06	F-Mull	5.79	35	60	0	0	0	0	35	60	0.3684211	Fi	5.500000	3.800000
3.3c	25.31	18.57	F-Mull	6.07	40	20	20	0	0	0	40	40	0.5000000	Fi	6.250000	4.000000
3.4a	35.47	14.77	L-Mull	6.68	20	10	70	0	0	0	20	80	0.2000000	Fi	6.125000	4.363636
3.4b	32.98	14.06	L-Mull	7.47	5	95	0	0	0	0	5	95	0.0500000	Fi	6.500000	3.500000
3.4c	32.29	16.70	L-Mull	7.29	0	70	30	0	0	0	0	100	0.0000000	Bu	5.666667	3.600000
4.1a	0.17	23.88	F-Mull	7.33	80	10	10	0	0	0	80	20	0.8000000	Fi	5.500000	4.166667
4.1b	6.46	22.99	F-Mull	7.29	65	35	0	0	0	0	65	35	0.6500000	Fi	7.000000	3.400000
4.1c	2.63	25.50	F-Mull	7.05	60	20	20	0	0	0	60	40	0.6000000	Fi	7.000000	3.666667
4.2a	15.50	25.71	L-Mull	7.05	0	90	10	0	0	0	0	100	0.0000000	Bu	4.000000	4.000000
4.2b	11.53	23.53	L-Mull	7.30	0	5	95	0	0	0	0	100	0.0000000	Bu	6.500000	3.333333
4.2c	13.26	26.46	L-Mull	7.36	0	95	5	0	0	0	0	100	0.0000000	Bu	5.500000	4.375000
4.3a	22.47	24.60	L-Mull	6.50	0	70	30	0	0	0	0	100	0.0000000	Bu	7.000000	3.750000
4.3b	24.71	26.00	L-Mull	6.94	0	50	50	0	0	0	0	100	0.0000000	Bu	5.800000	4.300000
4.3c	24.84	26.13	L-Mull	6.90	0	50	50	0	0	0	0	100	0.0000000	Bu	5.800000	4.300000
4.4a	32.07	24.43	L-Mull	6.52	0	30	70	0	0	0	0	100	0.0000000	Bu	6.333333	4.555556
4.4b	35.25	22.14	L-Mull	6.44	0	70	30	0	0	0	0	100	0.0000000	Bu	6.750000	4.000000
4.4c	35.07	25.38	L-Mull	6.96	0	60	40	0	0	0	0	100	0.0000000	Bu	5.800000	4.600000
5.1a	4.79	38.00	L-Mull	6.86	0	85	5	10	0	0	0	100	0.0000000	Bu	6.666667	4.000000
5.1b	2.07	36.31	L-Mull	7.23	0	40	60	0	0	0	0	100	0.0000000	Bu	6.714286	4.500000
5.1c	5.89	39.55	L-Mull	6.95	0	90	0	10	0	0	0	100	0.0000000	Bu	7.000000	3.888889
5.2a	12.61	33.20	L-Mull	7.39	0	80	5	15	0	0	0	100	0.0000000	Bu	6.200000	4.769231
5.2b	16.18	37.54	L-Mull	7.60	0	30	40	5	25	0	0	100	0.0000000	Bu	6.000000	3.888889
5.2c	17.62	34.77	L-Mull	7.61	0	20	10	70	0	0	0	100	0.0000000	Bu	5.600000	3.777778
5.3a	26.85	30.43	L-Mull	8.25	0	10	60	20	0	0	0	90	0.0000000	Bu	5.750000	4.846154
5.3b	26.38	32.87	L-Mull	7.60	0	80	10	10	0	0	0	100	0.0000000	Bu	5.000000	4.000000
5.3c	28.18	36.22	L-Mull	7.77	0	100	0	0	0	0	0	100	0.0000000	Bu	5.666667	4.166667
5.4a	34.82	35.03	L-Mull	7.53	0	100	0	0	0	0	0	100	0.0000000	Bu	6.714286	4.727273
5.4b	34.03	35.68	F-Mull	8.00	0	100	0	0	0	0	0	100	0.0000000	Bu	6.800000	4.800000
5.4c	35.78	36.03	L-Mull	7.48	0	100	0	0	0	0	0	100	0.0000000	Bu	6.600000	4.400000
6.1a	2.96	41.97	F-Mull	7.24	0	90	10	0	0	0	0	100	0.0000000	Bu	7.000000	4.142857
6.1b	7.20	45.51	L-Mull	6.75	0	85	15	0	0	0	0	100	0.0000000	Bu	7.000000	3.800000
6.1c	5.27	45.84	L-Mull	7.36	0	100	0	0	0	0	0	100	0.0000000	Bu	7.000000	4.000000
6.2a	18.32	46.69	L-Mull	7.14	0	50	10	0	40	0	0	100	0.0000000	Bu	6.125000	4.583333
6.2b	14.60	45.33	L-Mull	8.29	0	80	20	0	0	0	0	100	0.0000000	Bu	5.750000	4.200000
6.2c	19.32	45.00	L-Mull	7.48	0	95	5	0	0	0	0	100	0.0000000	Bu	7.200000	4.375000
6.3a	25.59	48.01	L-Mull	6.90	0	100	0	0	0	0	0	100	0.0000000	Bu	6.333333	3.500000
6.3b	22.21	44.85	L-Mull	6.93	0	90	20	0	0	0	0	100	0.0000000	Bu	6.333333	3.333333
6.3c	25.74	43.54	L-Mull	7.07	0	100	0	0	0	0	0	100	0.0000000	Bu	7.000000	4.166667
6.4a	33.31	43.48	L-Mull	8.18	0	90	5	0	5	0	0	100	0.0000000	Bu	6.600000	4.857143
6.4b	37.19	46.21	L-Mull	8.33	0	90	10	0	0	0	0	100	0.0000000	Bu	7.000000	4.333333
6.4c	34.21	44.56	L-Mull	8.48	0	90	5	0	5	0	0	100	0.0000000	Bu	5.750000	4.166667

Tabelle 2: a: (erste Tabelle von drei) Die Aufgenommenen Pflanzenarten der Krautschicht aller Probepunkte und ihre Anteile

id	Bedeckung	Verjüngung:	Fraxinus excelsior	Fagus sylvatica	Abies alba	Acer pseudoplatanus	Quercus petraea	Acer campestre	Ilex aquifolium	Crataegus monogyna	Krautige Pflanzen:	Viola reichenbachiana	Viola hirta	Carex sylvatica
2.1a	3	NA	<1	<1	NA	<1	NA	NA	NA	NA	<1	NA	1	
2.1b	1	NA	NA	NA	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
2.1c	5	NA	1	1	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<1	
2.2a	<1	NA	<1	<1	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
2.2b	<1	NA	<1	<1	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
2.2c	<1	NA	<1	NA	NA	<1	NA	NA	<1	NA	NA	NA	<1	
2.3a	2	NA	<1	<1	NA	<1	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
2.3b	<1	NA	<1	<1	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
2.3c	<1	NA	<1	NA	NA	<1	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
2.4a	15	NA	<1	<1	1	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<1
2.4b	5	NA	<1	<1	1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<1
2.4c	8	NA	<1	1	<1	1	<1	<1	NA	NA	NA	NA	NA	<1
3.1a	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<1	NA	NA	
3.1b	<1	NA	<1	NA	NA	<1	NA	NA	NA	NA	<1	NA	<1	
3.1c	3	NA	1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1	NA	1	
3.2a	<1	NA	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
3.2b	<1	NA	<1	NA	NA	<1	NA	NA	<1	NA	NA	NA	NA	
3.2c	<1	NA	NA	<1	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
3.3a	<1	NA	<1	<1	NA	<1	NA	NA	<1	NA	NA	<1	NA	
3.3b	<1	NA	<1	<1	NA	<1	NA	NA	<1	NA	NA	<1	NA	
3.3c	3	NA	<1	<1	NA	<1	NA	NA	<1	NA	1	NA	1	
3.4a	15	NA	<1	2	<1	1	NA	NA	<1	<1	1	<1	10	
3.4b	2	NA	NA	NA	NA	<1	NA	NA	NA	NA	<1	NA	<1	
3.4c	2	NA	NA	NA	NA	<1	NA	NA	<1	NA	NA	<1	NA	
4.1a	<1	NA	NA	<1	NA	<1	<1	NA	<1	NA	NA	<1	NA	
4.1b	<1	NA	<1	<1	NA	<1	NA	NA	NA	NA	<1	NA	<1	
4.1c	1	NA	<1	NA	NA	<1	<1	NA	NA	NA	<1	NA	<1	
4.2a	<1	NA	<1	<1	NA	<1	<1	NA	NA	NA	NA	NA	<1	
4.2b	<1	NA	NA	<1	<1	<1	NA	NA	NA	NA	<1	NA	<1	
4.2c	2	NA	<1	<1	NA	<1	<1	NA	NA	NA	<1	NA	<1	
4.3a	<1	NA	<1	<1	NA	<1	NA	NA	NA	NA	<1	NA	NA	
4.3b	2	NA	<1	<1	<1	<1	<1	NA	NA	NA	<1	NA	<1	
4.3c	2	NA	<1	<1	<1	<1	<1	NA	NA	NA	<1	NA	<1	
4.4a	4	NA	<1	<1	NA	<1	NA	NA	<1	NA	<1	NA	1	
4.4b	<1	NA	<1	<1	NA	<1	NA	NA	NA	NA	<1	NA	<1	
4.4c	15	NA	1	<1	NA	<1	<1	NA	NA	NA	1	NA	5	
5.1a	5	NA	<1	<1	NA	<1	NA	NA	NA	NA	<1	NA	<1	
5.1b	35	NA	1	NA	NA	1	<1	NA	NA	NA	<1	NA	5	
5.1c	4	NA	1	<1	<1	<1	<1	NA	NA	<1	NA	<1	NA	<1
5.2a	15	NA	<1	<1	NA	1	<1	NA	NA	NA	<1	NA	1	
5.2b	4	NA	<1	<1	NA	<1	<1	NA	<1	NA	NA	<1	NA	
5.2c	5	NA	<1	<1	<1	1	<1	NA	NA	NA	<1	NA	<1	
5.3a	20	NA	5	1	NA	1	<1	NA	<1	NA	<1	NA	2	
5.3b	8	NA	3	1	NA	<1	NA	NA	NA	NA	<1	NA	NA	
5.3c	8	NA	5	<1	NA	1	<1	NA	<1	NA	<1	NA	NA	
5.4a	15	NA	8	<1	NA	<1	NA	NA	NA	NA	<1	NA	<1	
5.4b	10	NA	5	<1	<1	1	<1	NA	NA	NA	<1	NA	<1	
5.4c	10	NA	5	<1	<1	<1	<1	NA	NA	NA	<1	NA	<1	
6.1a	4	NA	<1	<1	<1	<1	<1	NA	NA	NA	<1	NA	NA	
6.1b	1	NA	<1	<1	NA	<1	NA	NA	NA	NA	<1	NA	NA	
6.1c	2	NA	<1	<1	NA	<1	NA	NA	NA	NA	<1	NA	NA	
6.2a	3	NA	<1	<1	NA	<1	NA	NA	<1	NA	NA	<1	<1	<1
6.2b	1	NA	<1	NA	NA	<1	NA	NA	<1	NA	NA	NA	<1	
6.2c	2	NA	<1	<1	NA	<1	NA	NA	NA	NA	<1	NA	NA	
6.3a	2	NA	<1	0	0	<1	0	0	NA	NA	<1	NA	<1	
6.3b	1	NA	<1	<1	<1	<1	0	NA	NA	NA	<1	NA	<1	
6.3c	5	NA	2	<1	0	0	0	NA	NA	<1	<1	NA	<1	
6.4a	15	NA	10	<1	0	0	<1	NA	NA	NA	<1	NA	NA	
6.4b	3	NA	1	<1	<1	<1	<1	0	NA	NA	<1	NA	NA	
6.4c	25	NA	10	0	0	2	<1	NA	<1	NA	<1	NA	NA	

Tabelle 3: b: (zweite Tabelle von drei) Die Aufgenommenen Pflanzenarten der Krautschicht aller Probepunkte und ihre Anteile

id	Bedeckung	<i>Hedera helix</i>	<i>Cephalanthera rubra</i>	<i>Anemone nemorosa</i>	<i>Rosa arvensis</i>	<i>Cornus sanguinea</i>	<i>melica uniflora</i>	<i>Holcus mollis</i>	<i>Holcus lanatus</i>	<i>Leontodon hispidus</i>	<i>Euphorbia amygdaloides</i>	<i>Dryopteris spec.</i>	<i>Mercurialis perennis</i>	<i>Rubus spec.</i>
2.1a	3	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<1
2.1b	1	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<1
2.1c	5	2	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
2.2a	<1	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.2b	<1	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.2c	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.3a	2	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.3b	<1	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.3c	<1	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.4a	15	<1	NA	NA	<1	<1	NA	<1	NA	NA	<1	NA	NA	<1
2.4b	5	<1	NA	NA	<1	NA	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	<1
2.4c	8	<1	NA	NA	<1	<1	NA	<1	NA	NA	NA	<1	NA	2
3.1a	<1	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3.1b	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3.1c	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	<1
3.2a	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3.2b	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3.2c	<1	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3.3a	<1	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3.3b	<1	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3.3c	3	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<1
3.4a	15	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	<1
3.4b	2	1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<1
3.4c	2	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4.1a	<1	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4.1b	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<1	NA	NA	NA
4.1c	1	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<1	NA
4.2a	<1	<1	NA	NA	NA	NA	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4.2b	<1	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4.2c	2	<1	NA	NA	NA	NA	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4.3a	<1	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<1
4.3b	2	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA
4.3c	2	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA
4.4a	4	1	NA	NA	<1	NA	NA	NA	<1	NA	NA	NA	NA	<1
4.4b	<1	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<1
4.4c	15	2	NA	NA	NA	NA	NA	2	NA	NA	NA	NA	NA	<1
5.1a	5	4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<1	NA	<1
5.1b	35	20	NA	<1	NA	<1	NA	NA	NA	NA	<1	NA	NA	5
5.1c	4	2	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<1	<1	<1	<1
5.2a	15	1	NA	<1	NA	<1	NA	<1	1	8	NA	<1	NA	<1
5.2b	4	<1	NA	NA	NA	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<1
5.2c	5	1	NA	<1	NA	NA	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	<1
5.3a	20	8	NA	<1	NA	NA	NA	5	NA	<1	NA	NA	NA	<1
5.3b	8	3	NA	<1	NA	NA	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	<1
5.3c	8	1	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
5.4a	15	5	NA	NA	NA	<1	<1	NA	NA	<1	NA	NA	NA	NA
5.4b	10	2	NA	NA	NA	1	NA	NA	NA	<1	NA	NA	NA	NA
5.4c	10	3	NA	NA	NA	<1	<1	NA	NA	<1	NA	NA	NA	NA
6.1a	4	1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<1
6.1b	1	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<1
6.1c	2	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<1
6.2a	3	<1	NA	NA	<1	<1	NA	<1	<1	NA	<1	<1	NA	NA
6.2b	1	<1	NA	<1	<1	<1	NA	NA	NA	<1	NA	<1	NA	NA
6.2c	2	<1	NA	<1	<1	<1	NA	NA	<1	NA	<1	NA	NA	NA
6.3a	2	<1	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
6.3b	1	<1	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
6.3c	5	1	NA	0	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
6.4a	15	2	NA	<1	NA	<1	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
6.4b	3	1	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	<1	NA	NA	NA	NA
6.4c	25	5	NA	<1	NA	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Tabelle 4: c: (dritte Tabelle von drei) Die Aufgenommenen Pflanzenarten der Krautschicht aller Probepunkte und ihre Anteile

id	Bedeckung	<i>Prunus padus</i>	<i>Clematis vitalba</i>	<i>Daphne mezereum</i>	<i>Fragaria vesca</i>	<i>Geum odoratum</i>	<i>Hypericum perforatum</i>	<i>Geranium robertianum</i> agg.	<i>Veronica officinalis</i>	<i>Vinca minor</i>	Bild 69	<i>Vicia spec.</i>	<i>Mycelis muralis</i>	<i>Arum maculatum</i>
2.1a	3	NA	NA	NA	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.1b	1	NA	NA	NA	NA	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.1c	5	NA	<1	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.2a	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.2b	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.2c	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA
2.3a	2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.3b	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.3c	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.4a	15	NA	<1	NA	<1	NA	NA	<1	<1	<1	NA	NA	NA	NA
2.4b	5	NA	NA	NA	<1	NA	NA	<1	<1	<1	NA	NA	NA	NA
2.4c	8	NA	<1	NA	<1	<1	NA	<1	<1	<1	NA	NA	NA	NA
3.1a	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3.1b	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3.1c	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3.2a	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3.2b	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3.2c	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3.3a	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3.3b	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3.3c	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3.4a	15	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<1
3.4b	2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<1	NA	NA	NA
3.4c	2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4.1a	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4.1b	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4.1c	1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4.2a	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4.2b	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4.2c	2	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4.3a	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4.3b	2	<1	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4.3c	2	<1	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4.4a	4	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4.4b	<1	NA	<1	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4.4c	15	NA	<1	<1	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
5.1a	5	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
5.1b	35	<1	NA	NA	<1	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
5.1c	4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
5.2a	15	<1	<1	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
5.2b	4	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
5.2c	5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<1	NA	NA	<1
5.3a	20	<1	<1	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<1	NA	NA
5.3b	8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
5.3c	8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
5.4a	15	NA	<1	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<1
5.4b	10	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
5.4c	10	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
6.1a	4	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<1	NA	NA
6.1b	1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<1	NA	NA	NA	NA
6.1c	2	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<1	NA	NA	NA	NA
6.2a	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
6.2b	1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
6.2c	2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
6.3a	2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
6.3b	1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
6.3c	5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
6.4a	15	NA	<1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
6.4b	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
6.4c	25	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

```

knitr::opts_chunk$set(
  echo = FALSE,
  message = FALSE,
  warning = FALSE
)
library(readxl)
library(dplyr)
library(ggplot2)
library(gstat)
library(sp)
## Veränderung des BodenpH und der Vegetation im Übergang von Nadel zu Laubwald
set.seed(1)
## zufällige Punkte generieren:
grad <- runif(84, min = 0, max = 360)
dist <- runif(84, min = 0, max = 5)
x <- rep(rep(1:7, each= 4), each= 3)
y <- rep(rep(1:4, times = 7), each= 3)
punkt <- rep(letters[1:3], 28)
id <- paste0(x, ".", y, punkt)
tab <- data.frame(id, x, y, punkt, grad = round(grad), dist = round(dist, 2))

## Korrektur: 5.1a mit 5.4a die grad- und dist-Werte im Feld vertauscht.
punkt51a <- filter(tab, id=="5.1a")
punkt54a <- filter(tab, id=="5.4a")
tab[which(tab$id=="5.1a"),c("grad", "dist")] <- punkt54a[,c("grad", "dist")]
tab[which(tab$id=="5.4a"),c("grad", "dist")] <- punkt51a[,c("grad", "dist")]

tab <- tab %>%
  mutate(y_coord = round(10*y + sin(2*pi*(183-grad)/360)*dist,2)-5) %>%
  mutate(x_coord = round(10*x + cos(2*pi*(183-grad)/360)*dist,2)-15) %>%
  filter(x > 1 & x < 7)
### Im Feld aufgenommene Daten einlesen:
data <- read_excel("tabelle1.xlsx")
data <- data %>%
  dplyr::select(id, humusform, pH, Fichte, Buche, Bergahorn,
    Sommerlinde, Esche, Lärche, Anmerkung)

data1 <- left_join(tab, data, by="id")
data1 <- data1 %>%
  mutate(Nadelbaum = Fichte + Lärche,
    Laubbaum = Buche + Bergahorn + Sommerlinde + Esche) %>%
  mutate(Anteil_Nadelbaum = Nadelbaum/(Nadelbaum + Laubbaum))%>%
  mutate(Baumart = ifelse(Anteil_Nadelbaum > 0, "Fi", "Bu")) %>%
  mutate(pH = as.numeric(pH))

vegetation <- read_excel("vegetation1.xlsx")
zeigerwerte <- read_excel("vegetation1.xlsx", sheet = 2)
# Kumulative Darstellung und Vergleich mit Normalverteilung
library(MASS)
fit.norm <- fitdistr(data1$pH, "normal")

par(mfrow=c(1,2), mar=c(4,5,4,0.5))
plot(ecdf(data1$pH), pch="", verticals=T, las=1)

```

```

    main="Normalverteilung", xlab="pH", cex.lab=1.5)
curve(pnorm(x, mean=fit.norm$estimate[1], sd=fit.norm$estimate[2]),
      add=T,lwd=3, col="grey") # passt gut !

#KStest
ks <- ks.test(data1$pH, "pnorm", fit.norm$estimate[1],+ fit.norm$estimate[2])

# Visuelle Darstellung
boxplot(
  data1$pH[which(data1$Baumart == "Fi")], data1$pH[which(data1$Baumart == "Bu")],
  ylab="pH-Wert", names=c("Nadelwald","Laubwald")
)

# Test auf Varianzhomogenität
varFi <- var(data1$pH[which(data1$Baumart=="Fi")])
varBu <- var(data1$pH[which(data1$Baumart=="Bu")]) #größerer Wert
diff <- varBu/varFi

pfTest <- pf(diff, 32, 26, lower.tail=F) #größer als 0,025
# -> Varianzen der Gruppen unterscheiden sich signifikant
pHvartest <- var.test(data1$pH[which(data1$Baumart=="Bu")],data1$pH[which(data1$Baumart=="Fi")])
#p-value sind nicht signifikant heterogen

#Kruskal-Wallis-Test
data1$Baumart <- as.factor(data1$Baumart)
pHkruskal <- kruskal.test(pH ~ Baumart, data=data1)
geodat <- data1
coordinates(geodat) <- ~x_coord + y_coord

## fit a model to the variogram:
vgm_pH <- variogram(pH~1, data=geodat)
fit_vgm <- fit.variogram(vgm_pH, vgm(model = "Exp"))
## fit variogram: model = gaussian (?) (Lin wäre linear, ... vgm())
plot(vgm_pH, fit_vgm, xlab="Distanz in m", ylab="Semivarianz")
grid <- makegrid(geodat, cellsize = 0.5)
#grid <- SpatialPoints(grid)
coordinates(grid) <- ~x1 + x2
pH_kriged <- krige(pH ~ 1, geodat, grid, model=fit_vgm)

pH_kriged %>% as.data.frame %>%
  mutate(pH_interpolation = var1.pred) %>%
  ggplot(aes(x=x1, y=x2)) +
  geom_tile(aes(fill=pH_interpolation)) + coord_equal() +
  scale_fill_gradient(low = "blue", high="orange") +
  #scale_x_continuous(labels=comma) + scale_y_continuous(labels=comma) +
  theme_bw() + xlab("x") + ylab("y") +
  geom_point(data = data1, aes(x_coord, y_coord, size = Anteil_Nadelbaum))

# Vegetation
vegetation1 <- vegetation[,-c(8, 17)]
zeigerwerte1 <- zeigerwerte %>%
  mutate(R = ifelse(R %in% c("x", "NaN"), NA, as.numeric(R))) %>%
  mutate(L = ifelse(L %in% c("x", "NaN") , NA, as.numeric(L)))

```

```

vegetation1 <- vegetation1 %>%
  tidyverse::gather("Art", "Deckung", 7:44) %>%
  left_join(zeigerwerte1, by=c("Art"="Krautschicht")) %>%
  mutate(R = ifelse(Deckung %in% c("0", NA), NA, R)) %>%
  mutate(L = ifelse(Deckung %in% c("0", NA), NA, L))

# Für jeden Punkt den Mittelwert der Zeigerwerte berechnen:
mittlere_zeigerwerte <- vegetation1 %>%
  group_by(id) %>%
  summarise(R = mean(R, na.rm=T), L = mean(L, na.rm = T))

dataveg <- left_join(data1, mittlere_zeigerwerte, by="id")

anhang <- dataveg %>% dplyr::select(-c(x, y, punkt, grad, dist, Anmerkung))

knitr::kable(anhang, "latex", caption= "Die Aufgenommenen pH-Werte aller Probepunkte und Anteile der Arten")
anhangveg <- vegetation %>% dplyr::select(-c(x,y,punkt,grad,dist))
anhangveg1 <- anhangveg[,1:15]
anhangveg2 <- anhangveg[,c(1,2,16:28)]
anhangveg3 <- anhangveg[,c(1,2,29:41)]
taba <- knitr::kable(anhangveg1, "latex", caption = "a: (erste Tabelle von drei) Die Aufgenommenen Pflanzenarten")
kableExtra::landscape(tabta)
tabb <- knitr::kable(anhangveg2, "latex", caption = "b: (zweite Tabelle von drei) Die Aufgenommenen Pflanzenarten")
kableExtra::landscape(tabb)
tabc <- knitr::kable(anhangveg3, "latex", caption = "c: (dritte Tabelle von drei) Die Aufgenommenen Pflanzenarten")
kableExtra::landscape(tabc)

```