

Mitt. POLLICHIA	101	69-78	Bad Dürkheim 2022
-----------------	-----	-------	-------------------

ISSN 0641-9665 (Druckausgabe)
ISSN 2367-3168 (Download-Veröffentlichung)

CLARA DAFERNER UND JOSEF SIMMEL

Trockenmassegehalt und spezifische Fläche von Laubblättern als Indikatorgrößen im Vergleich – ein Anwendungsbeispiel

Kurzfassung

DAFERNER, C. & J. SIMMEL (2022): Trockenmassegehalt und spezifische Fläche von Laubblättern als Indikatorgrößen im Vergleich – ein Anwendungsbeispiel. – Mitt. POLLICHIA **101**: 69–78, Bad Dürkheim.

Die ökologische Aussagekraft von Arten und ihre funktionellen Merkmale sind in der botanischen und naturschutzfachlichen Forschung etabliert und relevant. In der vorliegenden Arbeit werden zwei solche Indikatorgrößen diskutiert, der Trockenmassegehalt von Laubblättern sowie deren spezifische Fläche. Eingesetzt werden beide für die Bewertung der Vegetation in einer Tagebaufläche im rheinland-pfälzischen Oberrheintiefland. Entlang des Altersgradienten der Fläche zeigen verschiedene Bodenparameter und Zeigerwerte nur geringfügig schwankende Werte; die elektrische Leitfähigkeit des Bodens steigt jedoch stark an, während die Mykorrhizierungsrate der Pflanzen zurückgeht. Die Werte der spezifischen Blattfläche steigen im Gradienten ebenfalls an, der Trockenmassegehalt liegt am höchsten für den mittleren Altersabschnitt. Die beiden Indikatorgrößen legen eine Übergangssituation von primärer zu sekundärer Sukzession nahe.

Abstract

DAFERNER, C. & J. SIMMEL (2022): Dry matter content and specific area of leaves as indicator measures – a case example. – Mitt. POLLICHIA **101**: 69–78, Bad Dürkheim.

The ecological significance of species as well as their functional traits are valuable research tools in botany and conservation biology. In this study we discuss two such indicator variables, namely dry matter content and specific area of leaves. Both were used to assess the vegetation of a quarry site in the Upper Rhine Plain in Rhineland-Palatinate. Along an age gradient, various soil parameters and indicator values only exhibited minor differences; however, electrical conductivity showed a strong increase, while mycorrhization rates decreased. Specific leaf area also increased along the gradient, the maximum value of leaf dry matter

content was found for the middle section. Both indicator variables suggest a transitory state of succession from the primary to the secondary phase.

Keywords: conductivity, initial vegetation, leaf thickness, pH, predictor, succession series, transect, water holding capacity.

1 Einleitung

Für die Bewertung ökologischer Zusammenhänge können neben abiotischen Einflussgrößen auch diverse biotische Daten wie etwa die Artenzusammensetzung oder die Eigenschaften von Arten herangezogen werden. In der botanischen Forschung werden unter anderem die ökologische Aussagekraft der Arten sowie ihre funktionell wirksamen Merkmale verwendet. Erstere haben u. a. ELLENBERG et al. (2001), SIMMEL et al. (2017) und SIMMEL et al. (2021) für Gefäßpflanzen, Moose, Flechten und Großpilze in Form von Zeigerwerten nutzbar gemacht, mit denen sich beispielsweise Lichtgenuss, Bodenfeuchte und Bodenreaktion basierend auf der floristischen Zusammensetzung abschätzen lassen. Zu letzteren wurden von POSCHLOD et al. (2003), KLEYER et al. (2008), SIMMEL & POSCHLOD (2017) und anderen umfangreiche Daten zu den vorgenannten taxonomischen Gruppen zusammengetragen, die sich auf Maße und Zustände des Pflanzen- bzw. Pilz(-frucht-)körpers, auf Lebens- und Wachstumsprozesse sowie auf Zusammenhänge bei Bestäubung und Diasporenausbreitung beziehen.

Beide Systeme sind gut etabliert in der botanischen, ökologischen und naturschutzfachlichen Forschung, so etwa beim Vergleich von soziologischen Einheiten oder bei Sukzessionsstudien (z. B.: DZWONKO & LOSTER 1990, VAN DER MAAREL 1993, GARNIER et al. 2004, KAZAKOU et al. 2006, DÖLLE et al. 2008, RAEVEL et al. 2012, SUTER & EDWARDS 2013, HALBWACHS et al. 2016). Sukzessionsstudien sind auch dahingehend interessant, dass noch viele Aspekte der Vorgänge gerade während der primären Phase ungenügend bekannt sind (vgl. MILES & WALTON 1993, WALKER & DEL MORAL 2003, KORABLEV et al. 2020). Die primäre Phase ist gekennzeichnet durch ein noch weitgehend rohes,

typischerweise nährstoffarmes und $\pm$ diasporenfreies Substrat (MILES & WALTON 1993). Anthropogen entstandene Rohbodenflächen können somit ideale Untersuchungsflächen für Sukzessionsstudien darstellen.

Bei freier Sukzession, und folglich ohne künstliche Einbringung von Diasporenmaterial, rekrutiert sich die Vegetation vorrangig aus dem Artenpool der Umgebung (vgl. HÖLZEL et al. 2009). Abhängig von Landnutzungsformen und -intensität in der Umgebung, können verschiedene Pflanzenarten als Erstbesiedler auftreten. Neben den typischen Arten nährstoffarmer Standorte sind dies etwa Ruderalarten und Nährstoffzeiger (GRAY 1993, PORT 1995). Deren unterschiedliche Anpassungen und unterschiedliche Ausprägungen bei bestimmten Zeigerwerten und funktionellen Merkmalen lassen sich so für den Vergleich von Sukzessionsvorgängen und -stadien nutzen (ELLENBERG 2001, LI et al. 2005; RAEVEL et al. 2012). In der vorliegenden Studie wurde mit Hilfe zweier auf die Laubblätter bezogener Indices die Vegetation einer Tagebaufläche in einem zeitlichen Gradienten untersucht.

2 Material und Methoden

2.1 Untersuchungsfläche Neuleiningen

Die Untersuchungsfläche Neuleiningen liegt etwas westlich Grünstadt (Naturraum 227.42, „Göllheimer Hügelland“; 49°33'04.4" N, 8°07'57.5" E) auf ca. 325 m ü.

NN im Nördlichen Oberrheintiefland (Rheinland-Pfalz). Sie befindet sich an der geologischen Schnittstelle zwischen Oberrheinebene und Pfälzerwald und zeichnet sich durch kalkreiche Lehm Böden aus (HEIDELBERGCEMENT 2015). Die durchschnittliche Niederschlagsmenge beträgt 600–650 mm, die Jahresdurchschnittstemperatur 9,4 °C (MERKEL o. J.).

Die Fläche selbst gliedert sich in einen aktiven Steinbruch sowie einen bereits aufgegebenen Tagebau. Es finden keine Pflegemaßnahmen oder andere künstliche Eingriffe statt. Der Abbau wurde im ältesten, östlichen Teil der Fläche vor 1995 eingestellt, im jüngsten, westlichen Teil dauerte der Abbau bis 2002/2003 (pers. Mitteilung J. RÖDER, Fa. HeidelbergCement 2019). Die Tagebaufläche ist Teil des Vogelschutzgebietes Haardtrand (LFU 2010). Im Westen, Norden und Osten umgeben Abbruchkanten des früheren Kalksteinabbaus die ansonsten nahezu ebene Untersuchungsfläche (Abb. 1 und 2).

2.2 Vegetation

Die Vegetation wurde mittels Transekten erfasst. Diese setzten sich, abhängig von der Flächengröße aus 20 bzw. 10 m langen Teiltransekten zusammen, die jeweils senkrecht stehend aneinander gereiht waren. An allen ganzen Meterpunkten wurden die dort vorhandenen Pflanzen, inklusive juveniler und toter Exemplare, notiert und deren Wuchshöhe gemessen. Bei dieser Erfassungsmethode ergibt sich die Häu-



Abb. 1. Untersuchungsfläche Neuleiningen, Blick in Richtung NNW, am Übergang des jungen (am linken Bildrand) in den mittleren Altersabschnitt. (Aufnahme: J. Simmel)

figkeit der einzelnen Arten aus der Anzahl an Meterpunkten, an denen sie angetroffen wurden. Zusätzlich wurden die Gesamtdeckung und die Deckung der Moosvegetation entlang der einzelnen Teiltransekte geschätzt. In der vorliegenden Arbeit wird eine aufsummierte Vegetationstabelle gegeben, die ausführliche Tabelle inklusive der einzelnen Erfassungspunkte findet sich bei DAFERNER & SIMMEL (2020).

Für die ökologische Bewertung werden die Indikatorwerte nach Ellenberg für die Variablen Bodenfeuchte (F), Bodenreaktion (R) sowie Nährstoffverfügbarkeit (N) verwendet (ELLENBERG 2001).

2.3 Spezifische Blattfläche und Blatt-Trockenmassegehalt

Der Blatt-Trockenmassegehalt (leaf dry matter content, LDMC) gibt das Verhältnis von Trocken- (m_{trocken}) zu Frischmasse (m_{feucht}) wieder (GARNIER et al. 2001). Berechnet wird dieser Prozentwert als

$$[1] \text{ LDMC} = \frac{m_{\text{trocken}}}{m_{\text{feucht}}} \times 100.$$

Alle Blätter wurden direkt nach der Rückkehr aus dem Gelände mindestens 24 h bei 4 °C in destilliertes Wasser eingelegt, um volle Wassersättigung sicherzustellen (GARNIER et al. 2001). Sie wurden dann trockengetupft und das Feuchtgewicht mit einer Feinwaage (Sartorius R160P-D1D) ermittelt. Anschließend wurden die Blätter für 48 h bei 40 °C in

einem Klimaschrank getrocknet und gewogen. Je Art und Altersabschnitt wurden 4–6 gesund und typisch erscheinende Blätter verwendet.

Die spezifische Blattfläche (specific leaf area; SLA) berechnet sich aus der Fläche (A) und dem Trockengewicht der Blätter.

$$[2] \text{ SLA} = \frac{A}{m_{\text{trocken}}}$$

GARNIER et al. (2001) geben noch weitere Formeln für die Berechnung der SLA an. Diese kann so auch mit der Formel

$$[3] \text{ SLA} = \frac{1}{\text{LDMC} \times \text{LT}}$$

berechnet werden, die – folglich ohne die Blattfläche zu betrachten – den Blatt-Trockenmassegehalt (s. o.) miteinbezieht. Die statistisch sehr robuste Beziehung zwischen LT, LDMC und SLA wurde u. a. von GARNIER et al. (2004) und VILE et al. (2005) bestätigt. In der vorliegenden Arbeit wurde die SLA mit Formel [3] berechnet. Verwendet wurden Blätter der fünf Arten, die auch für die Ermittlung der Mykorrhizierungsraten besammelt wurden (s. Tab. 4). Die Blattdicke wurde mit einer Schiebelehre (BGS technic) derart gemessen, dass die Blätter zwischen zwei Glasobjektträger gelegt wurden, wobei darauf geachtet wurde, dickere Blattnerven auszusparen. Einfache Blätter wurden an vier Stellen, zusammengesetzte (gefiederte) Blätter an sechs Teilblättchen gemessen.



Abb. 2. Blick in Richtung NNO auf den alten Altersabschnitt. (Aufnahme: J. Simmel)

Tab. 1. Artenliste der Untersuchungsfläche Neuleinigen mit Gliederung in den jungen, mittleren und alten Altersabschnitt. Für jeden Abschnitt sind Anzahl und Länge der Transekte, Mittelwerte zu Vegetationsparametern sowie die Anzahl der vorkommenden Arten genannt. Bei den einzelnen Arten bedeuten die Zahlen die Anzahl an Transekten je Altersabschnitt, in denen sie vorkamen. Insgesamt umfasst die Liste 58 Arten.

	Jung	Mittel	Alt
N Transekte	8	12	11
Transektlänge [m]	20	10	10
Mittelwerte			
Wuchshöhe max [cm]	55	60	70,5
Offenboden [%]	36,3	68,8	53,6
Gesamtdeckung [%]	63,8	31,3	46,4
Moosschicht [%]	0,7	0,3	0,4
N Arten	40	31	35
<i>Achillea millefolium</i>	.	.	3
<i>Agrostis capillaris</i>	3	5	5
<i>Ajuga genevensis</i>	1	.	1
<i>Anchusa arvensis</i>	1	.	.
<i>Arabis hirsuta</i>	1	.	.
<i>Arrhenatherum elatius</i>	.	1	2
<i>Briza media</i>	.	.	3
<i>Bromus erectus</i>	2	1	4
<i>Carlina vulgaris</i>	8	10	10
<i>Centaurea jacea</i>	.	1	.
<i>Clematis vitalba</i>	.	.	2
<i>Conyza canadensis</i>	2	.	.
<i>Coronilla varia</i>	7	9	11
<i>Crataegus monogyna</i>	1	.	.
<i>Dactylis glomerata</i>	7	6	3
<i>Daucus carota</i>	4	1	5
<i>Erigeron acris</i>	4	1	2
<i>Festuca rubra</i>	4	6	1
<i>Galium mollugo s. str.</i>	7	8	7
<i>Galium verum</i>	1	.	.
<i>Geum urbanum</i>	.	1	.
<i>Glebionis segetum</i>	.	.	1
<i>Helictotrichon pratense</i>	.	.	4
<i>Hieracium murorum</i>	1	4	6
<i>Hieracium pilosella</i>	7	12	11
<i>Hypericum perforatum</i>	4	.	.
<i>Inula conyzae</i>	2	.	.
<i>Koeleria macrantha</i>	.	.	2
<i>Lapsana communis</i>	1	.	.

<i>Leontodon hispidus</i>	7	.	.
<i>Linum catharticum</i>	1	2	1
<i>Lotus corniculatus</i>	8	8	9
<i>Medicago lupulina</i>	.	.	1
<i>Medicago sativa</i>	3	1	.
<i>Melampyrum pratense</i>	1	.	.
<i>Ononis spinosa</i>	.	1	1
<i>Origanum vulgare</i>	8	6	7
<i>Pastinaca sativa</i>	1	3	.
<i>Phleum bertolonii</i>	6	2	3
<i>Picris hieracioides</i>	3	6	2
<i>Pimpinella saxifraga</i>	3	.	.
<i>Pinus sylvestris</i>	.	.	1
<i>Plantago lanceolata</i>	6	6	6
<i>Poa compressa</i>	2	.	.
<i>Poa trivialis</i>	.	2	.
<i>Rubus fruticosus</i>	.	.	1
<i>Sanguisorba minor</i>	7	7	9
<i>Scabiosa columbaria</i>	.	1	.
<i>Senecio jacobaea</i>	2	2	1
<i>Senecio vulgaris</i>	.	1	.
<i>Tanacetum corymbosum</i>	1	.	.
<i>Taraxacum officinale</i>	4	3	1
<i>Teucrium chamaedrys</i>	.	.	1
<i>Thesium pyrenaicum</i>	1	.	1
<i>Thymus pulegioides</i>	2	2	.
<i>Trifolium aureum</i>	2	.	.
<i>Tussilago farfara</i>	2	1	.
<i>Viola odorata</i>	.	.	1

Tab. 2. Mittlere Zeigerwerte nach Ellenberg für die Bodenfeuchte (F), Bodenreaktion (R) und die Nährstoffverfügbarkeit (N) für drei Altersabschnitte am Standort Neuleinigen.

	F	R	N
jung	4,1	6,9	3,6
mittel	4,3	7,2	4,2
alt	4,0	7,0	3,8

2.4 Bodenuntersuchungen

Zur Charakterisierung der Böden wurden die Faktoren Wasserspeicherkapazität, pH-Wert und elektrische Leitfähigkeit gemessen.

Die Analyse der Wasserspeicherkapazität erfolgte nach der bei KARLÍK & POSCHLOD (2009) dargestellten Methode mit Stechzylindern. In jedem Abschnitt (Neuleinungen) wurden acht Proben genommen. Nach 24-stündiger Wasserung wurde die maximale Wassersättigung und anschließend nach 24-stündiger Trocknung bei 105 °C das Trockengewicht des Bodens gemessen. Aus diesen beiden Werten wurde der Wasseranteil in Prozent berechnet.

Für die Messung von pH-Wert und Leitfähigkeit wurden je Abschnitt acht Proben mittels Kammerbohrer aus der Erdschicht bis 20 cm Tiefe gewonnen. Diese Proben wurden getrocknet, gesiebt und diejenigen der einzelnen Abschnitte miteinander gemischt. Die Messung des pH-Wertes erfolgte in einer 1:5-Suspension in 0,01 M CaCl₂-Lösung mit einer Gelelektrolyt-pH-Messkette (BlueLine IDS 24, SI Analytics), die der elektrischen Leitfähigkeit (in μScm^{-1}) in einer 1:2-Suspension in destilliertem Wasser mit einer Leitfähigkeitsmesszelle (LF 413T IDS, SI Analytics).

2.5 Mykorrhizierungsrate

Die Mykorrhizierungsrate wurde für die drei Altersabschnitte (Neuleinungen) ermittelt. Dazu wurde von den fünf häufigsten Arten, für die nach WANG & QIU (2006) von einer Mykorrhizierung auszugehen ist, Wurzelmaterial von zwei Individuen je Art und Abschnitt ausgegraben. Die Mykorrhizastrukturen wurden entsprechend der Färbemethode bei VIERHEILIG et al. (1998) mit Tinte angefärbt und unter dem Mikroskop mit einem Zählgitter erfasst. Entsprechend gibt die Rate den Anteil von Wurzelbereichen mit Mykorrhizastrukturen im Verhältnis zur Gesamtlänge der Wurzeln in Prozent wieder.

3 Ergebnisse

3.1 Vegetation und Zeigerwerte nach Ellenberg

Auf die ganze Fläche bezogen waren Arten der Familien Asteraceae, Poaceae, Fabaceae und Lamiaceae am stetigsten vertreten (Tab. 1). Die häufigsten, in allen Altersstadien vertretenen Arten waren *Hieracium pilosella*, *Carlina vulgaris* und *Lotus corniculatus*. Die maximalen Wuchshöhen der Vegetation liegen am höchsten im alten, am niedrigsten im jungen Altersabschnitt, sie erreichen hier im Mittel ca. 71 cm bzw. ca. 55 cm. Die Gesamtdeckung war mit knapp 64 % am höchsten im jungen Abschnitt.

Bei den Zeigerwerten nach Ellenberg lagen die Werte für alle drei Faktoren jeweils ähnlich hoch (Tab. 2), für die Feuchtezahl um 4,1 (trockene bis mittelfeuchte Böden), für die Reaktionszahl um 7,0 (schwach saure bis schwach ba-

Tab. 3: Ergebnisse der Bodenuntersuchungen an den Standorten Neuleinungen und Monsheim. WHC = water holding capacity (Wasserhaltekapazität); pH = pH-Wert in CaCl₂; eL = elektrische Leitfähigkeit in dest. H₂O.

	WHC / %	pH	eL / μScm^{-1}
jung	15,89	7,88	81,35
mittel	12,93	7,81	105,55
alt	11,02	7,80	177,85

sische Böden) und für die Nährstoffzahl um 4,0 (arme bis mäßig nährstoffreiche Böden).

3.2 Bodenuntersuchungen, Mykorrhizierungsraten und funktionelle Merkmale

In den drei Altersabschnitten wurden zur Charakterisierung der Böden die Faktoren Wasserhaltekapazität, pH-Wert und elektrische Leitfähigkeit untersucht (Tab. 3). Die WHC hatte ihren höchsten Wert im jüngsten Teil der Fläche (ca. 16 %), die pH-Werte schwankten um 7,85. Die eL betrug mit ca. 178 μScm^{-1} im alten Abschnitt mehr als das Doppelte wie im jungen Abschnitt.

Für den Vergleich der Mykorrhizierungsraten im Altersgradienten wurden fünf Pflanzenarten verwendet (Tab. 4, links). Bei *Carlina vulgaris* und *Hieracium pilosella* lag die Rate stets bei oder nahe bei 100 %, bei den drei weiteren Arten zeigten die Raten eine starke Abnahme hin zu den Werten für den alten Abschnitt.

Die Maximal- und Minimalwerte der Indikatorgrößen SLA und LDMC lagen um knapp 7 Einheiten bzw. ca. 17 % auseinander (Tab. 4, rechts), bei der SLA mit im Altersgradienten ansteigenden Werten, beim LDMC mit dem höchsten Wert für den mittleren Abschnitt und dem niedrigsten Wert für den alten Abschnitt.

4 Diskussion

4.1 Vegetation im Überblick

Unter pflanzensoziologischen Gesichtspunkten setzt sich die Vegetation der untersuchten Flächen vorrangig aus Elementen der Ruderalfluren und der Halbtrockenrasen zusammen. Im jüngsten Altersabschnitt herrscht das Poo compressae-Tussilaginetum farfarae vor, im mittleren und alten Abschnitt ein eher rudimentäres Trifolion medii mit Anklängen an das Melampyrrion pratensis sowie die Brometalia erecti (DAFERNER & SIMMEL 2020).

Carlina vulgaris, *Hieracium pilosella* und *Lotus corniculatus* als die drei häufigsten, in allen drei Altersabschnitten vorkommenden Arten sind, ebenso wie die beiden im jungen Abschnitt häufigsten Arten (*Dactylis glomerata* und *Phleum nodosum*), typische Arten von Offenland- und lich-

Tab. 4: Mittelwerte der am Standort Neuleiningen für drei Altersstadien untersuchten Pflanzenarten zu Mykorrhizierungsraten (MYK), Spezifischer Blattfläche (SLA) und Blatt-Trockenmassegehalt (LDMC).

Art	MYK / %	SLA / m ² kg ⁻¹	LDMC / mgg l
<i>Carlina vulgaris</i> – jung	100	7,7	333,3
– mittel	100	9,0	285,7
– alt	100	12,5	200,0
<i>Coronilla varia</i> – jung	81	8,6	363,6
– mittel	53	4,1	714,3
– alt	5	30,0	111,1
<i>Hieracium pilosella</i> – jung	96	12,7	187,5
– mittel	100	18,7	130,4
– alt	100	15,0	166,7
<i>Origanum vulgare</i> – jung	92	11,5	333,3
– mittel	78	8,0	500,0
– alt	36	11,1	333,3
<i>Sanguisorba minor</i> – jung	100	13,6	333,3
– mittel	73	19,0	250,0
– alt	51	20,0	250,0
Mittelwert – jung	93,8	10,8	310,2
– mittel	80,8	11,8	376,1
– alt	58,4	17,7	212,2

ten Waldbeständen; alle genannten Arten bevorzugen basen- und ± kalkreiche, sandig-lehmige bis lehmig-bindige Böden und werden als Rohbodenpioniere eingestuft (SEBALD et al. 1992, SEBALD et al. 1996, OBERDORFER 2001).

Die beiden im alten Abschnitt häufigsten Arten, *Bromus erectus* und *Hieracium murorum*, lassen eine bereits tiefergreifender Bodenbildung und Nährstoffanreicherung bzw. allgemeiner eine Konsolidierung des Standortes erkennen (SEBALD et al. 1996, 1998, OBERDORFER 2001). Dies wird durch die im Altersgradienten zunehmenden Wuchshöhen der Vegetation unterstützt (DAFERNER & SIMMEL 2020).

4.2 Bodenuntersuchungen, Mykorrhizierungsrate und Indikatorgrößen

Im Altersgradienten geht die Wasserhaltekapazität geringfügig zurück, während der pH-Wert nahezu stabil ist. Hingegen nimmt die elektrische Leitfähigkeit deutlich zu und liegt im Maximum (alter Abschnitt) bei knapp 180 μScm^{-1} . Der Standort zeichnet sich aufgrund des Kalksteinabbaus und der erst etwa 15 bis 25 Jahre zurückliegenden Nutzung durch eine Rohbodensituation aus. Humus bzw. Feinhumus konnten sich bislang kaum ansammeln, was sowohl die recht niedrigen Werte der Wasserspeicher-

kapazität, den hohen pH-Wert (vgl. auch SEBALD et al. 1992, SEBALD et al. 1996, 1998) als auch die selbst im alten Abschnitt niedrige Leitfähigkeit erklärt. Für Ton- und Lehm Böden werden Leitfähigkeiten von bis über 100 bzw. 10.000 μScm^{-1} angegeben (LUND et al. 1999).

Die mittleren Feuchte-, Reaktions- und Nährstoffzahlen liegen jeweils sehr ähnlich hoch und zeigen somit keinen ausgeprägteren Einfluss des Alters der Flächen. Die Werte selbst jedoch passen gut zu der Situation; die Kalk-Rohböden der Fläche (vgl. HEIDELBERGCEMENT 2015) sind basenreich und aufgrund der Humusarmut recht trocken. Das Auftreten von Arten der trockenen Ruderalfluren und Magerrasen erklärt weiterhin die eher niedrigen mittleren Nährstoffzahlen. Die Mykorrhizierungsrate stellt ein indirektes Maß der Nährstoffverfügbarkeit des Bodens dar. Sie nimmt im Altersgradienten stark ab, die Nährstoffverfügbarkeit steigt folglich mit dem Alter der Flächen an (cf. OTTOW 2011; SCHMIDT et al. 2010), was sich auch aus dem Ansteigen der Werte der elektrischen Leitfähigkeit folgern lässt.

Für die SLA ergaben sich im Altersgradienten deutlich ansteigende Werte. Diese Entwicklung passt gut zu den Befunden anderer Studien, die zwar über lange Zeiträume eine Abnahme der SLA-Werte zeigen, in den ersten etwa 10–20 Jahren nach Nutzungsaufgabe jedoch eine Zunahme oder nahezu stabile Werte (GARNIER et al. 2004, KAHMEN & POSCHLOD 2004, KAZAKOU et al. 2006, SUTER & EDWARDS 2013). In der vorliegenden Studie wurden jeweils die gleichen Pflanzenarten beprobt, folglich waren im Mittel deren Blätter im jungen Abschnitt dünner bzw. weicher und im Altersgradienten dann zunehmend dicker bzw. fester. Auf die Vegetation als Ganzes bezogen, entspricht dies einem anfänglich hohen Anteil schnellwüchsiger, groß- bzw. weichblättriger Pflanzenarten. Auf der Untersuchungsfläche Neuleiningen erfolgte die Nutzungsaufgabe im ältesten Bereich vor 1995, was ein Alter von etwa 24 Jahren ergibt. Legt man die genannten Studien zugrunde, ist in den nächsten Jahren eine Umkehr der Entwicklung hin zu langsamwüchsigen, klein- und/oder hartblättrigen Arten zu erwarten, verursacht vorrangig durch die weiter fortschreitende Verdrängung annueller und wenigjähriger Arten durch Stauden und Gehölze (RAEVEL et al. 2012).

Beim LDMC ergaben sich hingegen ein Höchstwert für den Abschnitt mittleren Alters sowie ein um über 160 Einheiten niedrigerer Wert für den ältesten Abschnitt. In den Studien von KAZAKOU et al. (2006) und SUTER & EDWARDS (2013) konnten für den LDMC mit dem Alter der Flächen stetig steigende Werte festgestellt werden. Dabei lagen die niedrigsten Werte bei etwa 220–250 mgg^l, die höchsten bei etwa 330–370 mgg^l. GARNIER et al. (2004) fanden eine davon verschiedene Entwicklung. Auf einen ersten Anstieg, der nach 7–8 Jahren kulminierte, folgt in ihrer Studie ein Abfall bis unter die Anfangswerte und zwischen 12 und 26 Jahren ein erneuter, steiler Anstieg. In ihrer Studie wurden in diesem ersten Maximum 377 mgg^l erreicht, der insgesamt höchste Wert (gefunden für die älteste Fläche) lag bei 411 mgg^l. Somit fügen sich die in der vorliegenden Studie gefundenen Werte des LDMC gut ein. Weiterhin legen die

Ergebnisse von GARNIER et al. (2004) nahe, dass der für den mittleren Altersabschnitt festgestellte Höchstwert von 376 mgg⁻¹ ebenfalls ein erstes Maximum darstellt. Dieses Maximum repräsentiert eine relativ zum Frischgewicht hohe Trockenmasse der Blätter der fünf untersuchten Arten, bzw. auf die Vegetation insgesamt bezogen einen vergleichsweise hohen Anteil langsamwüchsiger, klein- bzw. hartblättriger Arten (GARNIER et al. 2004; RAEVEL et al. 2012).

4.3 Vergleich der beiden Indices und Ausblick

In die Berechnung der SLA geht neben dem LDMC auch die Blattdicke (LT) mit ein. Diesbezüglich konnten VILE et al. (2005) bestätigen, dass LDMC und LT eine verlässliche Berechnung der SLA erlauben, auch unabhängig von Messungen der Blattfläche und der Blattdichte. SLA und LDMC stellen in der Regel nahezu gegenläufige Indices dar, dies gilt sowohl bei uni- als auch multivariater Auswertung (GARNIER et al. 2004; KAZAKOU et al. 2006; SUTER & EDWARDS 2013; vgl. auch RAEVEL et al. 2012). Ähnlich der Situation bei GARNIER et al. (2004) zeigt sich dies in der vorliegenden Studie nicht in so klarer Weise, ein Gesamtrend (zunehmende Werte der SLA, abnehmende Werte des LDMC) hingegen ist erkennbar. Der Werteverlauf beider Indices legt eine Übergangssituation nahe (s. o.); am Standort Neuleiningen geht nach ca. 24 Jahren die frühe Phase der Sukzession zu Ende und wird zunehmend von der sekundären Phase abgelöst. In vergleichbarer Weise haben auch DAFERNER & SIMMEL (2020) festgestellt, dass die abiotischen Bedingungen, insbesondere die Humusarmut, für eine Einordnung in die primäre Sukzessionsphase sprechen, die floristische Zusammensetzung jedoch eher für eine Einordnung in die sekundäre Phase.

Die Zeitreihe der SLA-Werte ist im vorliegenden Fall einfacher zu interpretieren als die der LDMC-Werte mit einem lokalen Maximum. Auch lassen sich die Werte der SLA besser mit der Entwicklung der Werte von elektrischer Leitfähigkeit und Mykorrhizierungsrate vergleichen. Beide, die Leitfähigkeit mit im Altersgradienten zunehmenden und die Mykorrhizierungsrate mit abnehmenden Werten, lassen eine gewisse Nährstoffanreicherung im Boden erkennen. Diese schlägt sich noch nicht in der Entwicklung der mittleren Nährstoffzahlen nach Ellenberg nieder, durchaus aber in den Werten der SLA.

Bei der Bewertung von Pflanzenbeständen anhand der SLA ist zu beachten, dass diese auch durch den Bestandsaufbau beeinflusst wird. Im Falle offener, allein aus krautigen Arten aufgebauter Vegetation ohne bzw. mit sehr geringen Anteilen von (Zwerg)Sträuchern kann die SLA direkt als Indikatorgröße verwendet werden, so wie in der vorliegenden Studie geschehen. Die SLA ist dabei ein Prädiktor der Nährstoffverfügbarkeit des Bodens (HODGSON et al. 2011). Anders verhält es sich an sehr produktiven Standorten und beim stärkeren Auftreten von Gehölzen, d. h. bei zunehmenden Deckungswerten von Hochstauden und insbesondere von Sträuchern und Bäumen, denn die SLA wird

durch den zunehmenden Schattenwurf und Kronenschluss stark beeinflusst und ist dann vielmehr „a hybrid ‚soil fertility–shade‘ index“ (HODGSON et al. 2011, S. 1343), also kein Prädiktor allein der Bodenfruchtbarkeit mehr. Für dichtere und von Gehölzen geprägte Bestände kann der LDMC besser als Indikatorgröße geeignet sein (GARNIER et al. 2004, HODGSON et al. 2011).

Wie oben gezeigt, lassen die Untersuchungen von GARNIER et al. (2004), KAHMEN & POSCHLOD (2004), KAZAKOU et al. (2006) und SUTER & EDWARDS (2013) eine Trendumkehr bei SLA und LDMC vermuten. Eine Wiederholung der Aufnahmen in einigen Jahren könnte hierzu interessante Daten liefern.

5 Dank

Wir bedanken uns bei Prof. Dr. Andreas Martens (Pädagogische Hochschule Karlsruhe) für die Mitbetreuung der zugrundeliegenden Masterarbeit von Clara Daferner, bei der HeidelbergCement AG für die Betretungs- und Arbeits-erlaubnis sowie bei Herrn Jochen Röder (Heidelberg) für die Einführung in die Gebiete.

6 Literatur

- DAFERNER, C. & SIMMEL, J. (2020): Die frühe Vegetations-sukzession in zwei Tagebauen im Nördlichen Ober-rheintiefland.– Hoppea, Denkschr. Regensb. Bot. Ges., 81, in Druck.
- DÖLLE, M., BERNHARDT-RÖRMERMANN, M., PARTH, A. & SCHMIDT, W. (2008): Changes in life history trait composition during undisturbed old-field succession. – *Flora* 203(6): 508–522.
- DZWONKO, Z. & LOSTER, S. (1990): Vegetation differentiation and secondary succession on a limestone hill in southern Poland. – *Journal of Vegetation Science* 1: 615–622.
- ELLENBERG, H. (2001): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen (ohne *Rubus*). – In: ELLENBERG, H., WEBER, H. E., DÜLL, R., WIRTH, V. & WERNER, W. (Hrsg.): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. – S. 9–166, Göttingen.
- ELLENBERG, H., WEBER, H. E., DÜLL, R., WIRTH, V. & WERNER, W. (Hrsg.): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. – 262 S., Göttingen.
- GARNIER, E., SHIPLEY, B., ROUMET, C. & LAURENT, G. (2001): A standardized protocol for the determination of specific leaf area and leaf dry matter content. – *Functional Ecology* 15: 688–695.
- GARNIER, E., CORTEZ, J., BILLÈS, G., NAVAS, M.-L., ROUMET, C., DEBUSSCHE, M., LAURENT, G., BLANCHARD, A., AUBRY, D., BELLMANN, A., NEILL, C. & TOUSSAINT, J.-P. (2004): Plant functional markers capture ecosystem properties during secondary succession. – *Ecology* 85(9): 2630–2637.
- GRAY, A. J. (1993): The vascular plant pioneers of primary

- succession: Persistence and phenotypic plasticity. – In: MILES, J. & D. W. H. WALTON (Hrsg.): Primary succession on land. – S. 179–192, Oxford.
- HALBWACHS, H., SIMMEL, J. & BÄSSLER, C. (2016): Tales and mysteries of fungal fruiting: How morphological and physiological traits affect a pileate lifestyle. – *Fungal Biology Reviews* 30(2): 36–61.
- HEIDELBERGCEMENT (2015): Quarry Life Award Neuleiningen. – URL: <https://www.quarrylifeaward.de/quarries/germany/neuleiningen-0> (Abruf: 7.12.2019).
- HODGSON, J. G., MONTSERRAT-MARTÍ, G., CHARLES, M., JONES, G., WILSON, P., SHIPLEY, B., SHARAFI, M., CERABOLINI, B. E. L., CORNELISSEN, J. H. C., BAND, S. R., BOGARD, A., CASTRO-DÍEZ, P., GUERRERO-CAMPO, J., PALMER, C., PÉREZ-RONTOMÉ, M. C., CARTER, G., HYND, A., ROMO-DÍEZ, A., DE TORRES ESPUNY, L. & ROYO PLA, F. (2011): Is leaf dry matter content a better predictor of soil fertility than specific leaf area? – *Annals of Botany* 108: 1337–1345.
- HÖLZEL, N., REBELE, F., ROSENTHAL, G. & EICHBERG, C. (2009): Ökologische Grundlagen und limitierende Faktoren der Renaturierung. – In: ZERBE, S. & WIEGLEB, G. (Hrsg.): Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa. – S. 23–53, Heidelberg.
- KAHMEN, S. & POSCHLOD, P. (2004): Plant functional responses to grassland succession over 25 years. – *Journal of Vegetation Science* 15: 21–32.
- KARLÍK, P. & POSCHLOD, P. (2009): History or abiotic filter – which is more important in determining the species composition of calcareous grasslands? – *Preslia* 81: 321–340.
- KAZAKOU, E., VILE, D., SHIPLEY, B., GALLET, C. & GARNIER, E. (2006): Co-variations in litter decomposition, leaf traits and plant growth in species from a Mediterranean old-field succession. – *Functional Ecology* 20: 21–30.
- KLEYER, M., BEKKER, R. M., KNEVEL, I. C., BAKKER, J. P., THOMPSON, K., SONNENSCHNEIN, M., POSCHLOD, P., VAN GROENENDAEL, J. M., KLIMEŠ, L., KLIMEŠOVÁ, J., KLOTZ, S., RUSCH, G. M., HERMY, M., ADRIAENS, D., BOEDELTE, G., BOSSUYT, B., DANNEMANN, A., ENDELS, P., GÖTZENBERGER, L., HODGSON, J. G., JACKEL, A.-K., KÜHN, I., KUNZMANN, D., OZINGA, W. A., RÖRMERMANN, C., STADLER, M., SCHLEGELMILCH, J., STEENDAM, H. J., TACKENBERG, O., WILMANN, B., CORNELISSEN, J. H. C., ERIKSSON, O., GARNIER, E. & PECO, B. (2008): The LEDA Traitbase: A database of the life-history traits of Northwest European flora. – *Journal of Ecology* 96: 1266–1274.
- KORABLEV, A., SMIRNOV, V., NESHATAEVA, V., KUZMIN, I. & NEKRASOV, T. (2020): Plant dispersal strategies in primary succession on the Tolbachinsky Dol volcanic Plateau (Russia). – *Journal of Vegetation Science*, doi: 10.1111/jvs.12901
- LfU (Landesamt für Umwelt; 2010): Natura2000 VSG-Gebietssteckbrief 6514-401. – URL: <http://natura2000.rlp.de/steckbriefe/index.php?a=s&b=g&c=vsg&pk=VSG6514-401> (Abruf: 16.12.2019).
- LI, Y., JOHNSON, D. A., SU, Y., CUI, J. & ZHANG, T. (2005): Specific leaf area and leaf dry matter content of plants growing in sand dunes. – *Botanical Bulletin Academia Sinica Taipei* 46: 127–134.
- LUND, E. D., CHRISTY, C. D. & DRUMMOND, P. E. (1999): Practical applications of soil electrical conductivity mapping. – *Proceedings of the 2nd European Conference on Precision Agriculture*: 1–9.
- MERKEL, A. (o. J.): Klima Grünstadt: Wetter, Klimatabelle & Klimadiagramm für Grünstadt. – URL: <https://de.climate-data.org/europa/deutschland/rheinland-pfalz/gruenstadt-12615/> (Abruf: 15.12.2020).
- MILES, J. & D. W. H. WALTON (1993): Primary succession revisited. – In: MILES, J. & D. W. H. WALTON (Hrsg.): Primary succession on land. – S. 295–302, Oxford.
- OBERDORFER, E. (2001): Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Deutschland und angrenzende Gebiete. – 8. Aufl., 1051 S., Stuttgart.
- OTTOW, J. C. G. (2011): Fußpilze der Pflanzen: Mykorrhizae. – In: OTTOW, J. C. G. (Hrsg.): Mikrobiologie von Böden. Biodiversität, Ökophysiologie und Metagenomik. – S. 455–473, Berlin, Heidelberg.
- POSCHLOD, P., KLEYER, M., JACKEL, A.-K., DANNEMANN, A. & TACKENBERG, O. (2003): BIOPOP – a database of plant traits and internet application for nature conservation. – *Folia Geobotanica* 38: 263–271.
- POTT, R. (1995): Die Pflanzengesellschaften Deutschlands. – 2. Aufl., 622 S., Stuttgart.
- RAEVEL, V., VIOLLE, C. & MUNOZ, F. (2012): Mechanisms of ecological succession: insights from plant functional strategies. – *Oikos* 121: 1761–1770.
- SCHMIDT, B., DOMONKOS, M., ŞUMĀLAN, R. & BIRÓ, B. (2010): Suppression of arbuscular mycorrhiza's development by high concentrations of phosphorous at *Taraxacum officinale* L. – *Research Journal of Agricultural Science* 42(4): 156–162.
- SEBALD, O., SEYBOLD, S. & PHILIPPI, G. (Hrsg.; 1992): Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs. Band 3: Spezieller Teil. Droseraceae bis Rosaceae. – 483 S., Stuttgart.
- SEBALD, O., SEYBOLD, S., PHILIPPI, G. & WÖRZ, A. (Hrsg.; 1996): Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs. Band 6: Spezieller Teil. Valerianaceae bis Asteraceae. – 577 S., Stuttgart.
- SEBALD, O., SEYBOLD, S., PHILIPPI, G. & WÖRZ, A. (Hrsg.; 1998): Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs. Band 7: Spezieller Teil. Butomaceae bis Poaceae. – 595 S., Stuttgart.
- SIMMEL, J., AHRENS, M. & POSCHLOD, P. (2020): Ellenberg N values of bryophytes in Central Europe. – *Journal of Vegetation Science*, doi: 10.1111/JVS.12957
- SIMMEL, J., BÄSSLER, C. & POSCHLOD, P. (2017): Ellenberg indicator values for macromycetes – a methodological approach and first applications. – *Fungal Ecology* 27: 202–212.
- SIMMEL, J. & POSCHLOD, P. (2017): Lifestyle and threat of

- macromycetes, and functional traits correlated with it. – *Mycological Progress* 16(9): 905–915.
- SUTER, M. & EDWARDS, P. J. (2013): Convergent succession of plant communities is linked to species' functional traits. – *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 15(4): 217–225.
- VAN DER MAAREL, E. (1993): Relations between sociological-ecological species groups and Ellenberg indicator values. – *Phytocoenologia* 23: 343–362.
- VIERHEILIG, H., COUGHLAN, A. P., WYSS, U. & PICHÉ, Y. (1998): Ink and vinegar, a simple staining technique for arbuscular-mycorrhizal fungi. – *Applied and Environmental Microbiology* 64(12): 5004–5007.
- VILE, D., GARNIER, E., SHIPLEY, B., LAURENT, G., NAVAS, M.-L., ROUMET, C., LAVOREL, S., DÍAZ, S., HODGSON, J. G., LLORET, F., MIDGLEY, G. F., POORTER, H., RUTHERFORD, M. C., WILSON, P. J. & WRIGHT, I. J. (2005): Specific leaf area and dry matter content estimate thickness in laminar leaves. – *Annals of Botany* 96(6): 1129–1136.
- WALKER, L. R. & DEL MORAL, R. (2003): Primary succession and ecosystem rehabilitation. – 435 S., Cambridge.
- WANG, B. & QIU, Y.-L. (2006): Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. – *Mycorrhiza* 16: 299–363.

Anschriften der Autoren:

Clara Daferner
Wendelinusstraße 7
D-76646 Bruchsal

Dr. Josef Simmel
Büro für Botanik und Mykologie
Büro für Botanik und Mykologie
Donaustraße 11
93077 Bad Abbach-Oberndorf
www.josefsimmel.de

Eingegangen bei der Schriftleitung: 1. Oktober 2020

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der POLLICHIA](#)

Jahr/Year: 2022

Band/Volume: [101](#)

Autor(en)/Author(s): Daferner Clara, Simmel Josef

Artikel/Article: [Trockenmassegehalt und spezielle Fläche von Laubblättern als Indikatorgrößen im Vergleich – ein Anwendungsbeispiel 69-78](#)