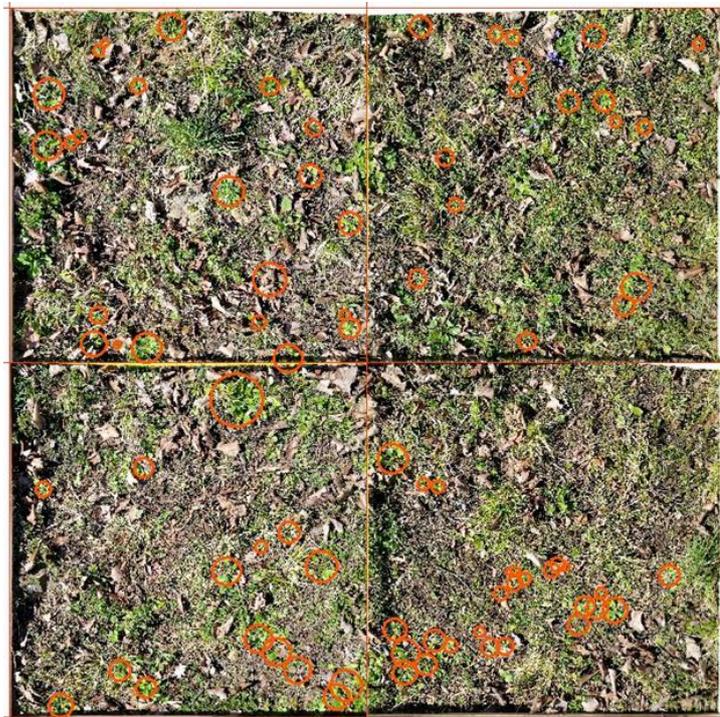


Erprobung von Maßnahmen zur Zurückdrängung des Einjährigen Berufkrauts (*Erigeron annuus*) im NSG „Ölberg Ehrenstetten“

– Abschlussbericht –



INULA Institut für Naturschutz und Landschaftsanalyse

Dr. Holger Hunger & Dr. Franz-Josef Schiel
Diplom-Biologen
Wilhelmstraße 8
79098 Freiburg
Tel. 0761 – 70 760 400
info@inula.de
www.inula.de



Bearbeitung: Dr. Holger Hunger (Dipl.-Biologe)
Martin Hoffmann (M. Sc. Umweltwissenschaften)
Sophia Anslinger (M. Sc. Environmental Sciences)
Rebecca Fies (M. Sc. Biodiversitätsmanagement)

im Auftrag von: Regierungspräsidium Freiburg, Ref. 56, Gabriel Rösch

Datum: 11.11.2019

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Untersuchungsgebiet.....	3
3	Methoden	3
3.1	Untersuchungsansatz.....	3
3.2	Konzeption der Behandlungen	5
3.3	Design des Versuchsfelds und Datenaufnahme	6
3.3.1	Das Versuchsfeld.....	6
3.3.2	Plots und Messrahmen	8
3.3.3	Fotografische Dokumentation der Subplots	9
3.3.4	Datenaufbereitung in GIS	10
3.3.5	Datenaufbereitung in R Studio	11
4	Ergebnisse.....	12
4.1	Darstellung der Ergebnisse in QGIS.....	12
4.2	Dokumentation der Behandlungen auf den Terrassen.....	15
4.2.1	Terrasse 1	15
4.2.2	Terrasse 2	15
4.2.3	Terrasse 3	16
4.2.4	Terrasse 4	17
4.3	Vergleich der Behandlungen	18
5	Diskussion	29
5.1	Vergleich nach Behandlung.....	29
5.1.1	Zu berücksichtigende Effekte auf Terrasse 4	29
5.1.2	Vergleich der Änderungen	30
5.1.3	Vergleich von Behandlungen mit und ohne Übersaat	31
5.1.4	Einfluss von Umweltfaktoren.....	31
5.2	Vergleich nach Aufnahmejahr	33

6	Zusammenfassung	37
6.1	Fazit mit Diskussion der Anfangs-Hypothesen	37
6.1.1	Wird durch die Mahd vor der Samenreife das Aussamen verhindert? ...	37
6.1.2	Erfolgt durch eine Mahd ohne Abräumen ein Ausdunkeln der Rosetten?	37
6.1.3	Wirkt sich das Rupfen von <i>Erigeron annuus</i> positiv auf die Zurückdrängung der Pflanze aus?	37
6.1.4	Wird durch eine Nachbeweidung eine Nachblüte verhindert und erfolgt eine Schädigung der Pflanzen?	37
6.1.5	Wird durch eine Übersaat der Konkurrenzdruck auf <i>Erigeron annuus</i> erhöht?	37
6.2	Bewirtschaftungsempfehlungen.....	38
6.2.1	Maßnahmenempfehlungen für bestehendes Grünland	38
6.2.2	Empfehlungen für Brachen, Wegränder, enthurstete Flächen etc.	38
6.3	Ausblick auf mögliche weitere Auswertungen.....	39
6.3.1	Laubeintrag reduziert die Anzahl der <i>Erigeron annuus</i> -Rosetten durch direkte Beschattung.....	39
6.3.2	Eine hohe Deckung konkurrenzkräftiger krautiger Arten und Gräser vor Versuchsbeginn beeinflusst die Entwicklung von Anzahl und Fläche der <i>Erigeron annuus</i> -Rosetten in den Folgejahren	40
7	Anhang	42
8	Literaturverzeichnis.....	49

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Untersuchungsgebiet im NSG „Ölberg Ehrenstetten“	3
Abb. 2: Versuchsdesign – schematisch und nicht maßstäblich; die dargestellten Plots sind auf großen Flächen verteilt. Rot hinterlegt: Bereiche mit mehrmaliger Wiesendrusch-Aufbringung; grün: ohne Wiesendrusch-Aufbringung. Die 1. Mahd fand stets vor der Samenreife, die 2. Mahd im Spätsommer statt. Nummerierung der Subplots: T1R1Q1 = Terrasse 1, Rahmen 1, Quadrant 1.	7
Abb. 3: Rahmen zur Abgrenzung der ProbepLOTS, unterteilt in vier Subplots. An den Ecken befinden sich die Eisenvermessungsrohre, zu erkennen an den roten Kunststoffkappen (sichtbar unten rechts). Auf diesen wurde zur besseren Orientierung zudem die Plotnummer vermerkt.	8
Abb. 4: Drohnenaufnahme eines Plots vom 19.03.2019.	9
Abb. 5: Screenshot aus ArcGIS: Vier georeferenzierte und entzerrte Subplots, die zu einem Plot zusammengesetzt wurden.	10
Abb. 6: Übersicht über die Verteilung der digitalisierten <i>Erigeron annuus</i> -Rosetten auf den Terrassen des Versuchsfelds 2015. Die Plots auf Terrasse 4 sind in dieser Darstellung anders angeordnet als im tatsächlichen Versuchsfeld. Die jeweils 4 linken Plots mit, die 4 rechten ohne Übersaat; Terrasse 4: obere 4 Plots mit Übersaat. Die oben stehende Legende gilt ebenfalls für die Abb. 7-10.	12
Abb. 7: Übersicht über die Verteilung der digitalisierten <i>Erigeron annuus</i> -Rosetten auf den Terrassen des Versuchsfelds 2016. Nähere Erläuterungen siehe Abb. 6.	13
Abb. 8: Übersicht über die Verteilung der digitalisierten <i>Erigeron annuus</i> -Rosetten auf den Terrassen des Versuchsfelds 2017. Nähere Erläuterungen siehe Abb. 6.	13
Abb. 9: Übersicht über die Verteilung der digitalisierten <i>Erigeron annuus</i> -Rosetten auf den Terrassen des Versuchsfelds 2018. Nähere Erläuterungen siehe Abb. 6.	14
Abb. 10: Übersicht über die Verteilung der digitalisierten <i>Erigeron annuus</i> -Rosetten auf den Terrassen des Versuchsfelds 2019. Nähere Erläuterungen siehe Abb. 6.	14
Abb. 11: Die Mitwirkenden bei der <i>Erigeron</i> -Rupfaktion. Es fehlen Frank Baum und Carola Koch. Foto: Holger Hunger, 18.05.2018.	16
Abb. 12: Terrasse 4 am 18.05.2018 und am 25.11.2018. Vor allem auf dem Herbstbild ist eine deutliche Zweiteilung gut sichtbar.	17
Abb. 13: Boxplot der Gesamtanzahl von <i>Erigeron annuus</i> -Rosetten für die acht Behandlungen über alle Untersuchungsjahre (2015 bis 2019). T4 und TE4 unterscheiden sich signifikant von allen anderen Behandlungen.	18

Abb. 14: Boxplot der Gesamtfläche von *Erigeron annuus*-Rosetten für die acht Behandlungen über alle Untersuchungsjahre (2015 bis 2019). T4 und TE4 unterscheiden sich signifikant von allen anderen Behandlungen. 19

Abb. 15: Boxplot der Gesamtanzahl von *Erigeron annuus*-Rosetten für die fünf Aufnahmejahre über alle Behandlungen. Alle Aufnahmejahre außer 2015 und 2017 unterscheiden sich signifikant von allen anderen Aufnahmejahren, wobei 2016 signifikant höhere Werte als 2018 und 2018 signifikant höhere Werte als 2019 aufzeigt..... 19

Abb. 16: Boxplot der Gesamtfläche von *Erigeron annuus*-Rosetten für die fünf Aufnahmejahre über alle Behandlungen. Alle Aufnahmejahre außer 2015 und 2017 unterscheiden sich signifikant von allen anderen Aufnahmejahren, wobei 2016 signifikant höhere Werte als 2018 und 2018 signifikant höhere Werte als 2019 aufzeigt..... 20

Abb. 17: Boxplots der Änderungen der Anzahl von *Erigeron annuus*-Rosetten pro Behandlung zwischen Aufnahmejahren (li) und im Vergleich zur Erstaufnahme 2015 (re). Werte unterhalb von 0 repräsentieren eine Abnahme, Werte darüber eine Zunahme. Die Änderung zwischen den Jahren ist mit Ausnahme von T3, TE4 und T4 recht ähnlich zwischen den Behandlungen. Im Vergleich mit 2015 zeigt T4 die größte Abnahme, gefolgt von TE1 und T1. Im Vergleich mit 2015 zeigen alle Behandlungen mit Übersaat eine größere Abnahme als ohne Übersaat innerhalb einer Terrasse, mit Ausnahme von TE4. 21

Abb. 18: Boxplots der Änderungen der Fläche von *Erigeron annuus*-Rosetten pro Behandlung zwischen Aufnahmejahren (li) und im Vergleich zur Erstaufnahme 2015 (re). Werte unterhalb von 0 repräsentieren eine Abnahme, Werte darüber eine Zunahme. Die Änderung zwischen den Jahren ist mit Ausnahme von T3, TE4 und T4 recht ähnlich zwischen den Behandlungen. Im Vergleich mit 2015 zeigen alle Behandlungen mit Übersaat eine größere Abnahme als ohne Übersaat innerhalb einer Terrasse, mit Ausnahme von TE4. 23

Abb. 19: Boxplots der Änderungen der Anzahl von *Erigeron annuus*-Rosetten über alle Behandlung zwischen Aufnahmejahren (li) und im Vergleich zur Erstaufnahme 2015 (re). Zwischen den Jahren ist für 2017_2018 eine Zunahme zu verzeichnen und die Abnahme für 2018_2019 ist am größten. Im Vergleich zu 2015 zeigt 2015_2018 im Vergleich zu 2015_2017 zwar eine Zunahme, insgesamt handelt es sich aber trotzdem um eine Abnahme. Die größte Abnahme erfolgte 2015_2017, gefolgt von 2015_2019. 25

Abb. 20: Boxplots der Änderungen der Fläche von *Erigeron annuus*-Rosetten über alle Behandlung zwischen Aufnahmejahren (li) und im Vergleich zur Erstaufnahme 2015 (re). Zwischen den Jahren ist für 2017_2018 eine Zunahme zu verzeichnen und die Abnahme 2016_2017 ist am größten. Im Vergleich zu 2015 zeigt 2015_2018 im Vergleich zu 2015_2017 nur eine minimale Abnahme. Die größte Abnahme zeigt 2015_2019..... 26

Abb. 21: Boxplots des Verhältnisses von Fläche und Anzahl von *Erigeron annuus*-Rosetten pro Aufnahmejahr (li) und Behandlung (re). Je größer die Fläche bzw. je kleiner die Anzahl, desto höher ist der Wert. 2016 ist das Verhältnis Fläche zu Anzahl am größten, gefolgt von 2019. Für die Behandlungen T2 und T3 ist das Verhältnis Fläche zu Anzahl am größten, für

T1 am geringsten. Die Behandlungen der Terrasse 3 (T3 und TE3) unterscheiden sich deutlich voneinander.	27
Abb. 22: Jahresverlauf von Niederschlag, durchschnittlicher Temperatur, maximaler und minimaler Temperatur pro Kalenderwoche für das Jahr 2018.	32
Abb. 23: Jahresverlauf von Niederschlag, durchschnittlicher Temperatur, maximaler und minimaler Temperatur pro Kalenderwoche für das Jahr 2015.	32
Abb. 24: Ziegen bevorzugen die weniger steilen Bereich innerhalb der Terrasse 4 und versuchen benachbarte Gehölzen außerhalb der Fläche zu fressen.	35
Abb. 25: GoogleEarth-Luftbild aus dem Jahr 2009. Bei den hellen Bereichen (rechte Hälfte von Terrasse 4 und die kompletten darüber liegenden Terrassen) könnte es sich um blühende <i>Erigeron annuus</i> -Bestände handeln.....	35
Abb. 26: Drohnenaufnahme (INULA) vom 02.09.2019. Bereiche mit viel blühendem <i>Erigeron annuus</i> erscheinen weißlich.	36
Abb. 27: Drohnenaufnahme (INULA) vom 02.09.2019 in schräger Ansicht.	36
Abb. 28: links 2015, rechts 2018: Terrasse 3, Reihe 4. Die <i>Erigeron</i> -Rosetten sind mit der Digitalisierung überlagert. Zu erkennen ist der hohe Laubeintrag. Innerhalb der drei Jahre ist hier sowohl die Anzahl als auch die Fläche der <i>Erigeron</i> -Rosetten deutlich zurückgegangen.....	39
Abb. 29: links: Terrasse 3E, Reihe 4 im März 2015. Zu erkennen ist der hohe Anteil des Weißen Labkrauts (<i>Galium album</i>) im linken unteren Quadranten (Q3). Rechts: Terrasse 3, Reihe 7 2015. Zu erkennen ist der hohe Anteil an Gräser-Horsten.	41
Abb. 30: Boxplots der Gesamtanzahl von <i>Erigeron annuus</i> -Rosetten pro Aufnahmejahr, aufgetragen nach Behandlung. Im Aufnahmejahr 2019 sind für alle Behandlungen die Werte sehr gering im Vergleich zu 2018 mit Ausnahme von T3.	46
Abb. 31: Boxplots der Gesamtanzahl von <i>Erigeron annuus</i> -Rosetten pro Aufnahmejahr, aufgetragen nach Behandlung. Im Aufnahmejahr 2019 sind für alle Behandlungen die Werte sehr gering im Vergleich zu 2018 mit Ausnahme von T3.	46
Abb. 32: Boxplots der Gesamtanzahl von <i>Erigeron annuus</i> -Rosetten pro Behandlung, aufgetragen nach Aufnahmejahr.	47
Abb. 33: Boxplots der Gesamtfläche von <i>Erigeron annuus</i> -Rosetten pro Behandlung, aufgetragen nach Aufnahmejahr.	47
Abb. 34: Boxplots der Änderungen der Gesamtanzahl von <i>Erigeron annuus</i> -Rosetten pro Behandlung für die einzelnen Aufnahmejahre verglichen mit der Erstaufnahme 2015. Werte unterhalb von 0 repräsentieren eine Abnahme, Werte darüber eine Zunahme.....	48

Abb. 35: Boxplots der Änderungen der Gesamtanzahl von *Erigeron annuus*-Rosetten pro Behandlung für die einzelnen Aufnahmejahre verglichen mit dem Vorjahr. Werte unterhalb von 0 repräsentieren eine Abnahme, Werte darüber eine Zunahme..... 48

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Ergebnis des Kruskal-Wallis-Tests für die Änderung der Anzahl von <i>Erigeron annuus</i> -Rosetten pro Behandlung zwischen den Aufnahmejahren.....	21
Tab. 2: Ergebnis des Kruskal-Wallis-Tests für die Änderung der Anzahl von <i>Erigeron annuus</i> -Rosetten pro Behandlung im Vergleich zur Erstaufnahme 2015.....	22
Tab. 3: Ergebnis des Kruskal-Wallis-Tests für die Änderung der Fläche von <i>Erigeron annuus</i> -Rosetten pro Behandlung zwischen den Aufnahmejahren.....	23
Tab. 4: Ergebnis des Kruskal-Wallis-Tests für die Änderung der Fläche von <i>Erigeron annuus</i> -Rosetten pro Behandlung im Vergleich zur Erstaufnahme 2015.....	24
Tab. 5: Ergebnis des Kruskal-Wallis-Tests für die Änderung der Anzahl von <i>Erigeron annuus</i> -Rosetten pro Behandlung zwischen den Aufnahmejahren.....	25
Tab. 6: Ergebnis des Kruskal-Wallis-Tests für die Änderung der Anzahl von <i>Erigeron annuus</i> -Rosetten pro Behandlung im Vergleich zur Erstaufnahme 2015.....	25
Tab. 7: Ergebnis des Kruskal-Wallis-Tests für die Änderung der Fläche von <i>Erigeron annuus</i> -Rosetten pro Behandlung zwischen den Aufnahmejahren.....	26
Tab. 8: Ergebnis des Kruskal-Wallis-Tests für die Änderung der Fläche von <i>Erigeron annuus</i> -Rosetten pro Behandlung im Vergleich zur Erstaufnahme 2015.....	26
Tab. 9: Ergebnis des Kruskal-Wallis-Tests für das Verhältnis von Fläche und Anzahl von <i>Erigeron annuus</i> -Rosetten pro Aufnahmejahr	27
Tab. 10: Ergebnis des Kruskal-Wallis-Tests für das Verhältnis von Fläche und Anzahl von <i>Erigeron annuus</i> -Rosetten pro Behandlung.....	27
Tab. 11: Ergebnis des Mann-Whitney U-Tests für eine Gruppierung des Datensatzes nach Übersaat versus keine Übersaat statt nach Behandlungen für verschiedene Aufteilungen der Daten. Für eine Aufteilung nach Fläche gibt es keine Signifikanzen, während sich für eine Aufteilung nach Anzahl bei allen Datensätzen Übersaat versus keine Übersaat signifikant unterscheidet.....	28
Tab. 12: Gesamtfläche und -anzahl sowie durchschnittliche Gesamtfläche und -anzahl der <i>Erigeron annuus</i> -Rosetten pro Behandlung für die Erstaufnahme 2015	42

Tab. 13: Gesamtfläche und -anzahl sowie durchschnittliche Gesamtfläche und -anzahl der <i>Erigeron annuus</i> -Rosetten pro Behandlung für 2016.....	42
Tab. 14: Gesamtfläche und -anzahl sowie durchschnittliche Gesamtfläche und -anzahl der <i>Erigeron annuus</i> -Rosetten pro Behandlung für 2017.....	42
Tab. 15: Gesamtfläche und -anzahl sowie durchschnittliche Gesamtfläche und -anzahl der <i>Erigeron annuus</i> -Rosetten pro Behandlung für 2018.....	43
Tab. 16: Gesamtfläche und -anzahl sowie durchschnittliche Gesamtfläche und -anzahl der <i>Erigeron annuus</i> -Rosetten pro Behandlung für 2019.....	43
Tab. 17: Durchschnittliche Änderung der Gesamtfläche der <i>Erigeron annuus</i> -Rosetten pro Behandlung im Vergleich zur Erstaufnahme 2015.....	43
Tab. 18: Durchschnittliche Änderung der Gesamtanzahl der <i>Erigeron annuus</i> -Rosetten pro Behandlung im Vergleich zur Erstaufnahme 2015.....	44
Tab. 19: Durchschnittliche Änderung der Gesamtfläche der <i>Erigeron annuus</i> -Rosetten pro Behandlung zwischen den Jahren.....	44
Tab. 20: Aufsummierte Änderung der Gesamtfläche der <i>Erigeron annuus</i> -Rosetten pro Behandlung zwischen den Jahren.....	44
Tab. 21: Durchschnittliche Änderung der Gesamtanzahl der <i>Erigeron annuus</i> -Rosetten pro Behandlung im Vergleich zur Erstaufnahme 2015.....	44
Tab. 22: Aufsummierte Änderung der Gesamtanzahl der <i>Erigeron annuus</i> -Rosetten pro Behandlung im Vergleich zur Erstaufnahme 2015.....	45
Tab. 23: Durchschnittliche Änderung der Gesamtanzahl der <i>Erigeron annuus</i> -Rosetten pro Behandlung zwischen den Jahren.....	45
Tab. 24: Aufsummierte Änderung der Gesamtanzahl der <i>Erigeron annuus</i> -Rosetten pro Behandlung zwischen den Jahren.....	45

1 Einleitung

Ziel des Projektes ist die Evaluierung verschiedener Methoden zur möglichst effektiven Zurückdrängung des regional stark invasiven Einjährigen Berufkrauts (*Erigeron annuus*). Das Einjährige Berufkraut, auch als Feinstrahl bezeichnet, stammt ursprünglich aus Nordamerika und dem südlichen Kanada und wurde im 17. Jahrhundert als Zierpflanze nach Europa gebracht ¹ und ist seit dem 18. Jahrhundert in Europa und Westasien verwildert und eingebürgert (SEBALD et al. 1992). Heute wird die Art nicht mehr aktiv in Gärten angepflanzt, ist jedoch als typische Ruderalpflanze vor allem auf gestörten und nährstoffreichen Flächen z.B. entlang von Bahntrassen bereits etabliert. Die Art weist eine fakultative apomiktische Fortpflanzung auf und ist, anders als der Name vermuten lässt, nicht immer einjährig, sondern kann auch zweijährig oder – bei Mahd – mehrjährig sein (AGIN 2014). Einige Voraussetzungen für ein hohes Invasionspotential sind daher erfüllt. Die Art ist seit Langem bei uns bekannt, breitet sich jedoch seit einiger Zeit sehr stark aus. Dieses kann durch geänderte Klimabedingungen – so heißt es in einem Infoblatt des Landwirtschaftlichen Zentrums Liebegg (CH), dass sich die Art infolge des Hitzesommers 2003 sehr stark ausgebreitet habe ².

In Südwestdeutschland, so auch im Naturschutzgebiet Ölberg bei Ehrenkirchen, bildet das Einjährige Berufkraut insbesondere auf ehemaligen Weinbergen trockenwarmer Standorte, welche in Magerrasen umgewandelt werden sollten, Dominanzbestände. Laut der Website *Daisie*³ gilt es bereits in 14 europäischen Ländern als etabliert. Über das Invasionspotential dieser Art geben jedoch weder DAISIE noch die Seite des Bundesamts für Naturschutz ⁴ oder die Koordinationsstelle Invasive Neophyten in Schutzgebieten Sachsen-Anhalts ⁵ Auskunft. Einzig die Schwarze Liste der Schweiz¹ führt die Art. Hier wird angegeben, dass vegetationsfreie Flächen besonders gefährdet sind und auch kleine Bestände sofort bekämpft werden müssen. Die Situation u.a. in Naturschutzgebieten in der Markgräfler Rheinebene sowie in der Schweiz lässt vermuten, dass das Invasions-Potential der Art deutlich unterschätzt wird. Daher ist es wenig verwunderlich, dass über die Bekämpfung des Einjährigen Berufkrauts bis dato kein Konsens herrscht. TRITIKOVA 2008 konnte nachweisen, dass das Einjährige Berufkraut auf 1000 m ü. NN durch Mahd reduziert wird, während dies auf 400 m nicht der Fall ist. Tatsächlich kann eine mehrschürige Mahd die Art in ihrer Verbreitung sogar fördern, da sie mit mehreren Stängeln wieder aufwächst. Festgestellt wurde auch, dass sogar drei- bis viermaliger Schnitt innerhalb von drei Jahren keine sichtbaren Ergebnisse

¹ www.infoflora.ch, abgerufen 2014

² https://www.liebegg.ch/upload/rm/merkblatt-einjahriges-berufskraut.pdf?_=1539952821000, abgerufen 08.11.2019

³ www.europe-aliens.org, abgerufen 2014

⁴ www.neobiota.de, abgerufen 2014

⁵ www.korina.info, abgerufen 2014

brachte (mündl. Mitteilung Günther Gelpke, Naturschutz- Planung und Beratung, Düben- dorf). Die Schweizer Website *Infoflora*⁶ nennt das Ausreißen der Pflanzen vor der Samen- bildung als einzige Möglichkeit, die Art effektiv zu bekämpfen; dieses ist jedoch äußerst zeit- und kostenintensiv und teilweise auf Grund der flächenhaften Dominanz der Art nicht mehr umsetzbar. Zudem wird geraten, die Pflanzenteile komplett von der Fläche zu entfernen. Bezüglich Ziegenbeweidung als Bekämpfungsmethode des Einjährigen Berufkrauts ist ebenso wenig bekannt. In einer Dokumentation über die Ziegenbeweidung des NSG „Tenn- loher Forst“ konnte gezeigt werden, dass diese junge Triebe des Feinstrahls bis in den Mai fressen, im Sommer jedoch auf Grund des hohen Gerb- und Bitterstoffgehalts nur noch die Blüten abbeißen (MARABINI 2014).

Das Einjährige Berufkraut ist in seiner Wuchsform hochwüchsig und dominant. Da es be- vorzugt offene Bodenstellen besiedelt, sind im NSG „Ölberg“ vor allem typische Artenge- meinschaften der Trockenrasen besonders gefährdet. Um diese, entsprechend der Ziele des Pflege- und Entwicklungsplans, in einen günstigen Erhaltungszustand zu überführen, ist ein effizientes Zurückdrängen des Einjährigen Berufkrauts unerlässlich.

Um dies so ressourcenschonend wie möglich zu gestalten, müssen geeignete Maßnahmen erprobt und evaluiert werden. Das vom Regierungspräsidium Freiburg, Ref. 56, beauftragte Forschungsprojekt entspricht demnach direkt dem Ziel Nr. 2 der „Aktuellen Umsatzschwer- punkte der Naturschutzstrategie BW bis 2016“ und trägt dazu bei, „einen günstigen Erhal- tungszustand für alle für die Kulturlandschaft des Landes typischen Arten sowie für die eu- roparechtlich geschützten Lebensraumtypen und Tier- und Pflanzenarten zu erreichen“.

⁶ <https://www.infoflora.ch/>, abgerufen 2014

2 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet mit den im Folgenden erwähnten Terrassen zeigt Abb. 1.

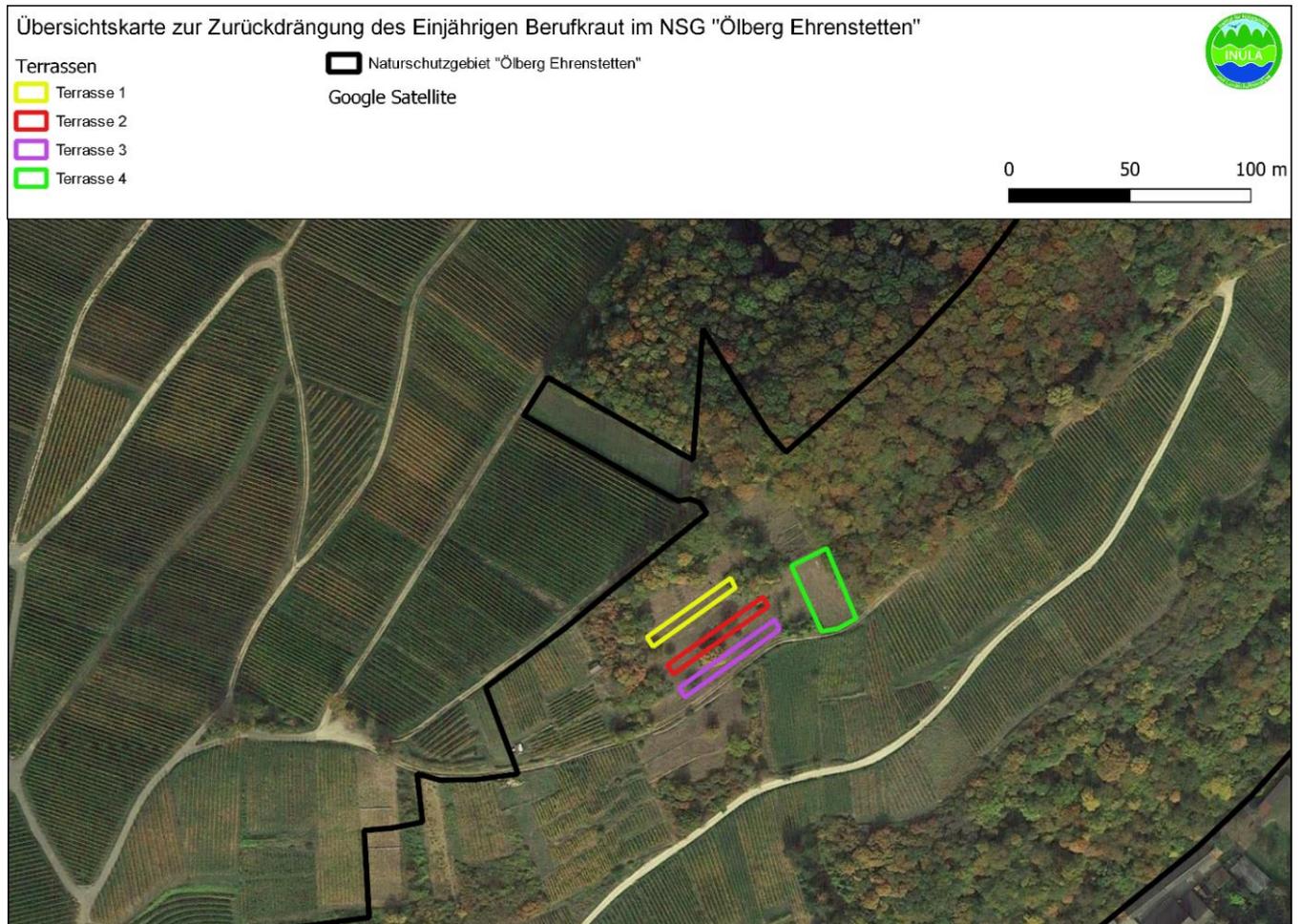


Abb. 1: Untersuchungsgebiet im NSG „Ölberg Ehrenstetten“

3 Methoden

3.1 Untersuchungsansatz

Auf den drei übereinander gelegenen, steilen und südostexponierten Terrassen 1 bis 3 mit etwa gleicher Größe (500 m²) und der mit 850 m² etwas größeren, im Nordosten angrenzenden Terrasse 4 wurden vier unterschiedliche Behandlungen angewandt und bezüglich ihrer Wirksamkeit zur Bekämpfung des Einjährigen Berufkrauts evaluiert. Die Terrassen 1 bis 3 sind hinsichtlich ihrer Standorteigenschaften sehr ähnlich und war in den Jahren vor Beginn der Untersuchungen zweimal gemäht worden. Terrasse 4 trug erst eine sehr lückige Vegetation und wies demnach einen sehr hohen Anteil offener Bodenstellen auf. Aufgrund starker Dominanz des Einjährigen Berufkrauts war die Fläche vor Beginn der Untersuchungen dreimal im Jahr gemäht worden.

Hauptziel der Untersuchung war es, Maßnahmen zur Zurückdrängung des Berufkrauts zu erproben, die auch auf größeren Flächen mit vertretbarem finanziellem und personellem

Aufwand durchgeführt werden könnten.

Nach den Zeigerwerten von Ellenberg ist das Einjährige Berufkraut als Lichtpflanze (Ellenberg Zeigerwerte L=7) und ausgesprochenen Stickstoffzeiger (Ellenberg Zeigerwerte N=8) charakterisiert ⁷.

Unsere Ansätze waren daher:

- **Verhinderung des Aussamens**, um die weitere Ausbreitung und Etablierung von *Erigeron*-Jungpflanzen zu minimieren, durch Mahd vor der Samenreife.
- **Nährstoffentzug**, um Zielarten der Magerrasen gegenüber dem Berufkraut zu fördern. Da es sich bei den Versuchsfeldern um ehemalige Rebflächen handelt, wurde von noch hohen Nährstoffvorräten im Boden ausgegangen, wie auch durch entsprechende Begleitarten mit ebenfalls hohen Nährstoffansprüchen deutlich wurde. Eine Ausmagerung des Bodens sollte demnach sowohl Magerrasenarten fördern als auch das Einjährige Berufkraut zurückdrängen. Ausmagerung geschieht durch Biomasseentzug (Mahd mit Abräumen). In den seit 40 Jahren laufenden Offenhaltungsversuchen Baden-Württembergs wurde aber gezeigt, dass entgegen der landläufigen Meinung auch Mulchen, besonders wenn es im Frühjahr durchgeführt wird, zu einer Ausmagerung des Standorts und zur Förderung von konkurrenzschwachen Arten der Trockenrasen führen kann (MLR 2016).
- **Ausdunkelung der *Erigeron*-Rosetten** durch Mahd ohne Abräumen, um die Regeneration nach dem Schnitt zu behindern.
- **Erhöhung des Konkurrenzdrucks** auf *Erigeron* durch Übersaat mit standorttypischem Wiesendrusch. Die Pflanzenbestände auf den Untersuchungsflächen waren noch nicht gesättigt, sodass sich Artenzusammensetzung und Artenmächtigkeiten laufend änderten. Um diese zugunsten der Zielvegetation zu verschieben, erfolgte auf einem Teil der Untersuchungsflächen eine Übersaat mit standorttypischem Wiesendrusch.
- **Maximale Schädigung der *Erigeron*-Pflanzen durch Ausrupfen**: Diese Methode entspricht nicht dem Ziel eines mit vertretbarem Aufwand auch großflächig durchführbaren *Erigeron*-Managements. Da jedoch in anderen Untersuchungen das Ausrupfen vor der Samenbildung bisher als einzige effiziente Maßnahme zur Bekämpfung des Einjährigen Berufkrauts angesehen wurde, wurde die unterste Terrasse (Terrasse 3) entsprechend gepflegt, um auch hierzu Vergleichsdaten zu erhalten.
- Schädigung der *Erigeron*-Pflanzen durch **Nachbeweidung**. Es ist wenig über die Wirkung von Beweidung auf *Erigeron annuus* bekannt. Um hierzu Erfahrungen zu sammeln, wurde auf Terrasse 4 eine zweimalige Nachbeweidung durchgeführt.

Da nicht mit kurzfristigen Erfolgen zu rechnen war, wurden die Maßnahmen über vier Jahre hinweg durchgeführt, um Entwicklungstrends sichtbar zu machen.

⁷ <http://statedv.boku.ac.at/zeigerwerte/?art=Erigeron>, abgerufen 2014

3.2 Konzeption der Behandlungen

Die folgenden Behandlungen kamen zur Anwendung. Die 1. Mahd fand stets vor der Samenreife, die 2. Mahd im Spätsommer statt.

Terrasse 1:

1. Mahd ohne Abräumen, 2. Mahd ohne Abräumen

In den Ergebnissen zur Offenhaltung heißt es ⁸: „Die Zersetzung der Mulchmasse erfolgt i.d.R. innerhalb von 3-4 Wochen im kontinental getönten Süden Mitteleuropas, sodass lichtbedürftige Arten wie z.B. Rosettenpflanzen sich stark vermehren konnten. Im atlantisch getönten NW-Mitteleuropa bleibt das Mulchgut dagegen weitaus länger liegen, erst recht als langhalmiges – nach der Definition nicht gemulchtes - Schnittgut.“ Es soll daher kein Mulcher eingesetzt werden, sondern eine Mahd mit (je nach Geländebedingungen Balkenmäher oder Motorsense) und das Mahdgut auf der Fläche bleiben. Bei ausreichend langsamer Zersetzung sollten die Rosetten des Berufkrauts eher geschädigt werden. Auf Terrasse 1 erfolgte daher eine zweimalige Mahd ohne Abräumen. Der erste Schnitt erfolgte zeitgleich mit den anderen Terrassen vor der Samenbildung und lag daher zwischen Mitte und Ende Mai. Der zweite Mahddurchgang, ebenfalls ohne Abräumen, wurde ab Ende August durchgeführt.

Terrasse 2:

1. Mahd ohne Abräumen, 2. Mahd mit Abräumen

Terrasse 2 wurde zu denselben Terminen wie die anderen Terrassen gemäht. Beim ersten Mahddurchgang wurde das Mahdgut auf der Fläche belassen, beim zweiten wurde es abgeräumt.

Terrasse 3:

Ausrupfen vor der 1. Mahd, 1. Mahd mit Abräumen, 2. Mahd mit Abräumen

Auf der untersten Terrasse wurden so gut wie möglich alle *Erigeron*-Pflanzen mit entwickelter Sprossachse rechtzeitig vor der Samenbildung (März-April) ausgerupft und abtransportiert. Bei günstiger Witterung (gut durchfeuchteter Boden) reißen die Pflanzen nicht ab, sondern können mitsamt Rosette und dem Gros der unterirdischen Pflanzenteile entfernt werden. Außerdem wurde das bereits vorher bestehende zweimalige Mahdregime weiterhin angewandt. Das Ausrupfen wurde von INULA zusammen mit der BUND-Ortsgruppe (Ansprechpartner: Herr Kügele oder Herr Baum) durchgeführt.

Terrasse 4:

1. Mahd mit Abräumen, 2. Mahd mit Abräumen, jeweils mit Ziegen-Nachbeweidung

⁸ http://www.ufz.de/export/data/36/41617_Hal_schreiber_offenhaltungBW.pdf, abgerufen 2014

Auf der 4. Terrasse (auf einer Fläche von ca. 850 m²) dominierte das Einjährige Berufkraut besonders stark. Dieser Bereich wurde zu denselben Zeitpunkten wie die anderen Terrassen gemäht und abgeräumt. Im Abstand von 3 bis 4 Wochen nach beiden Mahdgängen erfolgte eine kurze, intensive Ziegen-Stoßbeweidung. Damit wurde das Ziel erreicht, die bis dahin entstandenen *Erigeron*-Neuaustriebe durch Abfressen weiter zu schwächen und insbesondere die Samenbildung zu reduzieren.

Die Mahd-Maßnahmen auf Terrasse 1 bis 4 wurden von einem Landschaftspflegeunternehmen (Willi Jaeger) unter der Anleitung von INULA durchgeführt. Die Ziegenbeweidung wurde durch den Schäfer Roman Gutmann aus St. Ulrich durchgeführt.

Übersaat jeweils der halben Terrassen im ersten Jahr

Jeweils die linke Hälfte der Terrassen wurde im Frühjahr jedes Aufnahmejahres mit standorttypischem Wiesendrusch eingesät, um die Artenzusammensetzung und Struktur der Bestände zu verbessern. Die im ursprünglichen Projektdesign vorgesehene Vorbereitung des Saatbetts, um guten Keimungserfolg zu gewährleisten, erwies sich als nicht durchführbar, sodass die Übersaat ohne vorherige Bodenbearbeitung stattfand. Die Aussaat erfolgte Ende März. Es kam Druschgut aus der Region (Kaiserstuhl) zum Einsatz. Die Mischungstabellen befinden sich bei den Projektunterlagen.

3.3 Design des Versuchsfelds und Datenaufnahme

3.3.1 Das Versuchsfeld

Auf jeder der vier Terrassen wurden 8 jeweils 4 m² große Probeplots angelegt (Abb. 2).

Durch die Zweiteilung der Terrassen in eine Hälfte mit und eine ohne Übersaat ergeben sich 4 Plots = 16 Subplots je Maßnahmenkombination.

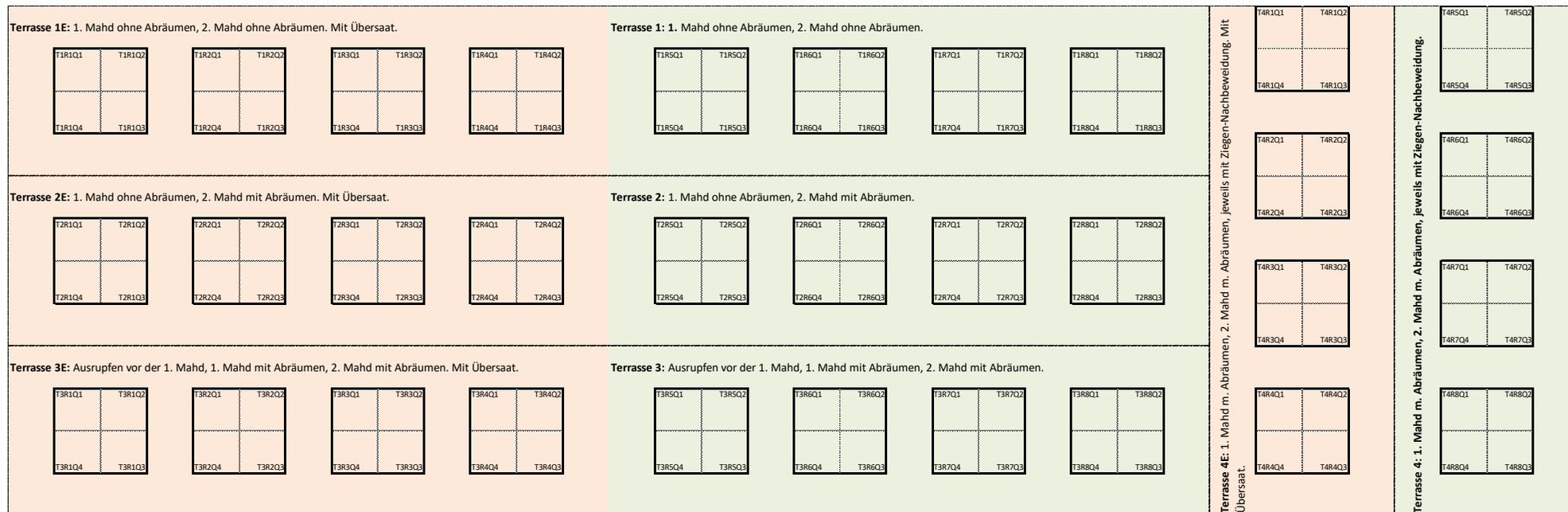


Abb. 2: Versuchsdesign – schematisch und nicht maßstäblich; die dargestellten Plots sind auf großen Flächen verteilt. Rot hinterlegt: Bereiche mit mehrmaliger Wiesendrusch-Aufbringung; grün: ohne Wiesendrusch-Aufbringung. Die 1. Mahd fand stets vor der Samenreife, die 2. Mahd im Spätsommer statt. Nummerierung der Subplots: T1R1Q1 = Terrasse 1, Rahmen 1, Quadrant 1.

3.3.2 Plots und Messrahmen

Die ProbepLOTS wurden mittels Eisenvermessungsrohren ($\frac{1}{2}$ Zoll, 200 mm mit Stahlspitze, Anbieter: Josef Attenberger GmbH), die mit roten, mit der Plotnummer beschrifteten Kunststoffkappen versehen sind, dauerhaft markiert. Indem Seile gespannt wurden, wurden die Serien der Plots exakt auf einer Linie ausgerichtet, was das Wiederfinden der Markierungen deutlich erleichtert. Die Markierungen wurden mit GPS aufgenommen und lassen sich aufgrund der roten Kappen und, falls sie überwachsen oder übererdet werden, mit einem Metalldetektor wiederfinden. Anhand der beiden Markierungen (jeweils ein Eisenvermessungsrohr unten rechts und eines oben links) kann ein eigens angefertigter, 2 x 2 m großer Messrahmen exakt auf dem ProbepLOT positioniert werden. Dieser ist mittels zweier jeweils in der Mitte des Rahmens befestigter Metall-Maßbänder in vier 1 m² große Felder (Subplots) unterteilt (Abb. 3).



Abb. 3: Rahmen zur Abgrenzung der ProbepLOTS, unterteilt in vier Subplots. An den Ecken befinden sich die Eisenvermessungsrohre, zu erkennen an den roten Kunststoffkappen (sichtbar unten rechts). Auf diesen wurde zur besseren Orientierung zudem die Plotnummer vermerkt.

3.3.3 Fotografische Dokumentation der Subplots

Jeder der insgesamt 128 1-m²-Subplots wurde von 2015 bis 2019 jeweils im März fotografisch erfasst. Die Termine waren: 12.03.2015, 12.03.2016, 14.03.2017, 14.03.2018 und 19.03.2019. Zu diesem Zeitpunkt hatten sich Streureste teilweise abgebaut und die *Erigeron*-Rosetten haben sich gut abgehoben. Gegebenenfalls mussten auf den Plots, auf denen das Mähgut auf der Fläche belassen wurde, Streureste vor der Anfertigung des Fotos von der Fläche abgeräumt und danach wieder dorthin zurück gebracht werden. Für die Aufnahmen wurde die Kamera eines Samsung Galaxy S5-Smartphones (Real-Brennweite: 5 Millimeter, entsprechend ca. 28 Millimetern nach Kleinbildformat; Auflösung: 16 Megapixel) verwendet, das sich hierfür gut bewährt hat. Ein hochgewachsener Fotograf kann die Smartphone-Kamera ausreichend hoch halten, sodass ein kompletter Subplot auf das Foto passt.

Im letzten Untersuchungsjahr wurde probeweise für einige Plots eine Drohne mit 4K-Kamera eingesetzt (DJI MavicAir); ein Beispiel zeigt Abb. 4.

Vorteile von Drohnenaufnahmen sind:

- Es passt ein gesamter Plot (Untersuchungsrahmen) auf das Foto, sodass sich der Aufwand für die Aufbereitung (Georeferenzieren und Ausschneiden) reduziert.
- Es entfällt der bei Aufnahmen von Hand oft unvermeidliche Schattenwurf des Fotografen, der spätere – insbesondere auch automatisierte – Auswertungen erschwert.
- Hangneigungen lassen sich besser ausgleichen, weil die Frontlinse parallel zur Geländeoberfläche ausgerichtet werden kann.

Für kleine Bildausschnitte, wie in unserem Fall 4 m², reicht die 4K-Auflösung der Fotos gut für eine detailreiche Aufnahme aus. Die Nutzung einer Drohne ist daher sicher anzuraten. Um eine einheitliche Methodik zu gewährleisten, haben wir auch 2019 die von Hand angefertigten Fotos der Subplots verwendet.



Abb. 4: Drohnenaufnahme eines Plots vom 19.03.2019.

3.3.4 Datenaufbereitung in GIS

Die Fotos wurden in ArcGIS geladen und dort mit einer gezielt für das Projekt entwickelten Routine aufbereitet:

- Erzeugung eines Gitternetzes für die Zuordnung der Passpunkte (Ecken des Maßbandes).
- Projektive Transformation mit durchschnittlich 4 Passpunkten (teilweise wurden mehr Passpunkte benötigt).
- Ausschneiden der Subplots aus den entzerrten Fotos, um eine Überlappung der benachbarten Subplots zu vermeiden.

Die vier Subplot-Fotos lassen sich anschließend sehr sauber aneinanderlegen, sodass der gesamte Plot weitgehend versatz- und verzerrungsfrei abgebildet wird (Abb. 5).

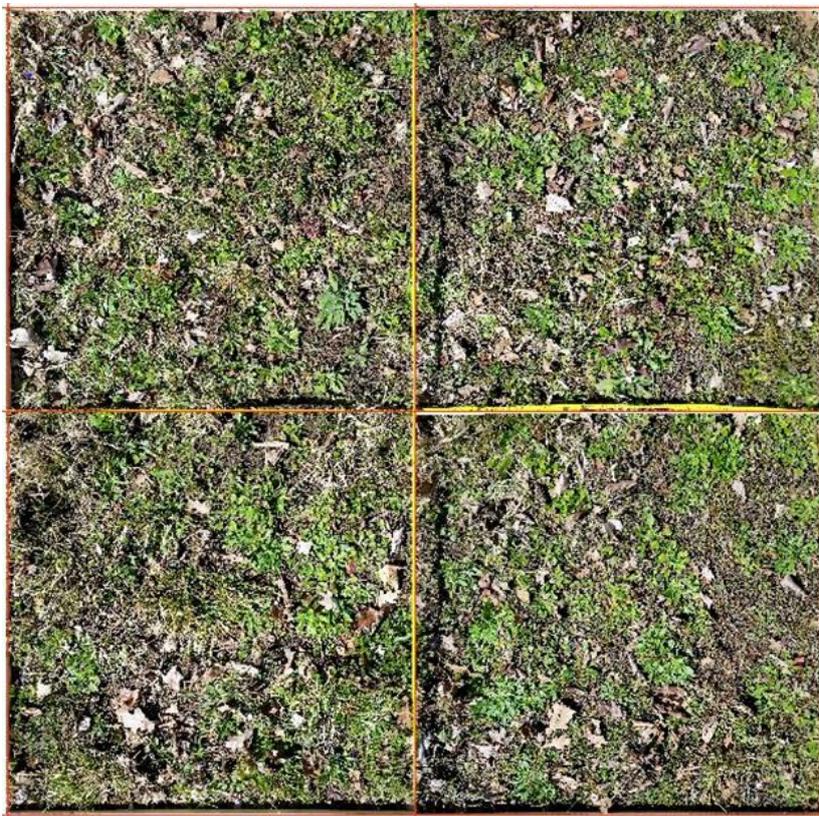


Abb. 5: Screenshot aus ArcGIS: Vier georeferenzierte und entzerrte Subplots, die zu einem Plot zusammengesetzt wurden.

Die *Erigeron*-Rosetten ließen sich auf den hochaufgelösten Fotos sehr gut erkennen und wurden als Kreispolygone digitalisiert. Zu jeder digitalisierten Rosette wurde deren Deckungsgrad geschätzt und in die Attributtabelle eingegeben. Die Digitalisierung erfolgte 2015 durch Rebecca Fies und ab 2016 durch Martina Hunger. Ein personenbezogener methodischer Fehler kann daher für den Vergleich zwischen 2015 und 2016 nicht ausgeschlossen werden, ist allerdings durch Abstimmung der Digitalisierungsmethode minimiert und für die Folgejahre ausgeschlossen. Die Digitalisierungsergebnisse können anschließend ausgewertet werden (Anzahl und Größe der Rosetten, Gesamtfläche der Rosetten etc.). Die Digitalisierungsergebnisse aus den Jahren 2015 bis 2019 sind im Überblick in Abb. 7, Abb. 8 und Abb. 9 dargestellt.

Im letzten Untersuchungsjahr 2019 waren nur wenige Rosetten vorhanden. Es war daher mit vertretbarem Aufwand möglich, die Lage Rosetten vor Ort in eine Papierkarte einzutragen und mit den Ergebnissen der Digitalisierung zu vergleichen („ground truth“).

Auf den hochauflösenden Fotos der 1-m²-Subplots kann die Entwicklung einzelner Pflanzen verfolgt und die Populationsdynamik der *Erigeron*-Bestände beurteilt werden. Auch die restliche Vegetation ist damit dokumentiert und steht im Bedarfsfall für weitere Auswertungen zur Verfügung. Der Zustand der Flächen zu verschiedenen Zeitpunkten wurde außerdem jährlich mit Übersichts-Fotos dokumentiert.

3.3.5 Datenaufbereitung in R Studio

3.3.5.1 Aufbereitung der Rosetten-Daten

Für die Auswertung in RStudio wurden den jeweiligen Einzelpolygonen, die die einzelnen Rosetten darstellen, die jeweilige Bezeichnung des Quadranten (Bsp. T1R1Q1) und die jeweilige Behandlung (Bsp. T1) zugeordnet.

Anschließend wurden jeweils die Gesamtanzahl und die -fläche der Polygone pro Behandlung und Jahr berechnet und grafisch dargestellt. Zusätzlich wurden die Veränderungen der Gesamtfläche und die Anzahl an Polygonen pro Behandlung und Jahr berechnet und dargestellt, um eine bessere Vergleichbarkeit zwischen den Jahren zu erzielen. Alle statistischen Auswertungen wurden ebenfalls mit Rstudio durchgeführt.

3.3.5.2 Aufbereitung von Wetterdaten

Um unsere Daten im Kontext mit den vorherrschenden Wetterbedingungen der einzelnen Untersuchungsjahre zu betrachten, haben wir für jedes Untersuchungsjahr Wetterdaten zu Temperatur und Niederschlagssummen für die Wetterstation Freiburg im Breisgau online über den Deutschen Wetterdienst heruntergeladen. Anschließend haben wir diese Daten in RStudio pro Kalenderwoche berechnet und grafisch dargestellt.

4 Ergebnisse

4.1 Darstellung der Ergebnisse in QGIS

Behandlung

- 2x Mahd mit Abräumen
- 1x Mahd mit Abräumen, 1x Mahd ohne Abräumen
- Ausrupfen vor der 1. Mahd, 2x Mahd mit Abräumen
- 2x Mahd mit Abräumen, jeweils mit Ziegen-Nachbeweidung
- 2x Mahd mit Abräumen, mit Übersaat
- 1x Mahd mit Abräumen, 1 x Mahd ohne Abräumen, mit Übersaat
- Ausrupfen vor der 1. Mahd, 2x Mahd mit Abräumen, mit Übersaat
- 2x Mahd mit Abräumen, jeweils mit Ziegen-Nachbeweidung, mit Übersaat

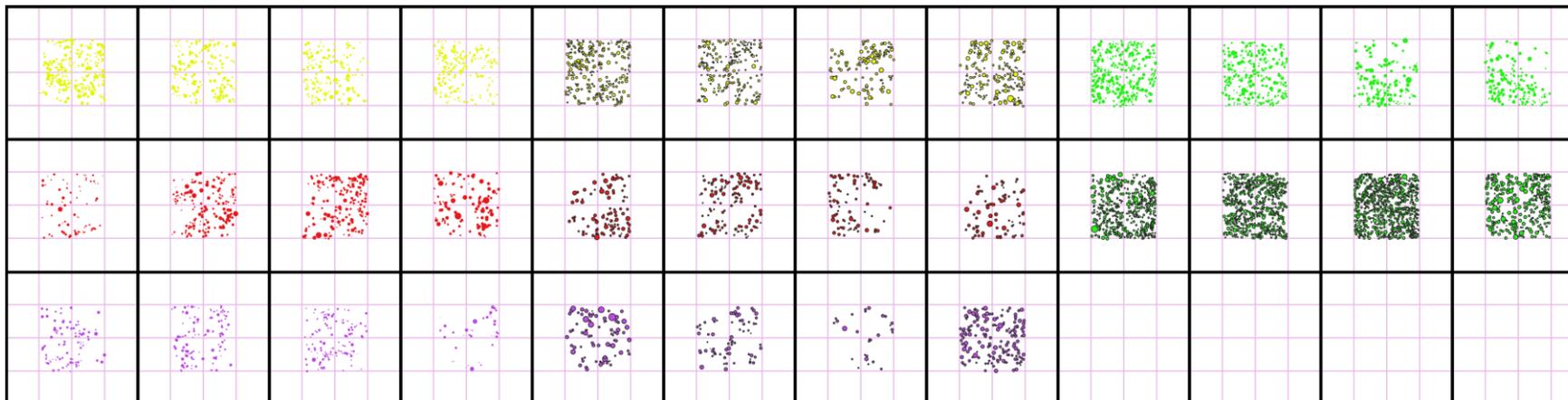


Abb. 6: Übersicht über die Verteilung der digitalisierten *Erigeron annuus*-Rosetten auf den Terrassen des Versuchsfelds 2015. Die Plots auf Terrasse 4 sind in dieser Darstellung anders angeordnet als im tatsächlichen Versuchsfeld. Die jeweils 4 linken Plots mit, die 4 rechten ohne Übersaat; Terrasse 4: obere 4 Plots mit Übersaat. Die oben stehende Legende gilt ebenfalls für die Abb. 7-10.

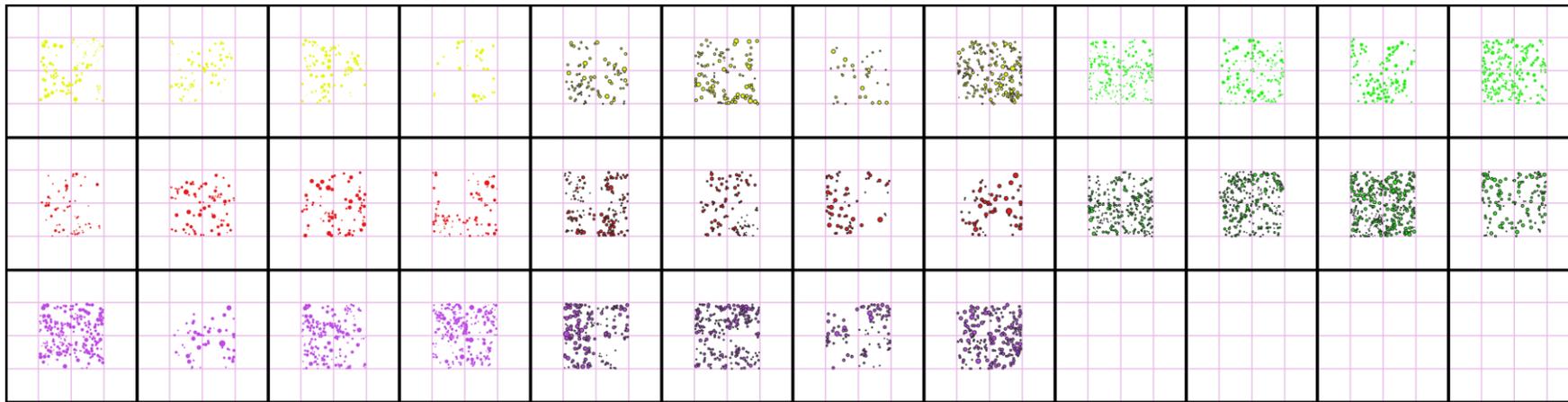


Abb. 7: Übersicht über die Verteilung der digitalisierten *Erigeron annuus*-Rosetten auf den Terrassen des Versuchsfelds 2016. Nähere Erläuterungen siehe Abb. 6.

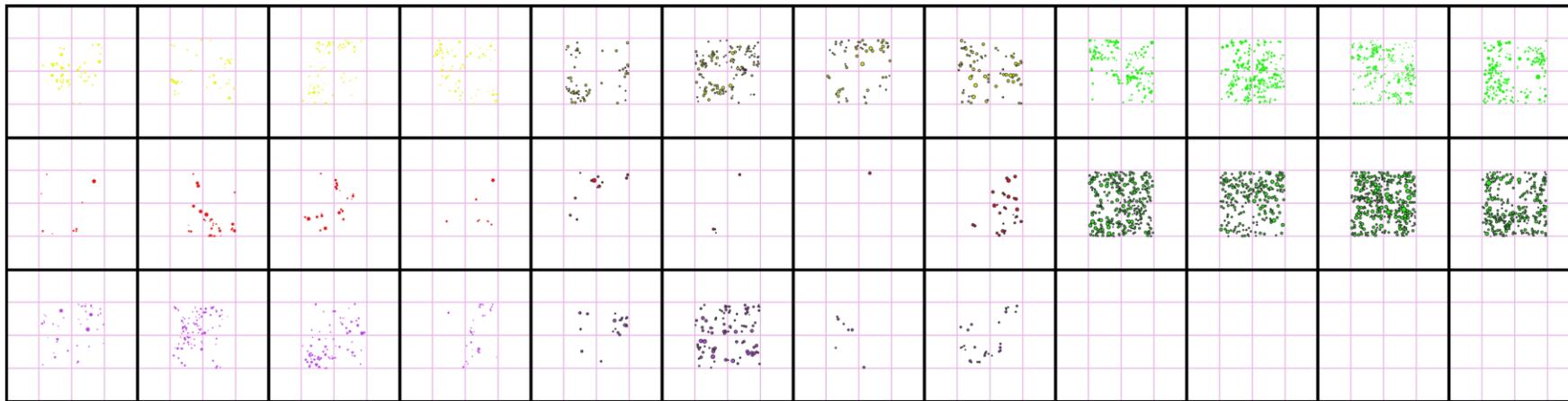


Abb. 8: Übersicht über die Verteilung der digitalisierten *Erigeron annuus*-Rosetten auf den Terrassen des Versuchsfelds 2017. Nähere Erläuterungen siehe Abb. 6.

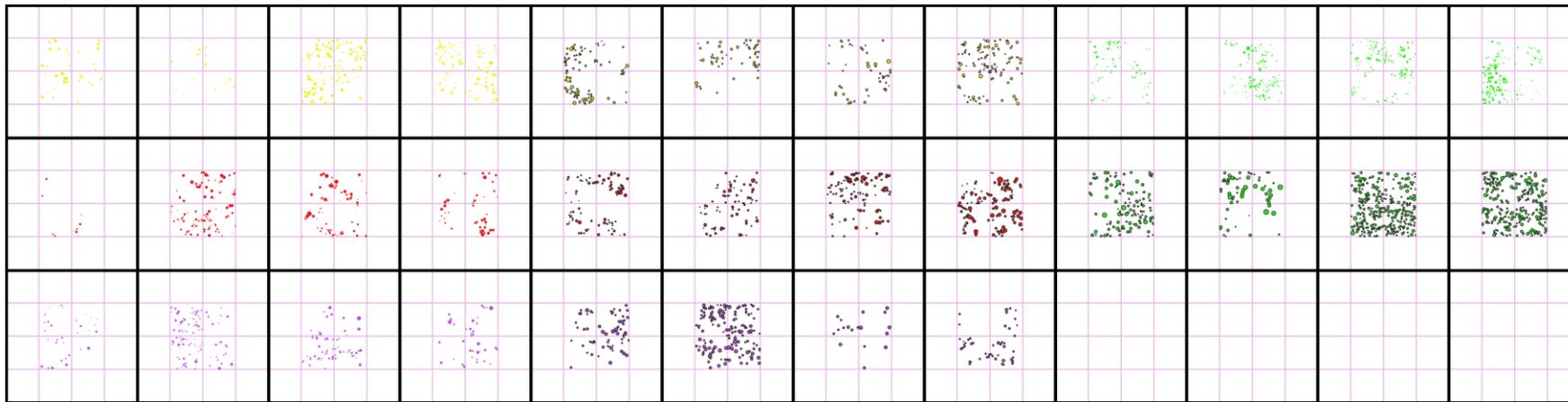


Abb. 9: Übersicht über die Verteilung der digitalisierten *Erigeron annuus*-Rosetten auf den Terrassen des Versuchsfelds 2018. Nähere Erläuterungen siehe Abb. 6.

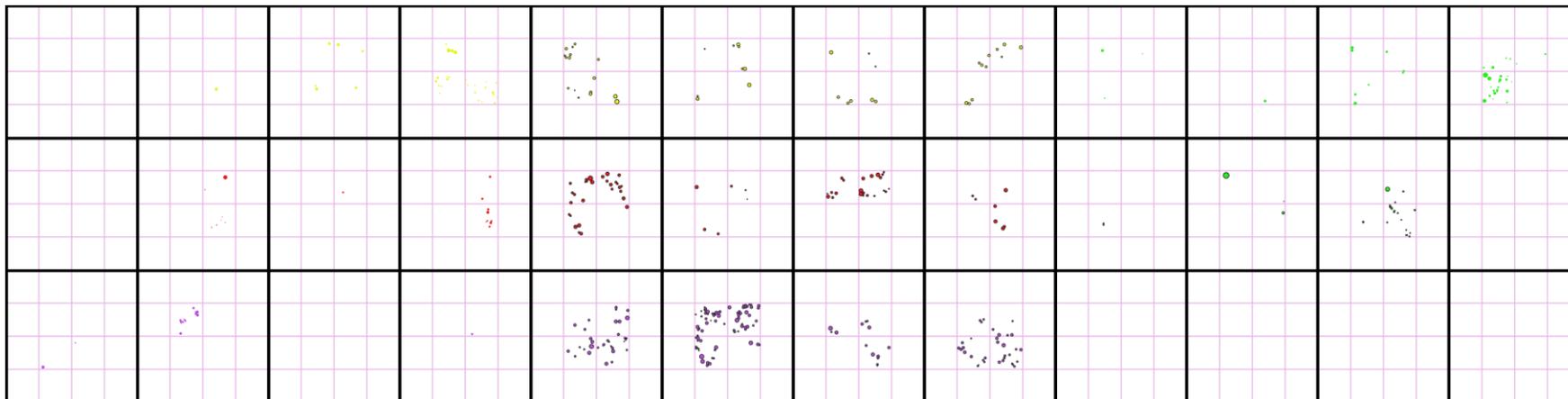


Abb. 10: Übersicht über die Verteilung der digitalisierten *Erigeron annuus*-Rosetten auf den Terrassen des Versuchsfelds 2019. Nähere Erläuterungen siehe Abb. 6.

4.2 Dokumentation der Behandlungen auf den Terrassen

4.2.1 Terrasse 1

Jahr	Pflegemaßnahme	Termin Maßnahme	Termin Übersaat	Besonderheiten
2015	2 x Mahd ohne Abräumen	Erste Mahd vor Samenreife, zweite im Spätsommer	Übersaat im Frühjahr und Herbst	
2016	2 x Mahd ohne Abräumen	Erste Mahd KW 22, zweite Mahd KW 35		Termin Übersaat nicht dokumentiert
2017	2 x Mahd ohne Abräumen	Erste Mahd KW 24, zweite Mahd KW 26	Übersaat im Frühjahr und Herbst	
2018	2 x Mahd ohne Abräumen	Erste Mahd KW 22, zweite Mahd KW 45	Übersaat im Frühjahr	Es erfolgte keine Übersaat im Herbst

4.2.2 Terrasse 2

Jahr	Pflegemaßnahme	Termin Maßnahme	Termin Übersaat	Besonderheiten
2015	1. Mahd ohne Abräumen, 2. Mahd mit Abräumen	Erste Mahd vor Samenreife, zweite im Spätsommer	Übersaat im Frühjahr und Herbst	
2016	1. Mahd ohne Abräumen, 2. Mahd mit Abräumen	Erste Mahd KW 22, zweite Mahd KW 35		Termin Übersaat nicht dokumentiert
2017	1. Mahd ohne Abräumen, 2. Mahd mit Abräumen	Erste Mahd KW 22, zweite Mahd KW 35	Übersaat im Frühjahr und Herbst	
2018	1. Mahd ohne Abräumen, 2. Mahd mit Abräumen	Erste Mahd KW 22, zweite Mahd KW 45	Übersaat im Frühjahr	Es erfolgte keine Übersaat im Herbst

4.2.3 Terrasse 3

Auf Terrasse 3 wurde das jährlich vorgeschaltete Ausrupfen der *Erigeron*-Pflanzen („Rupf-Aktion“), durch Frank Baum koordiniert. Ehrenamtliche von BUND Schönberg, NABU, AGN und Geschichtsverein Ehrenkirchen bildeten zusammen mit INULA-Mitarbeitern ein schlagkräftiges Team. Herr Glatz vom Geschichtsverein Ehrenkirchen kümmerte sich um Abtransport und Entsorgung der ausgerupften Pflanzen.

Jahr	Pflegemaßnahme	Termin Maßnahme	Termin Übersaat	Besonderheiten
2015	Ausrupfen vor 1. Mahd, dann 2 x Mahd ohne Abräumen	19.05.2015 Rupf-Aktion, 1. Mahd vor Samenreife, zweite im Spätsommer	Übersaat im Frühjahr und Herbst	
2016	Ausrupfen vor 1. Mahd, dann 2 x Mahd ohne Abräumen	19.05.2016 Rupf-Aktion, Erste Mahd KW 22, zweite Mahd KW 35		Termin Übersaat nicht dokumentiert
2017	Ausrupfen vor 1. Mahd, dann 2 x Mahd ohne Abräumen	17.05.2017 Rupf-Aktion, Erste Mahd KW 22, zweite Mahd KW 35	Übersaat im Frühjahr und Herbst	
2018	Ausrupfen vor 1. Mahd, dann 2 x Mahd ohne Abräumen	18.05.2018 Rupf-Aktion, Erste Mahd KW 22, zweite Mahd KW 35	Übersaat im Frühjahr	Es erfolgte keine Übersaat im Herbst



Abb. 11: Die Mitwirkenden bei der *Erigeron*-Rupfaktion. Es fehlen Frank Baum und Carola Koch. Foto: Holger Hunger, 18.05.2018.

4.2.4 Terrasse 4

Jahr	Pflegemaßnahme	Termin Maßnahme	Termin Übersaat	Besonderheiten
2015	2 x Mahd ohne Abräumen, jeweils mit Ziegen-Nachbeweidung	19.05.2015 Rupf-Aktion, 1. Mahd vor Samenreife, zweite im Spätsommer,	Übersaat im Frühjahr und Herbst	Termin Beweidung nicht dokumentiert
2016	2 x Mahd ohne Abräumen, jeweils mit Ziegen-Nachbeweidung	19.05.2016 Rupf-Aktion, Erste Mahd KW 22, zweite Mahd KW 35, Beweidung vom 05.-15.07.2016		Beweidung mit 5 Ziegen, Termin Übersaat nicht dokumentiert,
2017	2 x Mahd ohne Abräumen, jeweils mit Ziegen-Nachbeweidung	17.05.2017 Rupf-Aktion, Erste Mahd KW 22, zweite Mahd KW 3, Beweidung vom 17.06-26.06.2017	Übersaat im Frühjahr und Herbst	Beweidung mit 3 Ziegen
2018	2 x Mahd ohne Abräumen, jeweils mit Ziegen-Nachbeweidung	18.05.2018 Rupf-Aktion, Erste Mahd KW 22, zweite Mahd KW 35, Beweidung vom 07.07-17.07.2018	Übersaat im Frühjahr	Beweidung mit 2 Mutterziegen und 4 Kitzen, Es erfolgte keine Übersaat im Herbst



Abb. 12: Terrasse 4 am 18.05.2018 und am 25.11.2018. Vor allem auf dem Herbstbild ist eine deutliche Zweiteilung gut sichtbar.

4.3 Vergleich der Behandlungen

Im Folgenden werden die Ergebnisse grafisch in Form von Boxplots dargestellt. Die Box enthält die Hälfte aller Datenpunkte, die Fehlerbalken geben die Extremwerte an, die innerhalb des 1,5-fachen der Länge der Box liegen. Extremwerte, die darüber hinaus gehen, werden als Punkte dargestellt. Der Strich in der Mitte ist der Median der Daten, das bedeutet an dieser Stelle sind die Hälfte aller Datenpunkte kleiner bzw. größer als dieser Wert. Bei Signifikanz ($p < 0.05$) wurde ein „*“ Symbol eingefügt.

Für alle Boxplots gilt:

T = Behandlung auf Terrasse x, bei der keine Übersaat erfolgt ist

TE = Behandlung auf Terrasse x, bei der eine nachträgliche Übersaat erfolgt ist

***** = Dieser Boxplot unterscheidet sich signifikant von **allen** anderen Boxplots.

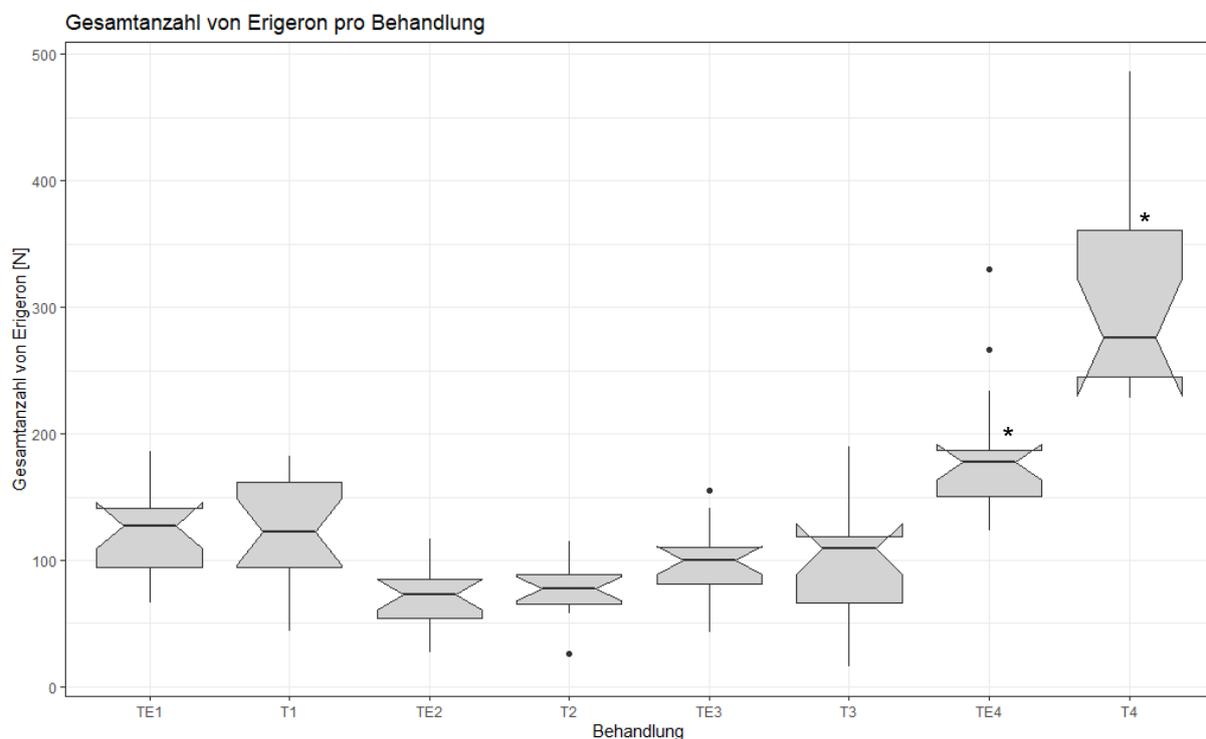


Abb. 13: Boxplot der Gesamtanzahl von *Erigeron annuus*-Rosetten für die acht Behandlungen über alle Untersuchungsjahre (2015 bis 2019). T4 und TE4 unterscheiden sich signifikant von allen anderen Behandlungen.

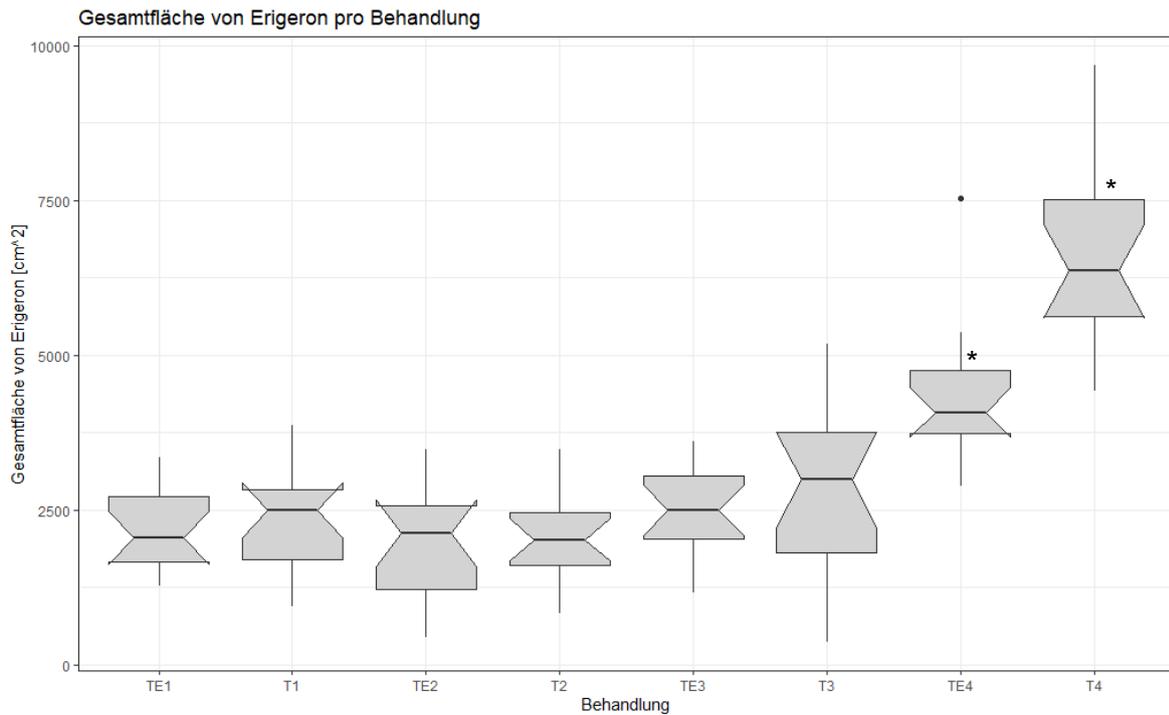


Abb. 14: Boxplot der Gesamtfläche von *Erigeron annuus*-Rosetten für die acht Behandlungen über alle Untersuchungsjahre (2015 bis 2019). T4 und TE4 unterscheiden sich signifikant von allen anderen Behandlungen.

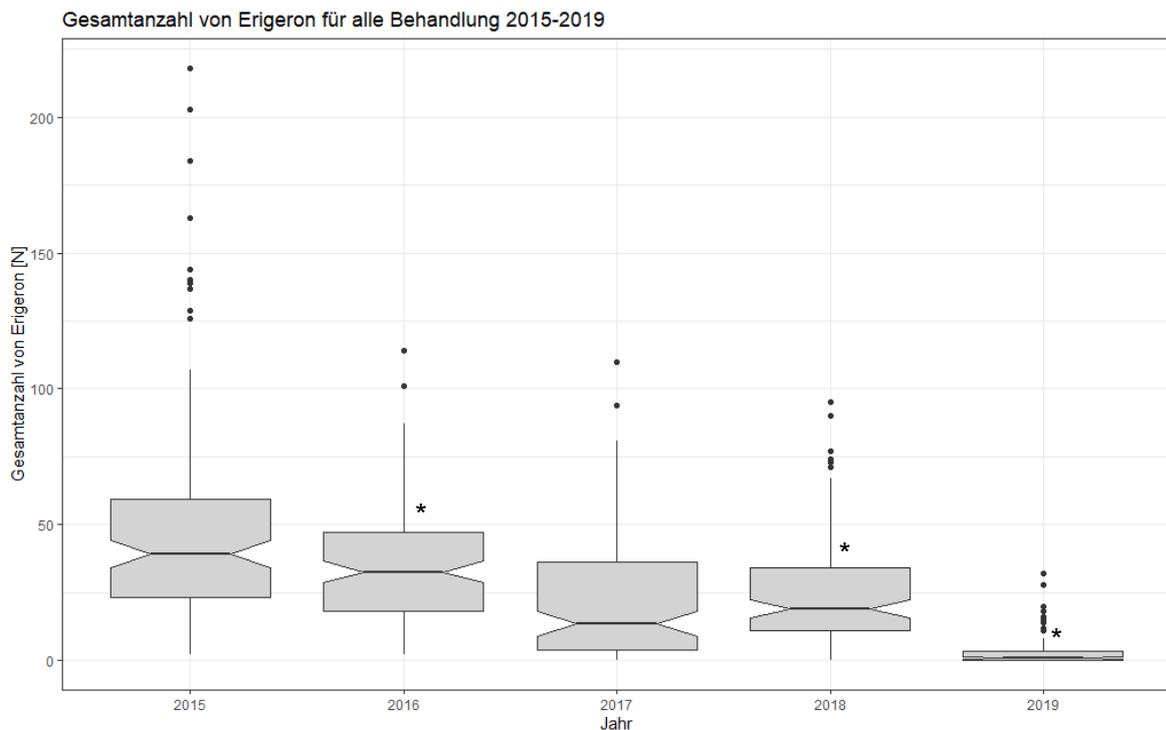


Abb. 15: Boxplot der Gesamtanzahl von *Erigeron annuus*-Rosetten für die fünf Aufnahmejahre über alle Behandlungen. Alle Aufnahmejahre außer 2015 und 2017 unterscheiden sich signifikant von allen anderen Aufnahmejahren, wobei 2016 signifikant höhere Werte als 2018 und 2018 signifikant höhere Werte als 2019 aufzeigt.

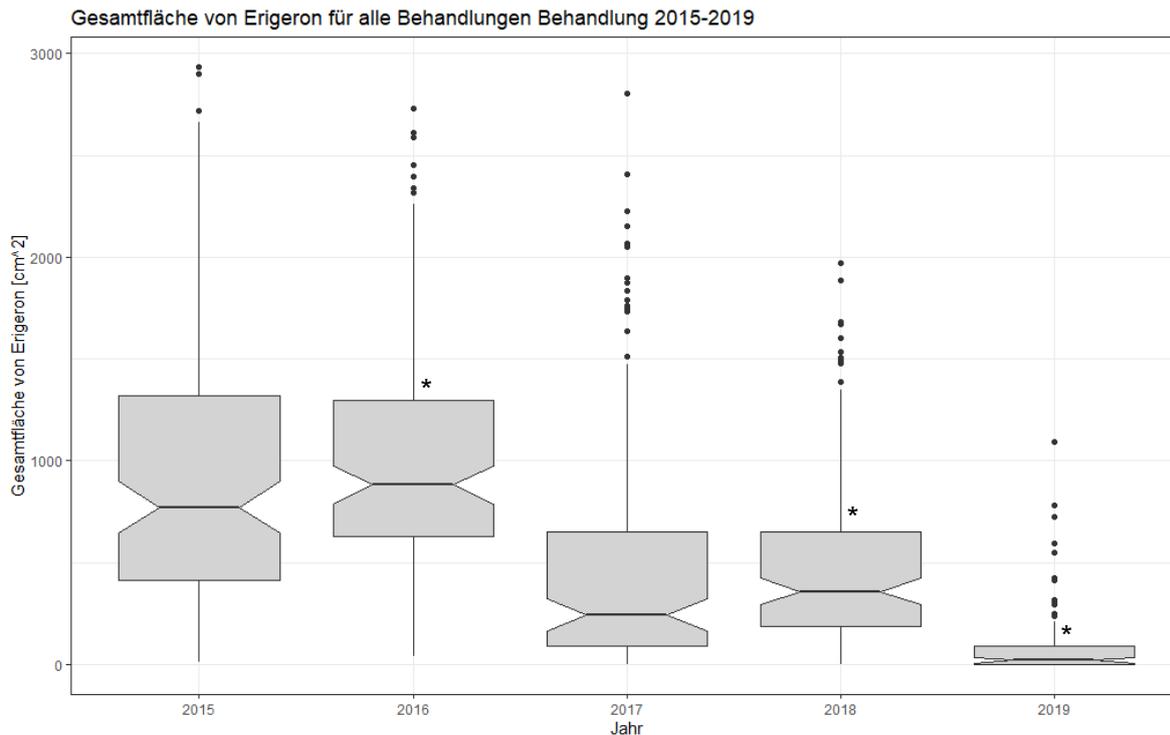


Abb. 16: Boxplot der Gesamtfläche von *Erigeron annuus*-Rosetten für die fünf Aufnahmejahre über alle Behandlungen. Alle Aufnahmejahre außer 2015 und 2017 unterscheiden sich signifikant von allen anderen Aufnahmejahren, wobei 2016 signifikant höhere Werte als 2018 und 2018 signifikant höhere Werte als 2019 aufzeigt.

In Abb. 13 und Abb. 14 wird deutlich, dass für die Behandlungen T4 und TE4 Gesamtanzahl und -fläche signifikant höher liegen als bei allen anderen Behandlungen. Zudem zeigt die Behandlung T4 gegenüber TE4 signifikant höhere Werte.

Aus Abb. 15 und Abb. 16 geht hervor, dass sich Gesamtanzahl und -fläche der einzelnen Jahre mit Ausnahme der Jahre 2015 und 2017 signifikant unterscheiden. Sowohl für die Gesamtanzahl als auch für die -fläche sind die Werte für das Jahr 2018 signifikant höher als 2017. Für die Gesamtfläche sind die Werte 2016 signifikant höher als 2015.

In Abb. 30 und Abb. 31 kann man erkennen, dass Gesamtanzahl und -fläche der Rosetten im Jahr 2019 für alle Behandlungen stark abnehmen. Insgesamt haben die Behandlungen T2 und T3 noch die größte Anzahl und Fläche im Jahr 2019, wobei die Werte für T3 signifikant höher als bei allen anderen Behandlungen sind. Für 2015 liegen die Werte für T4 signifikant höher als bei allen anderen Behandlungen für Gesamtanzahl und -fläche.

Die Gesamtanzahl der Rosetten für T4 liegt 2016 signifikant höher verglichen mit allen anderen Behandlungen. Dasselbe trifft zu für die Gesamtfläche, allerdings für die Jahre 2017 und 2018.

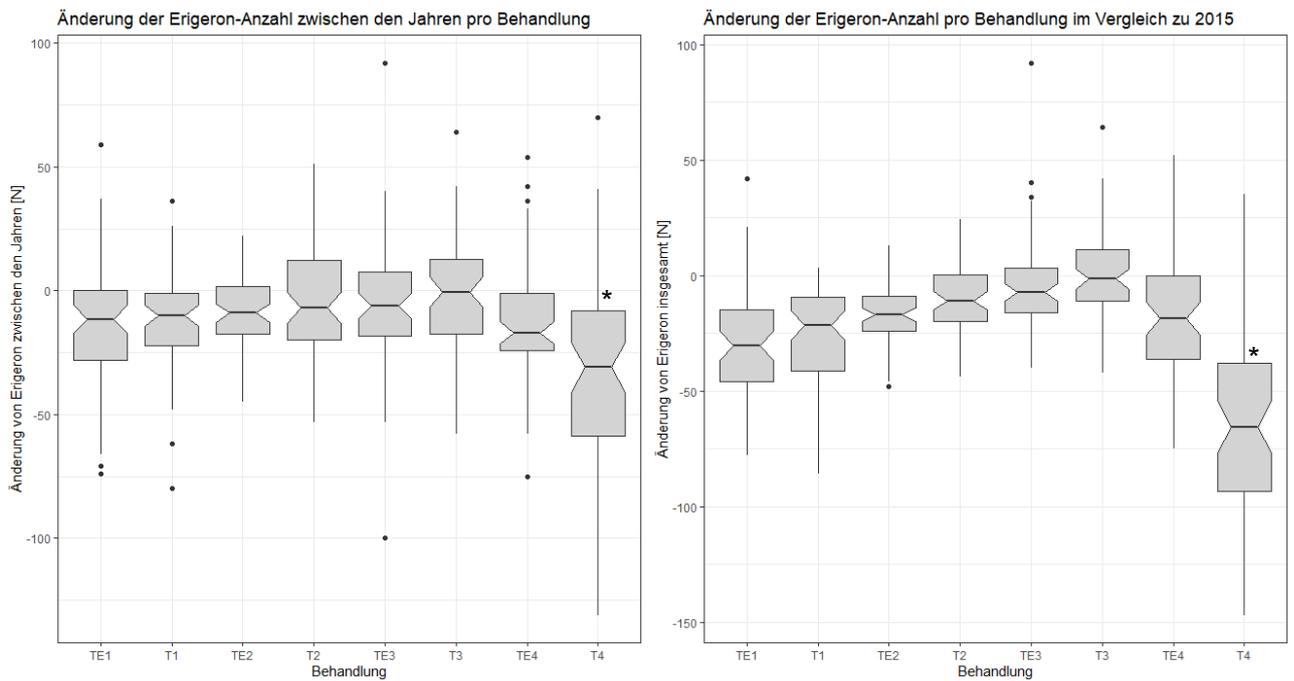


Abb. 17: Boxplots der Änderungen der Anzahl von *Erigeron annuus*-Rosetten pro Behandlung zwischen Aufnahmejahren (li) und im Vergleich zur Erstaufnahme 2015 (re). Werte unterhalb von 0 repräsentieren eine Abnahme, Werte darüber eine Zunahme. Die Änderung zwischen den Jahren ist mit Ausnahme von T3, TE4 und T4 recht ähnlich zwischen den Behandlungen. Im Vergleich mit 2015 zeigt T4 die größte Abnahme, gefolgt von TE1 und T1. Im Vergleich mit 2015 zeigen alle Behandlungen mit Übersaat eine größere Abnahme als ohne Übersaat innerhalb einer Terrasse, mit Ausnahme von TE4.

Tab. 1: Ergebnis des Kruskal-Wallis-Tests für die Änderung der Anzahl von *Erigeron annuus*-Rosetten pro Behandlung zwischen den Aufnahmejahren

Behandlung	TE1	T1	TE2	T2	TE3	T3	TE4
T1	0.9289	-	-	-	-	-	-
TE2	0.4445	0.4445	-	-	-	-	-
T2	0.2375	0.2471	0.5500	-	-	-	-
TE3	0.2375	0.2562	0.5500	0.9696	-	-	-
T3	0.0241	0.0241	0.1059	0.4445	0.4210	-	-
TE4	0.5500	0.4445	0.0998	0.0708	0.0998	0.0201	-
T4	0.0037	0.0013	3.8e-05	2.4e-05	8.4e-05	2.4e-05	0.0030

Tab. 2: Ergebnis des Kruskal-Wallis-Tests für die Änderung der Anzahl von *Erigeron annuus*-Rosetten pro Behandlung im Vergleich zur Erstaufnahme 2015

Behandlung	TE1	T1	TE2	T2	TE3	T3	TE4
T1	0.12056	-	-	-	-	-	-
TE2	0.00083	0.12056	-	-	-	-	-
T2	3.0e-07	0.00015	0.00475	-	-	-	-
TE3	3.1e-09	1.4e-06	2.6e-05	0.14011	-	-	-
T3	2.8e-09	2.3e-09	3.8e-08	0.00284	0.12056	-	-
TE4	0.01644	0.23532	0.65066	0.04393	0.00253	0.00025	-
T4	4.8e-07	4.4e-09	6.9e-12	6.2e-14	7.9e-15	2.4e-15	3.2e-10

Aus Abb. 17 wird deutlich, dass die Änderungen der Anzahl der *Erigeron annuus*-Rosetten zwischen den Jahren recht ähnlich sind für alle Behandlungen. Die Ausnahme bilden die Behandlung TE3, TE4 und T4. T3 hat eine signifikant geringere Änderung zu den Behandlungen auf Terrasse 1 (T1 und TE1), während T4 eine signifikant höhere Abnahme hat verglichen mit allen anderen Behandlungen. Die Abnahme von TE4 ist nur verglichen mit Behandlung T3 signifikant höher (siehe Tab. 1).

Die Änderungen der Anzahl an *Erigeron annuus*-Rosetten der Behandlungen im Vergleich zur Erstaufnahme 2015 sind für die Behandlungen T4, TE1 und T1 am größten, während T3 die geringste Abnahme zeigt (siehe Abb. 17). Die Abnahme von T4 ist signifikant höher verglichen mit allen anderen Behandlungen, für TE1 gilt dies mit Ausnahme zu der ‚Zwillingsbehandlung‘ auf derselben Terrasse, T1. Für T1 ist die Abnahme zu TE4 und TE2 nicht signifikant. T3 zeigt die signifikant geringste Abnahme zu allen anderen Behandlungen mit Ausnahme der ‚Zwillingsbehandlung‘ TE3.

Bei einem Vergleich von Übersaat versus keine Übersaat für die einzelnen Terrassen ist auffällig, dass mit Ausnahme der Terrasse 4 (T4 und TE4) auf allen Terrassen die Abnahme für eine Behandlung mit Übersaat höher ist. Für die Terrassen 2 und 4 ist die Abnahme zwischen den Behandlungen mit Übersaat signifikant höher bzw. geringer als ohne Übersaat (siehe Tab. 2).

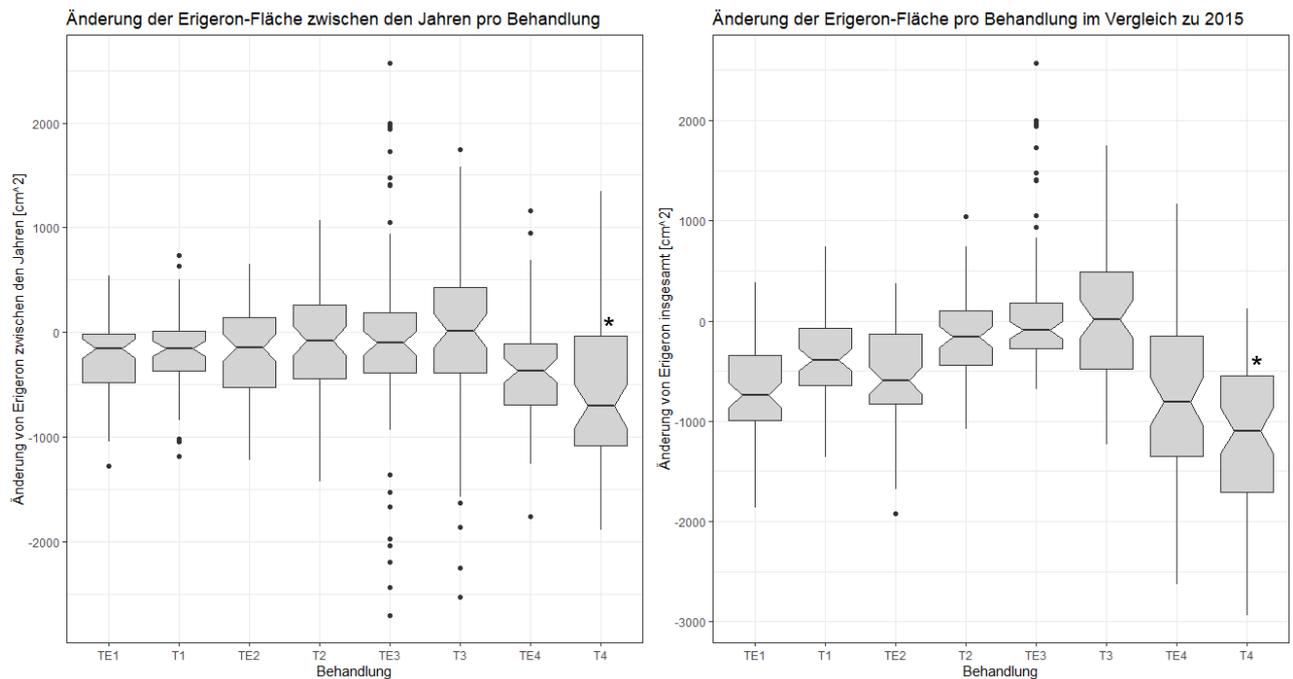


Abb. 18: Boxplots der Änderungen der Fläche von *Erigeron annuus*-Rosetten pro Behandlung zwischen Aufnahmejahren (li) und im Vergleich zur Erstaufnahme 2015 (re). Werte unterhalb von 0 repräsentieren eine Abnahme, Werte darüber eine Zunahme. Die Änderung zwischen den Jahren ist mit Ausnahme von T3, TE4 und T4 recht ähnlich zwischen den Behandlungen. Im Vergleich mit 2015 zeigen alle Behandlungen mit Übersaat eine größere Abnahme als ohne Übersaat innerhalb einer Terrasse, mit Ausnahme von TE4.

Tab. 3: Ergebnis des Kruskal-Wallis-Tests für die Änderung der Fläche von *Erigeron annuus*-Rosetten pro Behandlung zwischen den Aufnahmejahren

Behandlung	TE1	T1	TE2	T2	TE3	T3	TE4
T1	0.5040	-	-	-	-	-	-
TE2	0.5955	0.8169	-	-	-	-	-
T2	0.1237	0.4589	0.2678	-	-	-	-
TE3	0.2958	0.5040	0.4960	0.8995	-	-	-
T3	0.0348	0.0771	0.0804	0.4971	0.4325	-	-
TE4	0.1237	0.0311	0.1006	0.0272	0.0371	0.0067	-
T4	0.0061	0.0026	0.0036	0.0026	0.0059	0.0026	0.0771

Tab. 4: Ergebnis des Kruskal-Wallis-Tests für die Änderung der Fläche von *Erigeron annuus*-Rosetten pro Behandlung im Vergleich zur Erstaufnahme 2015

Behandlung	TE1	T1	TE2	T2	TE3	T3	TE4
T1	0.00034	-	-	-	-	-	-
TE2	0.06859	0.09054	-	-	-	-	-
T2	4.9e-08	0.00771	0.00011	-	-	-	-
TE3	7.4e-12	1.0e-05	1.1e-07	0.07479	-	-	-
T3	1.8e-09	0.00025	7.9e-07	0.09054	0.92596	-	-
TE4	0.59608	0.00487	0.07479	9.4e-06	4.9e-08	2.1e-07	-
T4	0.00169	5.0e-08	1.0e05	7.4e-06	5.0e-14	9.7e-13	0.03286

Die Änderungen der Fläche der *Erigeron annuus*-Rosetten zwischen den Jahren (siehe Abb. 18) ist wie bei der Änderung der Anzahl (siehe Abb. 19) mit Ausnahme der Behandlungen T4, TE4 und T3 recht ähnlich. T4 zeigt ebenfalls eine signifikant höhere Abnahme verglichen mit allen anderen Behandlungen, während TE4 mit Ausnahme von T1 und TE2 signifikant höherer Abnahmen zeigt. Für T3 ist die Abnahme verglichen zu den Behandlungen auf Terrasse 4 (T4 und TE4) und zu TE1 signifikant geringer (siehe Tab. 3).

Die Änderungen der Fläche an *Erigeron annuus*-Rosetten der Behandlungen im Vergleich zur Erstaufnahme 2015 sind für die Behandlung T4, TE4 und TE1 am größten, während T3 die geringste Abnahme zeigt (siehe Abb. 18). Lediglich bei T4 ist die Abnahme signifikant höher verglichen mit allen anderen Behandlungen, während TE4 und TE1 jeweils für zwei Behandlungen keine signifikant höhere Abnahme besteht. T3 ist mit Ausnahme der ‚Zwillingsbehandlung‘ TE3 nur für eine andere Behandlung nicht signifikant geringer.

Ähnlich zur Änderung der Anzahl im Vergleich zu 2015 (siehe Abb. 17) ist bei einem Vergleich von Übersaat versus keine Übersaat jeweils die Abnahme für eine Behandlung mit anschließender Übersaat höher, mit Ausnahme von Terrasse 4. Für alle Terrassen außer Terrasse 3 sind die Abnahmen signifikant höher (Terrassen 1 und 2) bzw. signifikant geringer (Terrasse 4) bei einer Übersaat (siehe Tab. 4).

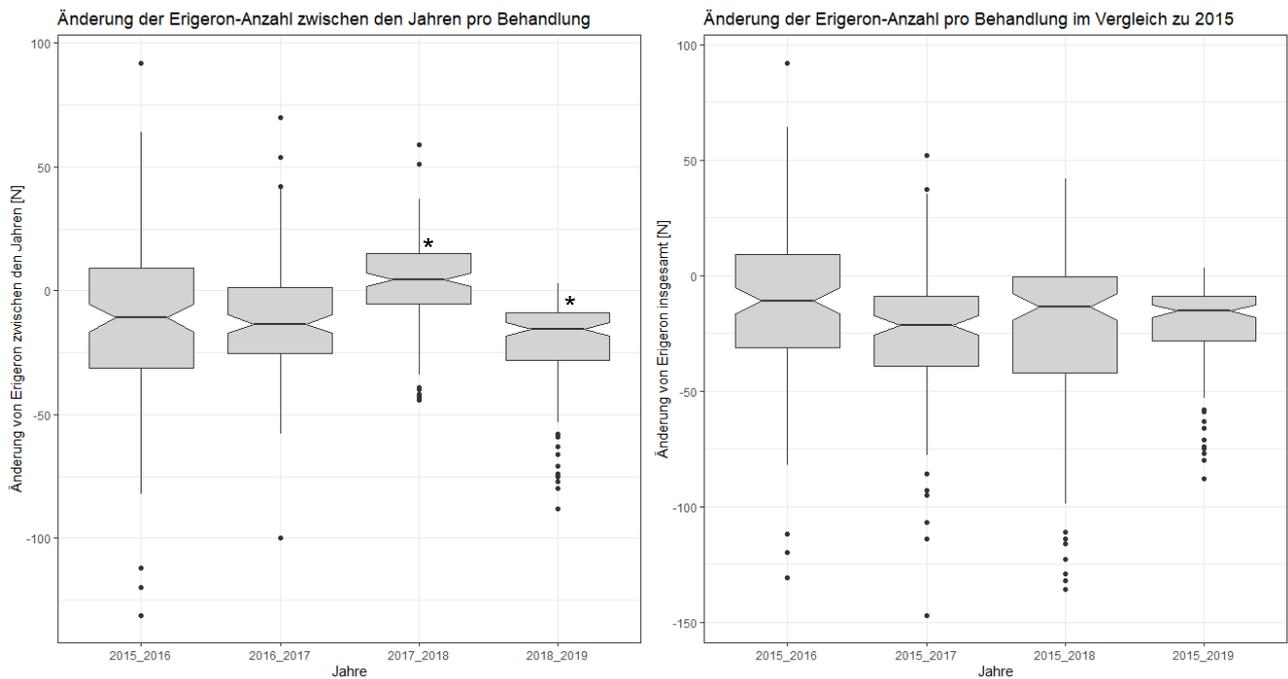


Abb. 19: Boxplots der Änderungen der Anzahl von *Erigeron annuus*-Rosetten über alle Behandlung zwischen Aufnahmejahren (li) und im Vergleich zur Erstaufnahme 2015 (re). Zwischen den Jahren ist für 2017_2018 eine Zunahme zu verzeichnen und die Abnahme für 2018_2019 ist am größten. Im Vergleich zu 2015 zeigt 2015_2018 im Vergleich zu 2015_2017 zwar eine Zunahme, insgesamt handelt es sich aber trotzdem um eine Abnahme. Die größte Abnahme erfolgte 2015_2017, gefolgt von 2015_2019.

Tab. 5: Ergebnis des Kruskal-Wallis-Tests für die Änderung der Anzahl von *Erigeron annuus*-Rosetten pro Behandlung zwischen den Aufnahmejahren

Jahr	2015_2016	2016_2017	2017_2018
2016_2017	0.7034	-	-
2017_2018	7.2e-06	5.3e-09	-
2018_2019	0.0041	0.0084	<2e-16

Tab. 6: Ergebnis des Kruskal-Wallis-Tests für die Änderung der Anzahl von *Erigeron annuus*-Rosetten pro Behandlung im Vergleich zur Erstaufnahme 2015

Jahr	2015_2016	2015_2017	2015_2018
2015_2017	0.0026	-	-
2015_2018	0.1262	0.1262	-
2015_2019	0.0082	0.1746	0.2457

Für den Vergleich der Änderung der Anzahl der *Erigeron annuus*-Rosetten nach Aufnahmejahr zwischen den Jahren (siehe Abb. 19) ist eine signifikante Zunahme für das Aufnahmejahr 2017_2018 zu allen anderen Aufnahmejahren zu sehen. Für das Aufnahmejahr 2018_2019 ist die Änderung signifikant am geringsten verglichen mit allen anderen Aufnahmejahren, wobei sie stärkste Signifikanz zum Vorjahr 2017_2018 besteht (siehe Tab. 5).

Für den Vergleich der Änderung der Anzahl der *Erigeron annuus*-Rosetten nach Aufnahmejahr im Vergleich zur Erstaufnahme 2015 zeigt sich für 2015_2018 eine Zunahme verglichen zu 2015_2017, es handelt sich aber dennoch um eine Abnahme. Die größte Abnahme ist im Vergleich 2015_2017 zu sehen, gefolgt von 2015_2019. Beide Abnahmen sind signifikant geringer im Vergleich zur ersten Änderung 2015_2016 (siehe Tab. 6).

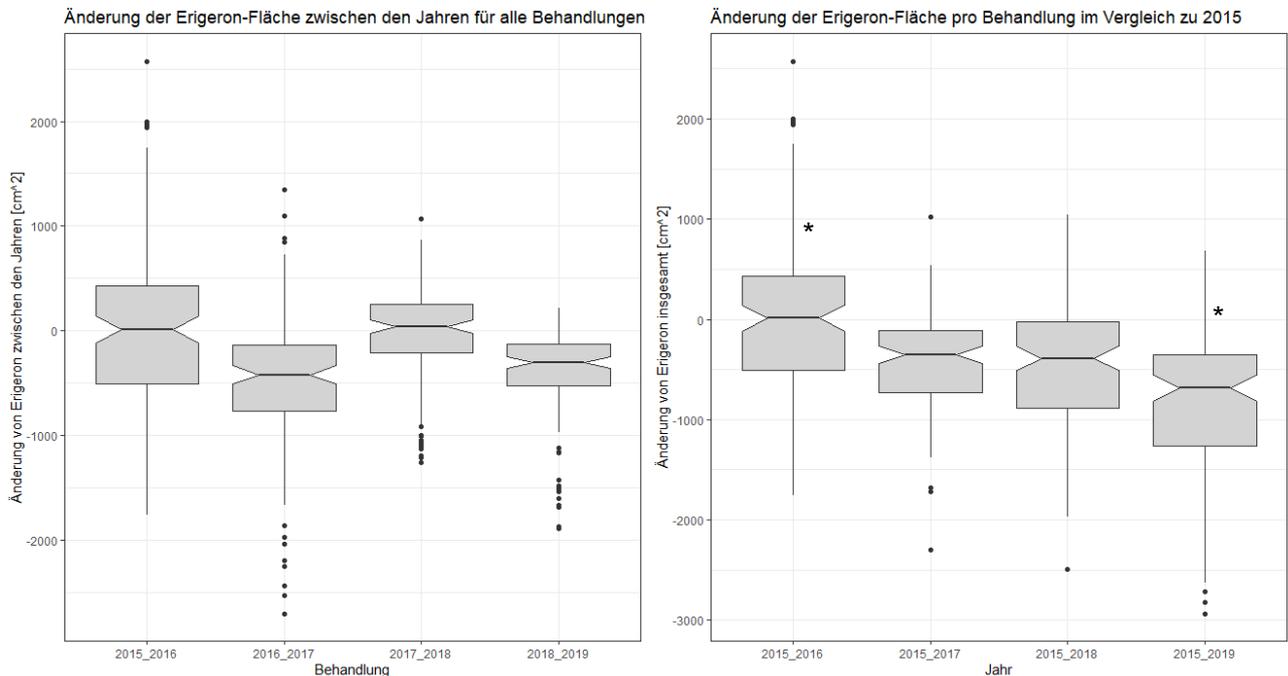


Abb. 20: Boxplots der Änderungen der Fläche von *Erigeron annuus*-Rosetten über alle Behandlung zwischen Aufnahmejahren (li) und im Vergleich zur Erstaufnahme 2015 (re). Zwischen den Jahren ist für 2017_2018 eine Zunahme zu verzeichnen und die Abnahme 2016_2017 ist am größten. Im Vergleich zu 2015 zeigt 2015_2018 im Vergleich zu 2015_2017 nur eine minimale Abnahme. Die größte Abnahme zeigt 2015_2019.

Tab. 7: Ergebnis des Kruskal-Wallis-Tests für die Änderung der Fläche von *Erigeron annuus*-Rosetten pro Behandlung zwischen den Aufnahmejahren

Jahr	2015_2016	2016_2017	2017_2018
2016_2017	2.2e-06	-	-
2017_2018	0.87	2.3e-08	-
2018_2019	1.9e-07	0.17	6.7e-13

Tab. 8: Ergebnis des Kruskal-Wallis-Tests für die Änderung der Fläche von *Erigeron annuus*-Rosetten pro Behandlung im Vergleich zur Erstaufnahme 2015

Jahr	2015_2016	2015_2017	2015_2018
2015_2017	5.1e-07	-	-
2015_2018	5.1e-07	0.78	-
2015_2019	5.4e-16	5.1e-07	1.5e-05

Für den Vergleich der Änderung der Fläche der *Erigeron annuus*-Rosetten nach Aufnahmejahr zwischen den Jahren (siehe Abb. 20) ist eine signifikante Zunahme für das Aufnahmejahr 2017_2018 zum Vorjahr (2016_2017) und zum nachfolgenden Jahr (2018_2019) zu sehen (siehe Tab. 7). Die Abnahme der Fläche ist für das Aufnahmejahr 2016_2017 am größten, gefolgt von 2018_2019. Für den Vergleich der Änderung der Anzahl der *Erigeron annuus*-Rosetten nach Aufnahmejahr im Vergleich zur Erstaufnahme 2015 (siehe Abb. 20) zeigt sich für 2015_2018 eine vergleichsweise geringe Abnahme zu 2015_2017. Die Abnahme 2015_2019 ist signifikant am größten, verglichen mit allen anderen Aufnahmejahren, während die Abnahme 2015_2016 signifikant am geringsten zu allen anderen Aufnahmejahren ist (siehe Tab. 8).

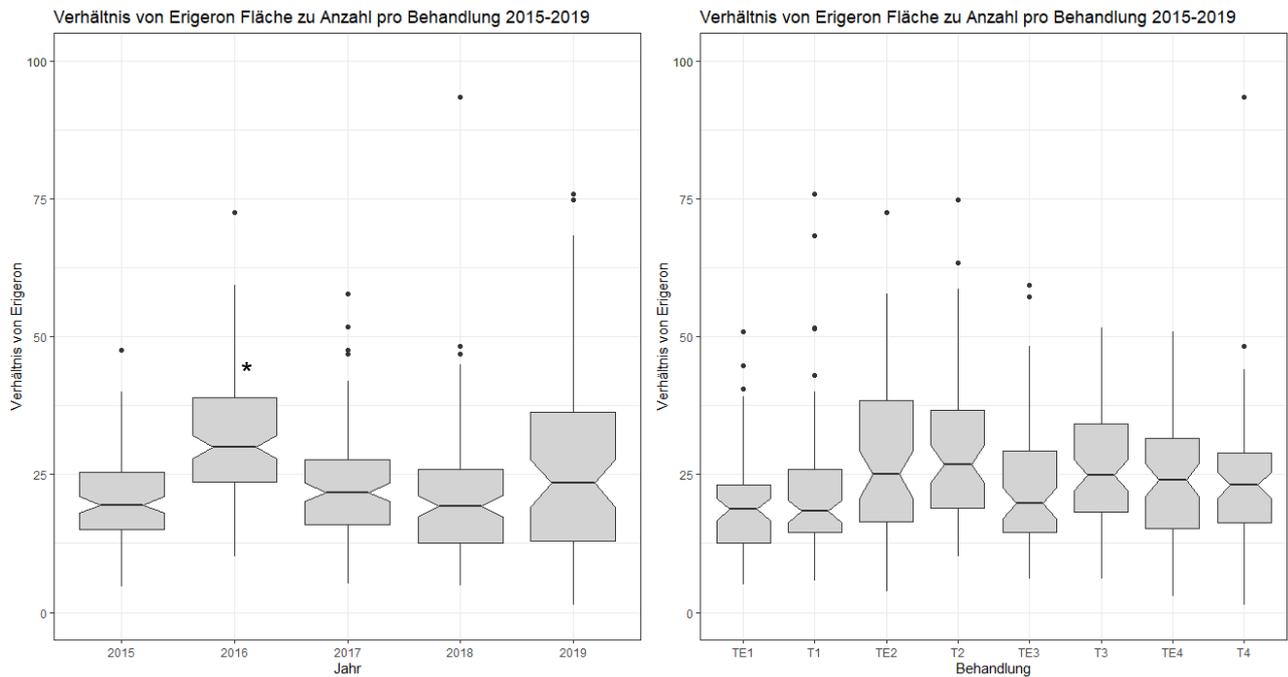


Abb. 21: Boxplots des Verhältnisses von Fläche und Anzahl von *Erigeron annuus*-Rosetten pro Aufnahmejahr (li) und Behandlung (re). Je größer die Fläche bzw. je kleiner die Anzahl, desto höher ist der Wert. 2016 ist das Verhältnis Fläche zu Anzahl am größten, gefolgt von 2019. Für die Behandlungen T2 und T3 ist das Verhältnis Fläche zu Anzahl am größten, für T1 am geringsten. Die Behandlungen der Terrasse 3 (T3 und TE3) unterscheiden sich deutlich voneinander.

Tab. 9: Ergebnis des Kruskal-Wallis-Tests für das Verhältnis von Fläche und Anzahl von *Erigeron annuus*-Rosetten pro Aufnahmejahr

Jahr	2015	2016	2017	2018
2016	3.3e-13	-	-	-
2017	0.148	1.2e-13	-	-
2018	0.371	9.3e-13	0.049	-
2019	0.029	0.028	0.178	0.022

Tab. 10:

Ergebnis des Kruskal-Wallis-Tests für das Verhältnis von Fläche und Anzahl von *Erigeron annuus*-Rosetten pro Behandlung

Behandlung	TE1	T1	TE2	T2	TE3	T3	TE4
T1	0.1970	-	-	-	-	-	-
TE2	0.00073	0.02274	-	-	-	-	-
T2	4.9e-06	0.00052	0.44799	-	-	-	-
TE3	0.07323	0.57985	0.11991	0.00983	-	-	-
T3	0.00016	0.00547	0.77730	0.25747	0.07323	-	-
TE4	0.02731	0.25074	0.18869	0.04018	0.70512	0.25074	-
T4	0.00274	0.08966	0.25074	0.03594	0.37360	0.22224	0.99211

In Abb. 21 und Tab. 9 wird deutlich, dass das Verhältnis von Fläche zu Anzahl von *Erigeron annuus*-Rosetten nach Aufnahmejahr, 2016 signifikant am höchsten ist verglichen zu allen anderen Aufnahmejahren. 2019 ist das Verhältnis ebenfalls signifikant höher zu den anderen Aufnahmejahren mit Ausnahme zum Jahr 2017 (siehe Tab. 9).

Das Verhältnis von Fläche zu Anzahl von *Erigeron annuus*-Rosetten ist am höchsten für die Behandlung der Terrasse 2 (T2 und TE2) und am geringsten für die Behandlungen der Terrasse 1 (T1 und TE1). Auffällig ist, dass auf Terrasse 3 die Behandlung mit Übersaat TE3 ein deutlich geringeres Verhältnis von Fläche zu Anzahl aufweist als die ‚Zwillingsbehandlung‘ T3. Es gibt keine Behandlung, die sich signifikant von allen anderen Behandlungen unterscheidet.

Tab. 11: Ergebnis des Mann-Whitney U-Tests für eine Gruppierung des Datensatzes nach Übersaat versus keine Übersaat statt nach Behandlungen für verschiedene Aufteilungen der Daten. Für eine Aufteilung nach Fläche gibt es keine Signifikanzen, während sich für eine Aufteilung nach Anzahl bei allen Datensätzen Übersaat versus keine Übersaat signifikant unterscheidet.

Datensatz nach Übersaat versus keine Übersaat	Chi-squared	p-Value
Gesamtfläche	309.57	0.296
Änderung Fläche im Vergleich zu 2015	254.71	0.4404
Änderung Fläche zwischen Jahren	255	0.4882
Gesamtanzahl	185.66	3.90e-05
Änderung Anzahl im Vergleich zu 2015	137.87	0.08112
Änderung Anzahl zwischen Jahren	136.24	0.006449

Tab. 11 macht deutlich, dass sich eine Gruppierung nach Übersaat versus keine Übersaat für die Gesamtanzahl, die Änderung zwischen den Aufnahmejahren und die Änderung im Vergleich zur Erstaufnahme 2015 signifikant unterscheidet.

5 Diskussion

5.1 Vergleich nach Behandlung

Die mit den im Folgenden verwendeten Kürzeln (T1 bis T4 und TE1 bis TE4) verschlüsselten Behandlungen sind Abb. 2 (S. 7) zu entnehmen und in Kap. 4.2, S. 15 ff. genauer dokumentiert.

5.1.1 Zu berücksichtigende Effekte auf Terrasse 4

In Abb. 13 und Abb. 14 wird deutlich, dass für die Behandlungen T4 und TE4 Gesamtanzahl und -fläche der *Erigeron annuus*-Rosetten über alle Untersuchungsjahre signifikant höher liegen als bei allen anderen Behandlungen. Gleichzeitig sind die Änderungen für die Gesamtanzahl und -fläche sowohl zwischen den Jahren als auch im Vergleich zur Erstaufnahme 2015 für die Behandlungen T4 und TE4 signifikant höher (siehe Abb. 17 und Abb. 18). Da für die Behandlungen der Terrasse 4 (T4 und TE4) jeweils die höchste Anzahl und die größte Fläche an *Erigeron annuus* ab Beginn der Untersuchungen vorhanden war, ist es plausibel, dass hier auch die größte Abnahme zu verzeichnen ist. Dies kann allerdings nicht unbedingt mit einer Wirksamkeit der Behandlungen auf Terrasse 4 gleichgesetzt werden, weil hier andere Ausgangsbedingungen als auf den anderen Terrassen herrschten. Auf einem Luftbild aus dem Jahr 2009 (siehe Abb. 25, S. 35) ist zu erkennen, dass auf Terrasse 4 sehr viel mehr *Erigeron annuus* vorhanden war als auf den Terrassen 1-3. Zudem wurde Terrasse 4 noch länger für den Weinbau genutzt als die übrigen Flächen. Die Vegetationsdeckung abzüglich *Erigeron annuus* war daher auf den meisten Subplots deutlich geringer als auf den anderen Terrassen. Daher ist nur eine bedingte Vergleichbarkeit von Terrasse 4 mit den übrigen Terrassen gegeben und bei einer Interpretation zwischen den Behandlungen ist Vorsicht geboten.

Eine zusätzliche Schwierigkeit in der Interpretation von Terrasse 4 besteht in der großen Streuung innerhalb der Daten: Die Behandlungen T4 und TE4 zeigen für Gesamtanzahl und -fläche sowie für die Änderungen zwischen den Jahren bzw. im Vergleich zu 2015 jeweils die größte oder eine der größten Streuungen (siehe Abb. 13, Abb. 14, Abb. 17 und Abb. 18). Da Terrasse 4 sich über einen steilen Hang erstreckt, gibt es hier wahrscheinlich Unterschiede in Bezug auf die Nährstoffakkumulation im Boden und die Wasserverfügbarkeit. Auch der Effekt des Waldrands (Unterschiede in Beschattung und Windexposition) dürfte eine Rolle spielen. Zudem erfolgte hier eine Beweidung mit Ziegen, welche die Fläche jedoch generell nicht gleichmäßig abweiden, sondern sich selektiv auf den Flächen bewegen: Große Steigungen innerhalb der Fläche werden vermutlich aufgrund des Energieverlustes gemieden und die Randbereiche der Flächen wurden gezielt aufgesucht, um Gehölze zu fressen, die über die Zäunung hinausragten (Abb. 24, S. 35). Dennoch war der Weidedruck insgesamt hoch, sodass der Großteil der Fläche intensiv abgeweidet wurde. Es dürfte jedoch auch unterschiedlich starke Trittschäden gegeben haben. Diese Unterschiede innerhalb der Terrasse führen zu einer Inhomogenität und einer breiten Streuung innerhalb der Daten von Terrasse 4.

5.1.2 Vergleich der Änderungen

Die Änderungen der Anzahl und Fläche der *Erigeron annuus*-Rosetten zwischen den Aufnahmejahren (Abb. 17 und Abb. 18) zeigen keine großen Unterschiede zwischen den Behandlungen. Die größte Abnahme zeigen die Behandlungen der Terrasse 4, während für T3 die geringsten Abnahmen vorhanden ist. Die Abnahmen für die Behandlungen der Terrasse 1 (T1 und TE1) sind etwas höher als die Behandlungen der Terrasse 2 (T2 und TE2).

Die Behandlungen T4, TE1 und T1 zeigen in Bezug auf Änderungen der Anzahl der *Erigeron annuus*-Rosetten im Vergleich zum Aufnahmejahr 2015 die größten Abnahmen, während T3 die geringste Abnahme zeigt. Nur bei Behandlung T4 ist diese höhere Abnahme signifikant. Für die Behandlungen T1 und T3 sind die Unterschiede zu den anderen Behandlungen jeweils signifikant mit Ausnahme der ‚Zwillingsbehandlungen‘ TE1 bzw. TE3.

Bei Vergleich der Änderungen der Fläche der *Erigeron annuus*-Rosetten in Relation zum Aufnahmejahr 2015 zeigen die Behandlungen T4, TE1 und TE4 die größten Abnahmen, während T3 die geringste Abnahme aufweist. Nur die Behandlung T4 zeigt signifikant höhere Abnahmen zu allen anderen Behandlungen. Die Abnahmen für TE1 und TE4 sind jeweils mit Ausnahme von zwei Behandlungen signifikant höher, während T3 mit Ausnahme der ‚Zwillingsbehandlung‘ TE3 signifikant geringere Abnahmen zeigt.

Da wie zuvor erwähnt ein Vergleich der Behandlungen der Terrasse 4 mit den anderen Behandlungen schwierig ist, bleibt festzuhalten, dass bei einem Vergleich der Änderungen der Anzahl und Fläche für die Terrassen 1 bis 3 auf Terrasse 1 die größten und auf Terrasse 3 die geringsten Abnahmen vorhanden sind, sowohl zwischen den Aufnahmejahren als auch im Vergleich zur Erstaufnahme 2015. Da die ‚Zwillingsbehandlungen‘ nicht unabhängig voneinander sind, da sie auf derselben Terrasse liegen, sind die nicht vorhandenen Signifikanzen zu vernachlässigen, sodass man von annähernd signifikanten Effekten sprechen kann.

Dies bedeutet, dass das Liegenlassen des Mähguts einen positiven Effekt auf die angestrebte Zurückdrängung von *Erigeron annuus* hat und dass dieser Effekt bei zweimaligem Liegenlassen (Terrasse 1) noch deutlicher ist, während die wesentlich aufwendiger Behandlung Ausrupfen in Kombination mit Mahd mit Abräumen auf Terrasse 3 weniger wirksam ist. Die starken Rückgänge auf Terrasse 4 sind aus den im vorigen Kapitel genannten Gründen mit Vorsicht zu interpretieren.

5.1.3 Vergleich von Behandlungen mit und ohne Übersaat

Bei einem Vergleich von Übersaat versus keine Übersaat sind, mit Ausnahme der Behandlungen von Terrasse 4, die Abnahmen für eine Behandlung mit anschließender Übersaat jeweils höher für Anzahl und Fläche der *Erigeron annuus*-Rosetten im Vergleich zur Erstaufnahme 2015. Für die Anzahl ist dieser Effekt auf den Terrassen 1,2 und 4, für die Fläche nur auf den Terrassen 1 und 4 signifikant. Für den eingebürgerten Neophyten Beifußblättriges Traubenkraut (*Ambrosia artemisiifolia*), der eine ähnliche ökologische Nische wie *Erigeron annuus* besetzt, erfolgte durch eine Übersaat infolge des erhöhten Konkurrenzdrucks eine Zurückdrängung (GENTILI et al. 2015). Dieser Effekt tritt offenbar auch für *Erigeron annuus* ein.

5.1.4 Einfluss von Umweltfaktoren

Aus Abb. 30 und Abb. 31 (im Anhang, S. 46) wird deutlich, dass im Jahr 2019 für alle Behandlungen außer T3 extrem geringe Werte für Anzahl und Fläche an *Erigeron annuus*-Rosetten im Vergleich zum Vorjahr vorhanden sind. Da dieser Effekt unabhängig von der Behandlung auftritt, ist es naheliegend, dass hier ein Umweltfaktor zugrunde liegt, der alle Flächen gleichermaßen beeinflusst hat. 2018 war das niederschlagsärmste und wärmste Jahr in Deutschland seit Beginn der Messungen im Jahr 1881. In Baden-Württemberg betrug die Durchschnittstemperatur 10,4°C (langjähriges Mittel: 8,1 °C) bei einem Niederschlag von 745 l/m³ (langjähriges Mittel: 980 l/m³) (DEUTSCHER WETTERDIENST). Abb. 22 zeigt Temperatur und Niederschlag für die Messstation Freiburg im Breisgau des DWD für das Jahr 2018, wo dieser Trend sehr deutlich wird. Zudem wird dieser Effekt auf den südexponierten Terrassen des Ölbergs noch deutlicher gewesen sein. Die extreme Hitze und Trockenheit im Jahr 2018 auf den Terrassen haben wahrscheinlich zum Absterben so vieler Rosetten geführt, dass die eigentliche Behandlung in diesem Jahr auf den Terrassen im Vergleich dazu kaum einen Einfluss hatte. Dies wurde auch in einer ähnlichen Studie in der Schweiz zu *Erigeron annuus* bestätigt: Aufgrund der Witterung fand hier 2018 kaum ein Wachstum zwischen dem Frühjahr- und Sommerschnitt statt (UMWELTATELIER SARTORI 2018).

Auch 2015 war ein überdurchschnittlich trockenes und warmes Jahr (Abb. 23). Dies wird detailliert diskutiert im Abschnitt 5.2.

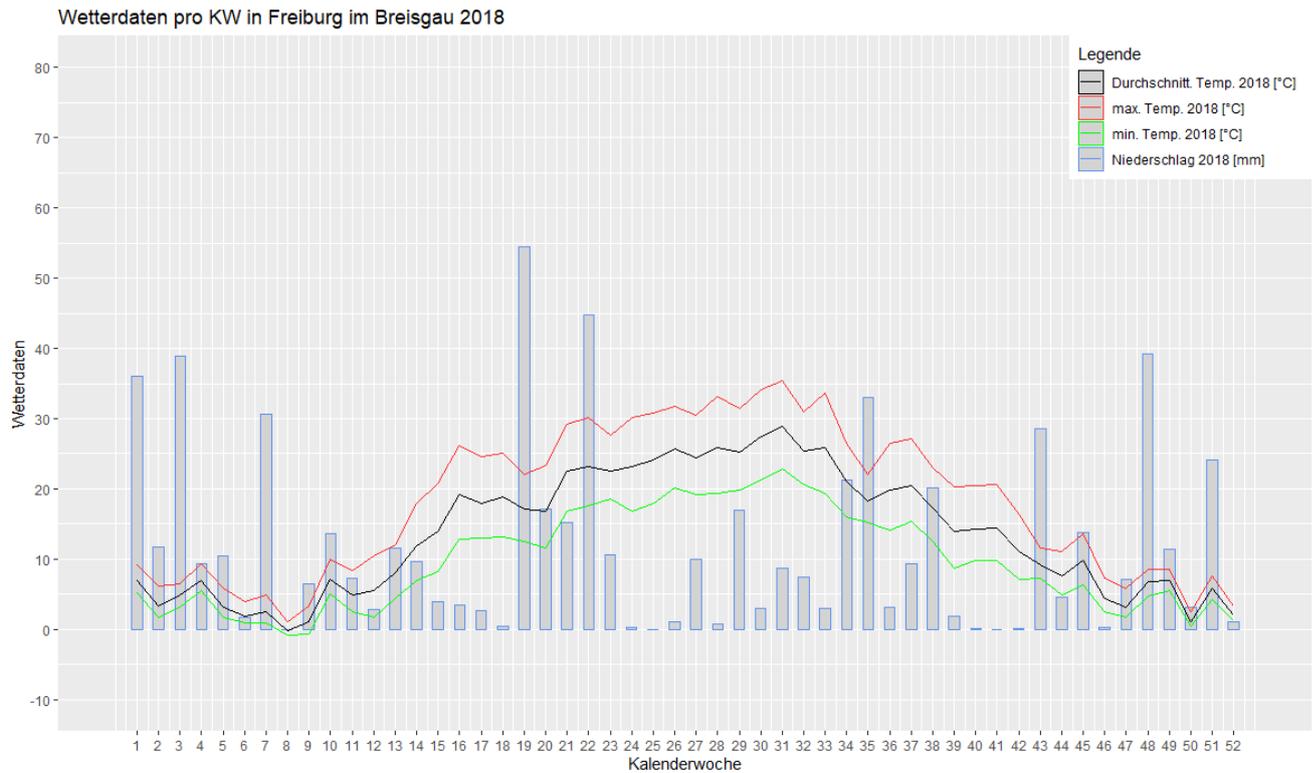


Abb. 22: Jahresverlauf von Niederschlag, durchschnittlicher Temperatur, maximaler und minimaler Temperatur pro Kalenderwoche für das Jahr 2018.

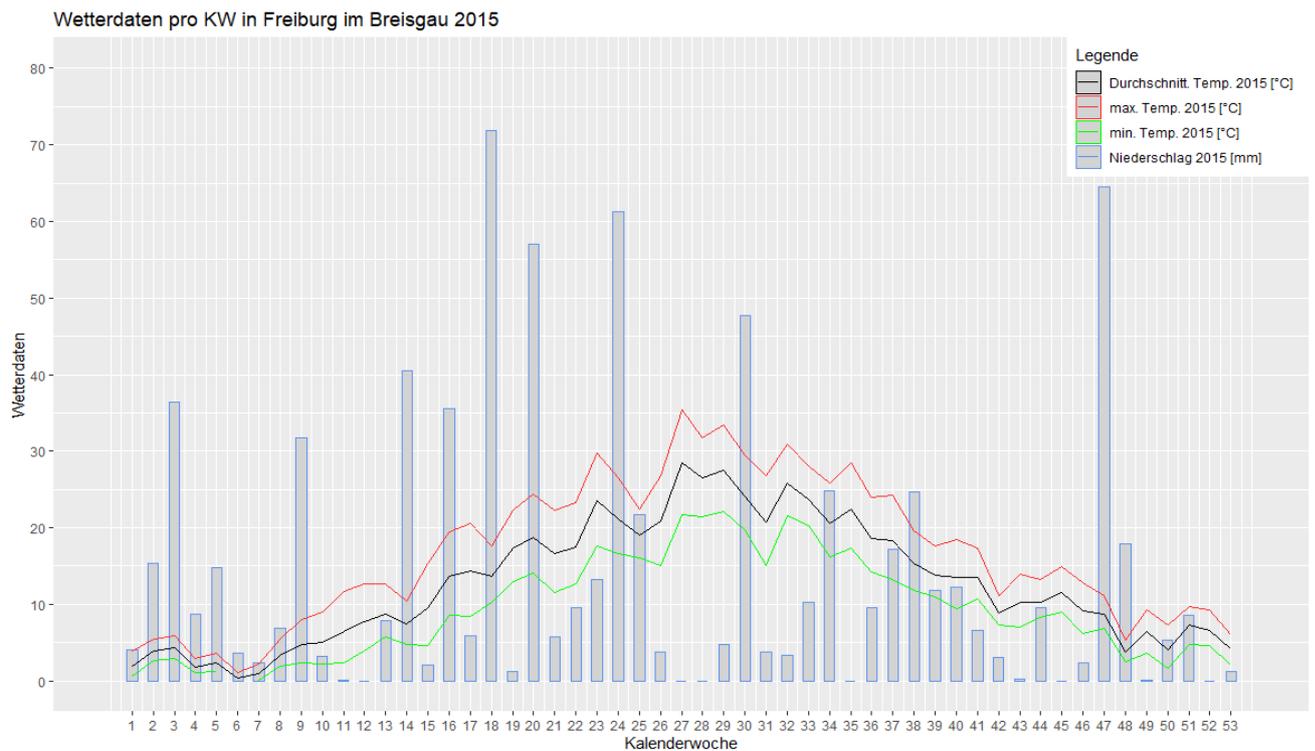


Abb. 23: Jahresverlauf von Niederschlag, durchschnittlicher Temperatur, maximaler und minimaler Temperatur pro Kalenderwoche für das Jahr 2015.

5.2 Vergleich nach Aufnahmejahr

Bei Betrachtung der Unterschiede für Gesamtanzahl und -fläche (siehe Abb. 15 und Abb. 16) und den Änderungen für Anzahl und Fläche, sowohl zwischen den Jahren als auch im Vergleich zum Aufnahmejahr 2015 (siehe Abb. 19 und Abb. 20), wird deutlich, dass hier starke Effekte vorhanden sind. 2016 und 2019 zeigen signifikant niedrigere Werte für Fläche und Anzahl, wobei 2019 die niedrigsten Werte zeigt. Für das Jahr 2018 sieht man dagegen eine Zunahme gegenüber dem Vorjahr. Bei Betrachtung der Änderungen unterscheiden sich die Zunahme 2017_2018 und die Abnahme 2018_2019 nur für die Anzahl signifikant. Für den Vergleich der Änderungen zur Erstaufnahme 2015 gibt es für die Anzahl 2015_2018 eine Zunahme im Vergleich zu 2015_2017 und die Endaufnahme 2015_2019 zeigt nicht, wie man erwartet hätte die größte Abnahme. Im Gegensatz dazu sieht man bei der Änderung der Fläche im Vergleich zur Erstaufnahme 2015 kontinuierlich größere Abnahmen, wobei die Änderungen 2015_2016 und 2015_2019 sich signifikant von den anderen Aufnahmejahren unterscheiden.

Die Änderungen der Anzahl der Rosetten zwischen den einzelnen Aufnahmejahren sind also stärker als die Änderungen der Fläche, und im Vergleich zur Erstaufnahme 2015 zeigt die Anzahl der Rosetten keinen klaren Abnahmetrend. Umgekehrt ist der Trend für die Fläche der Rosetten zwischen den Jahren schwächer ausgeprägt und im Vergleich zur Erstaufnahme 2015 ist ein kontinuierlicher Abnahmetrend zu sehen. Betrachtet man das Verhältnis von Fläche zu Anzahl nach Aufnahmejahr (siehe Abb. 21), so wird ebenfalls deutlich, dass ein Wechsel zwischen den Jahren stattfindet. In den Jahren 2016 und 2019 ist das Verhältnis von Fläche zu Anzahl deutlich höher verglichen mit den anderen Aufnahmejahren und im Fall von 2016 ist diese Zunahme sogar signifikant.

Aus den Änderungen für Anzahl und Fläche für die Aufnahmejahre lässt sich schließen, dass die Abnahme der Anzahl und der Fläche nicht miteinander einhergehen. Es gab also entweder einen Wechsel von wenigen großen zu vielen kleinen Rosetten oder einen Wechsel von vielen kleinen zu wenigen großen Rosetten, die insgesamt weniger Fläche einnehmen. Da es für die Änderung der Fläche über die Jahre einen gleichmäßigen Abnahmetrend gibt, muss der Wechsel in der Anzahl der Rosetten begründet sein. Bei der Bildung des Verhältnisses bei einem mehr oder weniger gleichmäßigen Zähler (Fläche), kommt nur eine Abnahme des Nenners (Anzahl) in Frage für eine Zunahme. Es waren im März 2016 und 2019 also deutlich weniger, aber dafür deutlich größere Rosetten vorhanden. Dieses lässt darauf schließen, dass vorwiegend ältere und daher robustere Pflanzen den Hitze- und Trockenstress überlebt haben, während jüngere Pflanzen häufiger abgestorben sind.

Wie bereits diskutiert, war 2018 ein extrem heißes und trockenes Jahr. Auch 2015 war dies der Fall mit einer Durchschnittstemperatur von 9,9°C (langjähriges Mittel: 8,1 °C) bei einem Niederschlag von 730 l/m³ (langjähriges Mittel: 980 l/m³) (DEUTSCHER WETTERDIENST). Abb. 23 zeigt Temperatur und Niederschlag für die Messstation Freiburg im Breisgau des DWD für das Jahr 2015, wo dieser Trend ebenfalls deutlich wird. Betrachtet man die Änderungen der Rosetten 2016 und 2019 in Bezug auf die Wetterbedingungen in den Vorjahren (siehe Abb. 22 und Abb. 23), wird ersichtlich, dass im Anschluss an einen besonders trockenen

und warmen Sommer *Erigeron annuus*, im darauffolgenden März weniger, aber dafür größere Rosetten vorhanden sind. Bei der Betrachtung des Verhältnisses von Fläche zu Anzahl ist zudem auffällig, dass auf Terrasse 3 die Behandlung mit Übersaat TE3 ein deutlich geringeres Verhältnis von Fläche zu Anzahl aufweist als die ‚Zwillingsbehandlung‘ T3. Dies wird auch deutlich in Abb. 14, wo der Wert für die Gesamtfläche von TE3 deutlich höher liegt, obwohl sich der Wert für die Gesamtanzahl (siehe Abb. 13) kaum unterscheidet. Die Behandlung TE3 hat also im Vergleich zu T3 tendenziell weniger, aber dafür größere Rosetten ausgebildet. Auf Terrasse 3 wurden vor der Mahd *Erigeron annuus* Pflanzen gerupft. Bei einem Rupfen von Pflanzen entstehen offene Bodenstellen, die anschließend eine Keimung und Neubesiedlung für andere Pflanzen begünstigen. *Erigeron annuus* ist als Pionierpflanze zwar daran angepasst, offene Bodenstellen schnell zu besiedeln (OEKO-PLUS AARGAU 2009), allerdings wird durch eine Übersaat der Konkurrenzdruck erhöht und eine Neubesiedlung mit anderen Pflanzen ist wahrscheinlicher. Diese Befunde legen also nahe, dass *Erigeron annuus* auf Flächen mit höherem Konkurrenzdruck um offene Bodenstellen große Rosetten einen Vorteil gegenüber empfindlicheren Jungpflanzen haben. Unsere Ergebnisse suggerieren somit, dass größere Rosetten von *Erigeron annuus* sowohl bei Hitze- und Trockenstress als auch bei Konkurrenzdruck einen Vorteil gegenüber kleineren Rosetten hat.

Bei einer gemeinsamen Betrachtung der Daten von Übersaat versus keine Übersaat, unabhängig von der Behandlung (siehe Tab. 11), wird deutlich, dass sich nur für die Gesamtanzahl und die Änderung zwischen den Jahren jeweils Übersaat versus keine Übersaat signifikant unterscheiden. Der Effekt einer Übersaat wirkt sich also deutlich in einer Änderung der Anzahl und weniger in der Änderung der Fläche aus. Dies geht einher mit der Beobachtung der Änderung des Verhältnisses von Fläche zu Anzahl und bestätigt, dass der höhere Konkurrenzdruck durch eine Übersaat in einer Abnahme der Anzahl der *Erigeron annuus*-Rosetten resultiert.

Für 2017_2018 gab es eine Zunahme für Anzahl und Fläche, wobei diese im Vergleich mit der Erstaufnahme 2015_2018 nur für die Anzahl deutlich ist (Abb. 19 und Abb. 20). Das Verhältnis Fläche zu Anzahl zeigt, dass 2018 eine Abnahme im Verhältnis stattfindet (Abb. 21). Es gab 2018 also insgesamt eine Zunahme an *Erigeron annuus*, und zwar in Form von vielen kleinen Rosetten, die insgesamt nicht viel Fläche einnahmen.

2017 war in Deutschland der wärmste Herbst seit Beginn der Messungen im Jahr 1881 (Deutscher Wetterdienst 2017), gefolgt von einem sehr milden Winter (Deutscher Wetterdienst 2018, Abb. 22). Da *Erigeron annuus* ein Spätkeimer ist (TRTIKOVA 2008), hat sich vermutlich zum einen der sehr warme Herbst positiv auf Fläche und Anzahl der *Erigeron annuus*-Rosetten ausgewirkt. Außerdem wurde nachgewiesen, dass die Überlebensrate im Winter für *Erigeron annuus* in einer Konkurrenzsituation am wichtigsten ist für dessen allgemeine Fitness (STRATTON 1992). Daher wirkt sich ein milder Winter wahrscheinlich ebenfalls positiv auf Fläche und Anzahl von *Erigeron annuus*-Rosetten aus.



Abb. 24: Ziegen bevorzugen die weniger steilen Bereich innerhalb der Terrasse 4 und versuchen benachbarte Gehölzen außerhalb der Fläche zu fressen.



Abb. 25: GoogleEarth-Luftbild aus dem Jahr 2009. Bei den hellen Bereichen (rechte Hälfte von Terrasse 4 und die kompletten darüber liegenden Terrassen) könnte es sich um blühende *Erigeron annuus*-Bestände handeln.



Abb. 26: Drohnenaufnahme (INULA) vom 02.09.2019. Bereiche mit viel blühendem *Erigeron annuus* erscheinen weißlich.



Abb. 27: Drohnenaufnahme (INULA) vom 02.09.2019 in schräger Ansicht.

6 Zusammenfassung

6.1 Fazit mit Diskussion der Anfangs-Hypothesen

6.1.1 Wird durch die Mahd vor der Samenreife das Aussamen verhindert?

Da auf allen Terrassen insgesamt eine Abnahme der Rosetten erfolgte und auf allen Terrassen eine Mahd vor Samenreife durchgeführt wurde, kann man vermuten, dass diese Hypothese korrekt ist. Allerdings zeigen unsere Ergebnisse auch auf, dass Umwelteinflüsse, wie die extreme Hitze und Trockenheit im Jahr 2018, schwerer wiegen können als die einzelnen Behandlungen. Da keine Kontrollflächen (Mahd erst nach der Samenreife) existieren, ist eine abschließende Beurteilung nicht möglich.

6.1.2 Erfolgt durch eine Mahd ohne Abräumen ein Ausdunkeln der Rosetten?

Da die Abnahme von *Erigeron annuus* für die Terrassen 1 und 2, auf denen eine Mahd ohne Abräumen erfolgte, insgesamt am erfolgreichsten war, kann diese Hypothese mit hoher Wahrscheinlichkeit bestätigt werden.

6.1.3 Wirkt sich das Rupfen von *Erigeron annuus* positiv auf die Zurückdrängung der Pflanze aus?

Unsere Ergebnisse zeigen, dass das Rupfen verglichen mit einer zweischürigen Mahd eine geringere Abnahme in Anzahl und Fläche der *Erigeron annuus*-Rosetten bedingt. Zumindest im ersten Jahr nach der Behandlung 2016 ist sogar eine deutliche Zunahme in Anzahl und Fläche für Terrasse 3 zu sehen (Abb. 32 und Abb. 33, S. 47). Vermutlich stellen die durch das Ausreißen geschaffenen offenen und aufgelockerten Bodenstellen ideale „Saatbetten“ für *Erigeron annuus*-Samen dar. Auch wenn eine Übersaat diesen Effekt verringert, scheint das Rupfen nicht das Mittel der Wahl für eine erfolgreiche Zurückdrängung zu sein.

6.1.4 Wird durch eine Nachbeweidung eine Nachblüte verhindert und erfolgt eine Schädigung der Pflanzen?

Diese Hypothese ist anhand unserer Ergebnisse leider nicht zu beantworten, da keine gute Vergleichbarkeit der Daten zwischen den Beweidungsflächen (T4, TE4) zu den anderen Flächen besteht. Dies ist in der höheren Anfangsdeckung von *Erigeron annuus* und der Lage der Probeflächen auf Terrasse 4 begründet. Grundsätzlich gibt es eine sehr deutliche Abnahme der Rosetten auf Terrasse 4, aber inwiefern diese Abnahme mit der Beweidung zusammenhängt, kann abschließend nicht beurteilt werden.

6.1.5 Wird durch eine Übersaat der Konkurrenzdruck auf *Erigeron annuus* erhöht?

Unsere Ergebnisse unterstützen diese Hypothese. Auf allen Terrassen, außer auf Terrasse 4, ist eine Abnahme für die Anzahl und Fläche der Rosetten bei erfolgter Übersaat deutlich erkennbar. Für die Terrasse 1 sind diese Effekte für Anzahl und Fläche signifikant, für Terrasse 1 für die Fläche. Wie bereits diskutiert, sind die Daten auf Terrasse 4 aufgrund der Lage der Fläche zu inhomogen, um einen Vergleich zwischen den Behandlungen T4 und TE4 zuzulassen.

6.2 Bewirtschaftungsempfehlungen

6.2.1 Maßnahmenempfehlungen für bestehendes Grünland

Unsere Daten suggerieren, dass **eine zweischürige Mahd ohne Abräumen des Mahdguts mit einer anschließenden Übersaat am effektivsten für die Zurückdrängung von *Erigeron annuus* ist**. Auch wenn auf der zweimal gemähten und nachbeweideten Terrasse 4 die stärksten Rückgänge von *Erigeron annuus* dokumentiert wurden, so lässt sich aufgrund verschiedener Unterschiede zu den anderen Terrassen, die in Kap. 5.1.1 (S. 29) dargestellt wurden, nicht sicher nachweisen, dass die Nachbeweidung hierfür verantwortlich ist.

Unabhängig davon, für welche der hier angewendeten Methoden man sich entscheidet, ist eine anschließende **Übersaat sinnvoll**. Das zeit- und ressourcenaufwendige **Ausrupfen von *Erigeron annuus* scheint anhand unserer Daten nicht den gewünschten Effekt zu erzielen**. Es kann allenfalls sinnvoll sein, wenn es sich noch um einzelne *Erigeron annuus*-Pflanzen handelt und auf diese Weise die Etablierung der Art verhindert werden kann.

Abschließend sollte allerdings erwähnt werden, dass es noch andere Effekte gibt, die im Rahmen unserer Untersuchungen aus Zeitgründen nicht untersucht wurden, die aber, wie in Kapitel 6.2 diskutiert, einen Effekt gehabt haben könnten. Dazu gehört beispielsweise der Anteil an Laubeintrag, der Anteil an offenen Bodenstellen und der Anteil an konkurrierender Vegetation, insbesondere der Wilden Möhre (*Daucus carota*) und des Weißen Labkrauts (*Galium album*) zum Zeitpunkt der Erstaufnahme. Da während der Aufnahme der Daten keine Deckungsschätzungen vorgenommen wurden, könnte man diese Effekte nachträglich durch eine Klassifizierungsanalyse in QGIS untersuchen.

6.2.2 Empfehlungen für Brachen, Wegränder, enthurstete Flächen etc.

Erigeron annuus hat eine weite Amplitude, jedoch einen Schwerpunkt in halbruderalen Möhren-Steinklee-Gesellschaften (Verband: Dauco-Melilotion) auf trockenwarmen Standorten. Diese Pflanzengesellschaften sind seit jeher prädestiniert, von Neophyten wie z. B. dem Kanadischen Katzenschweif (*Conyza canadensis*, Synonym: *Erigeron canadensis*) durchsetzt oder gar dominiert zu werden. Die einheimischen Pflanzen, die in diesen Pflanzengesellschaften vorkommen, haben aufgrund der langen Koevolution mit Insektenarten einen viel höheren bioökologischen Wert als die Neophyten. So werden bei floraweb.de die folgenden Artenzahlen für Schmetterlinge angegeben, die die jeweiligen Pflanzenarten als Nektar- und/oder Raupenpflanze nutzen: Natternkopf (*Echium vulgare*): 54, Wilde Möhre (*Daucus carota*): 132, Wegwarte (*Cichorium intybus*): 6, Gewöhnliches Bitterkraut (*Picris hieracioides*): 8, Rainfarn (*Tanacetum vulgare*): 15. Um zu verhindern, dass sich an typischen Standorten wie Brachen, Wegrändern, enthursteten Flächen im Grünland etc. Neophyten-dominierte Pflanzengesellschaften etablieren, sollten daher **unmittelbar nach Schaffung der Standorte – sobald geeignete Keimbedingungen gegeben sind – entsprechende Dauco-Melilotion-Saatmischungen ausgebracht werden**. Hierdurch werden einerseits unmittelbar die bioökologisch höherwertigen indigenen Pflanzen gefördert, gleichzeitig aber wird auch die nähere und weitere Umgebung vor einem „Diasporenregen“

der sehr gut flugfähigen Samen von *Erigeron annuus* geschützt und somit die weitere Ausbreitung der an geeigneten Pionierstandorten zur Bildung von Massenvorkommen befähigten Art gehemmt.

6.3 Ausblick auf mögliche weitere Auswertungen

6.3.1 Laubeintrag reduziert die Anzahl der *Erigeron annuus*-Rosetten durch direkte Beschattung

Abb. 28 suggeriert, dass ein hoher Anteil an Laubeintrag mit einem Rückgang von *Erigeron annuus*-Rosetten korreliert sein könnte. Hierbei ist noch zu überprüfen, ob die Beschattung auf den Plots allein durch das Falllaub oder auch durch die während der Vegetationsperiode belaubten Gehölze entstanden ist. Dieser Effekt entspricht dem durch Liegenlassen des Mahdguts auf den Terrassen 1 und 2 gezielt herbeigeführten und im Rahmen des Versuchs untersuchten Beschattungseffekt. Um den Effekt des Laubeintrags unabhängig vom Beschattungseffekt auf Terrasse 1 und 2 betrachten zu können, sollte dieser Effekt nur für Terrasse 3 und 4 untersucht werden, da hier eine Mahd mit Abräumen des Mahdguts durchgeführt wurde. Da während der Aufnahme der Daten keine Deckungsschätzung für den Laubeintrag vorgenommen wurden, könnte man diese Effekte nachträglich durch eine Klassifizierungsanalyse in QGIS untersuchen.



Abb. 28: links 2015, rechts 2018: Terrasse 3, Reihe 4. Die *Erigeron*-Rosetten sind mit der Digitalisierung überlagert. Zu erkennen ist der hohe Laubeintrag. Innerhalb der drei Jahre ist hier sowohl die Anzahl als auch die Fläche der *Erigeron*-Rosetten deutlich zurückgegangen.

6.3.2 Eine hohe Deckung konkurrenzkräftiger krautiger Arten und Gräser vor Versuchsbeginn beeinflusst die Entwicklung von Anzahl und Fläche der *Erigeron annuus*-Rosetten in den Folgejahren

Unsere Beobachtung der Ausgangssituation an Fläche und Anzahl auf Untersuchungsflächen mit hohem Anteil an Weißem Labkraut (*Galium album*) und großen Gräser-Horsten, suggeriert, dass sich auf diesen Flächen nur wenige und oder kleine *Erigeron annuus*-Rosetten etablieren konnten (siehe Abb. 29). Eine hohe Deckung konkurrenzkräftiger krautiger Arten könnte *Erigeron annuus* in seiner Etablierung einschränken. Eine hohe Deckung von Arten, welche bezüglich ihrer Nährstoffversorgung anspruchsvoller – jedoch noch nicht explizit nitrophytisch – sind, in unseren Plots vor allem das Weiße Labkraut (*Galium album*), könnte durch Konkurrenz die Anzahl und die Fläche der *Erigeron annuus*-Rosetten reduzieren. Eine andere vermutlich als Konkurrent von *Erigeron annuus* bedeutsame einheimische Art, die auf den Terrassen teilweise stark vertreten und aufgrund ihrer als Wasserspeicherorgan dienenden Rübe deutlich trockenheitsverträglicher ist, ist die Wilde Möhre (*Daucus carota*). Diese zweijährige, krautige Pflanze zeigt in ihren standörtlichen Präferenzen starke Ähnlichkeiten mit *Erigeron annuus*, insbesondere in halbruderalen Möhren-Steinklee-Gesellschaften (Dauco-Melilotion) auf trockenwarmen Standorten (WILMANN 1998). *Daucus carota* wurde in Nordamerika und Australien eingeschleppt und ist dort interessanterweise eine invasive „Problempflanze“, die offenes Grünland („open grassland“, Straßenränder, Wiesen, brachliegende Felder und Ruderalplätze erobert und dabei einheimische Pflanzen verdrängen kann⁹. Die Rollen sind hier also vertauscht.

Um diesen Effekt auf unseren Flächen unabhängig von der Behandlung untersuchen zu können, dürfen nur Untersuchungsflächen mit derselben Behandlung verglichen werden. Da wir keine Deckungsschätzung für den Anteil an *Daucus carota*, *Galium album* oder Gräser-Horsten zur Erstaufnahme vorgenommen haben, könnte man diese Effekte nachträglich durch eine Klassifizierungsanalyse in QGIS untersuchen.

⁹ <https://www.cabi.org/>

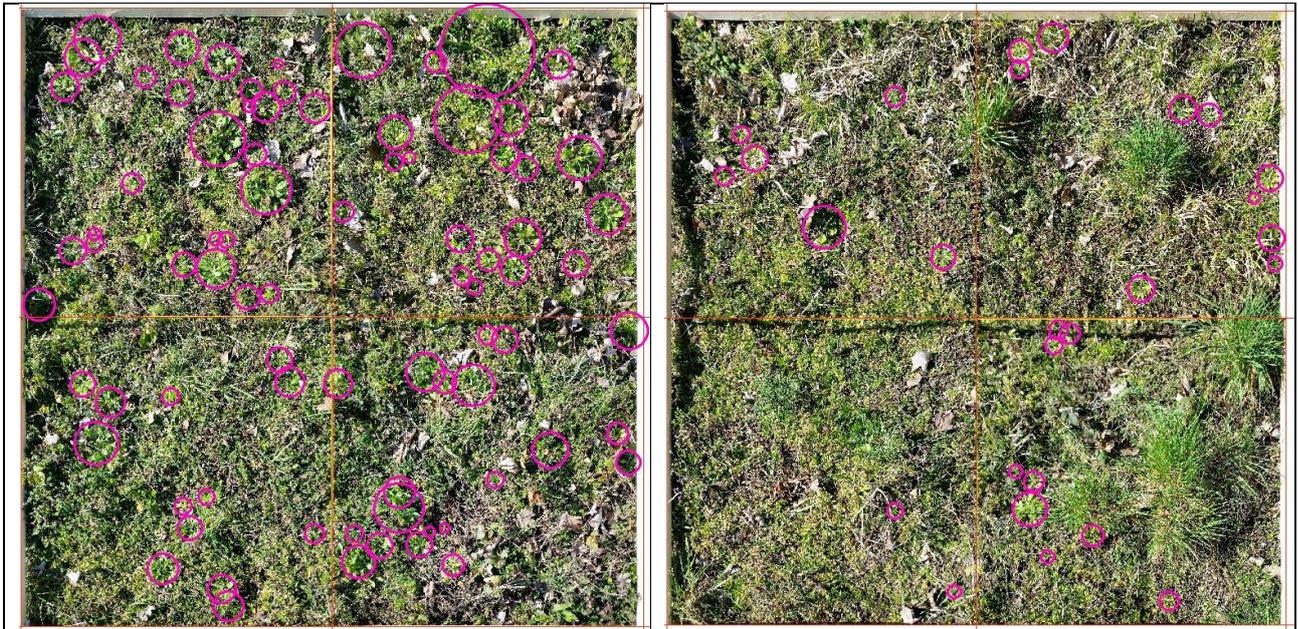


Abb. 29: links: Terrasse 3E, Reihe 4 im März 2015. Zu erkennen ist der hohe Anteil des Weißen Labkrauts (*Galium album*) im linken unteren Quadranten (Q3). Rechts: Terrasse 3, Reihe 7 2015. Zu erkennen ist der hohe Anteil an Gräser-Horsten.

7 Anhang

Tab. 12: Gesamtfläche und -anzahl sowie durchschnittliche Gesamtfläche und -anzahl der *Erigeron annuus*-Rosetten pro Behandlung für die Erstaufnahme 2015

Behandlung	Gesamtfläche[cm ²]	Durchschn. Gesamtfläche[cm ²]	Gesamtanzahl	Durchschn. Gesamtanzahl
T1	12241,1755	765,073466	814	50,875
T2	8586,5609	536,660056	374	23,375
T3	8111,9885	506,999281	334	20,875
T4	36037,5198	2252,34499	2115	132,1875
TE1	15884,0117	992,75073	876	54,75
TE2	13228,0214	826,751335	512	32
TE3	5966,0245	372,876531	382	23,875
TE4	23635,156	1477,19725	857	53,5625

Tab. 13: Gesamtfläche und -anzahl sowie durchschnittliche Gesamtfläche und -anzahl der *Erigeron annuus*-Rosetten pro Behandlung für 2016

Behandlung	Gesamtfläche[cm ²]	Durchschn. Gesamtfläche[cm ²]	Gesamtanzahl	Durchschn. Gesamtanzahl
T1	12281,2065	767,575404	427	26,6875
T2	11091,5266	693,220411	374	23,375
T3	21089,3843	1318,08652	660	41,25
T4	21578,0612	1348,62883	1025	64,0625
TE1	9973,61816	623,351135	336	21
TE2	10746,1238	671,632737	298	18,625
TE3	24399,1228	1524,94518	667	41,6875
TE4	18782,4114	1173,90072	717	44,8125

Tab. 14: Gesamtfläche und -anzahl sowie durchschnittliche Gesamtfläche und -anzahl der *Erigeron annuus*-Rosetten pro Behandlung für 2017

Behandlung	Gesamtfläche[cm ²]	Durchschn. Gesamtfläche[cm ²]	Gesamtanzahl	Durchschn. Gesamtanzahl
T1	6149,93082	384,370676	329	20,5625
T2	1453,07808	90,8173802	46	2,875
T3	3594,70656	224,66916	146	9,125
T4	28965,5898	1810,34936	1062	66,375
TE1	3616,01869	226,001168	274	17,125
TE2	1993,20566	124,575354	71	4,4375
TE3	4263,77052	266,485657	240	15
TE4	18949,0849	1184,31781	761	47,5625
TE4	6196,03796	387,252373	578	36,125

Tab. 15: Gesamtfläche und -anzahl sowie durchschnittliche Gesamtfläche und -anzahl der *Erigeron annuus*-Rosetten pro Behandlung für 2018

Behandlung	Gesamtfläche[cm ²]	Durchschn. Gesamtfläche[cm ²]	Gesamtanzahl	Durchschn. Gesamtanzahl
T1	5474,81168	342,17573	325	20,3125
T2	9389,3462	586,834137	380	23,75
T3	7966,40748	497,900467	293	18,3125
T4	19749,892	1234,36825	777	48,5625
TE1	5409,50263	338,093915	437	27,3125
TE2	5411,05338	338,190836	226	14,125
TE3	4661,78285	291,361428	257	16,0625

Tab. 16: Gesamtfläche und -anzahl sowie durchschnittliche Gesamtfläche und -anzahl der *Erigeron annuus*-Rosetten pro Behandlung für 2019

Behandlung	Gesamtfläche[cm ²]	Durchschn. Gesamtfläche[cm ²]	Gesamtanzahl	Durchschn. Gesamtanzahl
T1	1182,28868	73,8930425	44	2,75
T2	2485,69468	155,355918	68	4,25
T3	4589,24031	286,827519	167	10,4375
T4	687,40717	42,9629481	26	1,625
TE1	433,070768	27,066923	33	2,0625
TE2	276,566347	17,2853967	17	1,0625
TE3	386,824671	24,1765419	15	0,9375
TE4	1178,06886	73,6293036	38	2,375

Tab. 17: Durchschnittliche Änderung der Gesamtfläche der *Erigeron annuus*-Rosetten pro Behandlung im Vergleich zur Erstaufnahme 2015

Behandlung	2015_2016	2015_2017	2015_2018	2015_2019
T1	2,50193812	-380,70279	-422,89774	-691,18042
T2	156,560355	-445,84268	50,174081	-381,30414
T3	811,087239	-282,33012	-9,098814	-220,17176
T4	-903,71616	-441,99563	-1017,9767	-2209,382
TE1	-369,3996	-766,74956	-654,65682	-965,68381
TE2	-155,1186	-702,17598	-488,5605	-809,46594
TE3	1152,06864	-106,39087	-81,515103	-348,69999
TE4	-303,29654	-292,87944	-1089,9449	-1403,5679

Tab. 18: Durchschnittliche Änderung der Gesamtanzahl der *Erigeron annuus*-Rosetten pro Behandlung im Vergleich zur Erstaufnahme 2015

Behandlung	2015_2016	2015_2017	2015_2018	2015_2019
T1	40,0310099	-6091,2446	-6766,3638	-11058,887
T2	2504,96568	-7133,4828	802,785296	-6100,8662
T3	12977,3958	-4517,2819	-145,58102	-3522,7482
T4	-14459,459	-7071,9301	-16287,628	-35350,113
TE1	-5910,3935	-12267,993	-10474,509	-15450,941
TE2	-2481,8976	-11234,816	-7816,968	-12951,455
TE3	18433,0983	-1702,254	-1304,2416	-5579,1998
TE4	-4852,7446	-4686,0711	-17439,118	-22457,087

Tab. 19: Durchschnittliche Änderung der Gesamtfläche der *Erigeron annuus*-Rosetten pro Behandlung zwischen den Jahren

Behandlung	2015_2016	2016_2017	2017_2018	2018_2019
T1	2,50193812	-383,20473	-42,194946	-268,28269
T2	156,560355	-602,40303	496,016757	-431,47822
T3	811,087239	-1093,4174	273,231307	-211,07295
T4	-903,71616	461,720535	-575,98111	-1191,4053
TE1	-369,3996	-397,34997	112,092747	-311,02699
TE2	-155,1186	-547,05738	213,615482	-320,90544
TE3	1152,06864	-1258,4595	24,8757708	-267,18489
TE4	-303,29654	10,4170937	-797,06544	-313,62307

Tab. 20: Aufsummierte Änderung der Gesamtfläche der *Erigeron annuus*-Rosetten pro Behandlung zwischen den Jahren

Behandlung	2015_2016	2016_2017	2017_2018	2018_2019
T1	40,0310099	-6131,2756	-675,11914	-4292,523
T2	2504,96568	-9638,4485	7936,26812	-6903,6515
T3	12977,3958	-17494,678	4371,70092	-3377,1672
T4	-14459,459	7387,52856	-9215,6978	-19062,485
TE1	-5910,3935	-6357,5995	1793,48395	-4976,4319
TE2	-2481,8976	-8752,9181	3417,84772	-5134,487
TE3	18433,0983	-20135,352	398,012332	-4274,9582
TE4	-4852,7446	166,673499	-12753,047	-5017,9691

Tab. 21: Durchschnittliche Änderung der Gesamtanzahl der *Erigeron annuus*-Rosetten pro Behandlung im Vergleich zur Erstaufnahme 2015

Behandlung	2015_2016	2015_2017	2015_2018	2015_2019
T1	-24,1875	-30,3125	-30,5625	-17,5625
T2	0	-20,5	0,375	-19,5
T3	20,375	-11,75	-2,5625	-7,875
T4	-68,125	-65,8125	-83,625	-46,9375
TE1	-33,75	-37,625	-27,4375	-25,25
TE2	-13,375	-27,5625	-17,875	-13,0625

TE3	17,8125	-8,875	-7,8125	-15,125
TE4	-8,75	-6	-17,4375	-33,75

Tab. 22: Aufsummierte Änderung der Gesamtanzahl der *Erigeron annuus*-Rosetten pro Behandlung im Vergleich zur Erstaufnahme 2015

Behandlung	2015_2016	2015_2017	2015_2018	2015_2019
T1	-387	-485	-489	-281
T2	0	-328	6	-312
T3	326	-188	-41	-126
T4	-1090	-1053	-1338	-751
TE1	-540	-602	-439	-404
TE2	-214	-441	-286	-209
TE3	285	-142	-125	-242
TE4	-140	-96	-279	-540

Tab. 23: Durchschnittliche Änderung der Gesamtanzahl der *Erigeron annuus*-Rosetten pro Behandlung zwischen den Jahren

Behandlung	2015_2016	2016_2017	2017_2018	2018_2019
T1	-24,1875	-6,125	-0,25	-17,5625
T2	0	-20,5	20,875	-19,5
T3	20,375	-32,125	9,1875	-7,875
T4	-68,125	2,3125	-17,8125	-46,9375
TE1	-33,75	-3,875	10,1875	-25,25
TE2	-13,375	-14,1875	9,6875	-13,0625
TE3	17,8125	-26,6875	1,0625	-15,125
TE4	-8,75	2,75	-11,4375	-33,75

Tab. 24: Aufsummierte Änderung der Gesamtanzahl der *Erigeron annuus*-Rosetten pro Behandlung zwischen den Jahren

Behandlung	2015_2016	2016_2017	2017_2018	2018_2019
T1	-387	-98	-4	-281
T2	0	-328	334	-312
T3	326	-514	147	-126
T4	-1090	37	-285	-751
TE1	-540	-62	163	-404
TE2	-214	-227	155	-209
TE3	285	-427	17	-242
TE4	-140	44	-183	-540

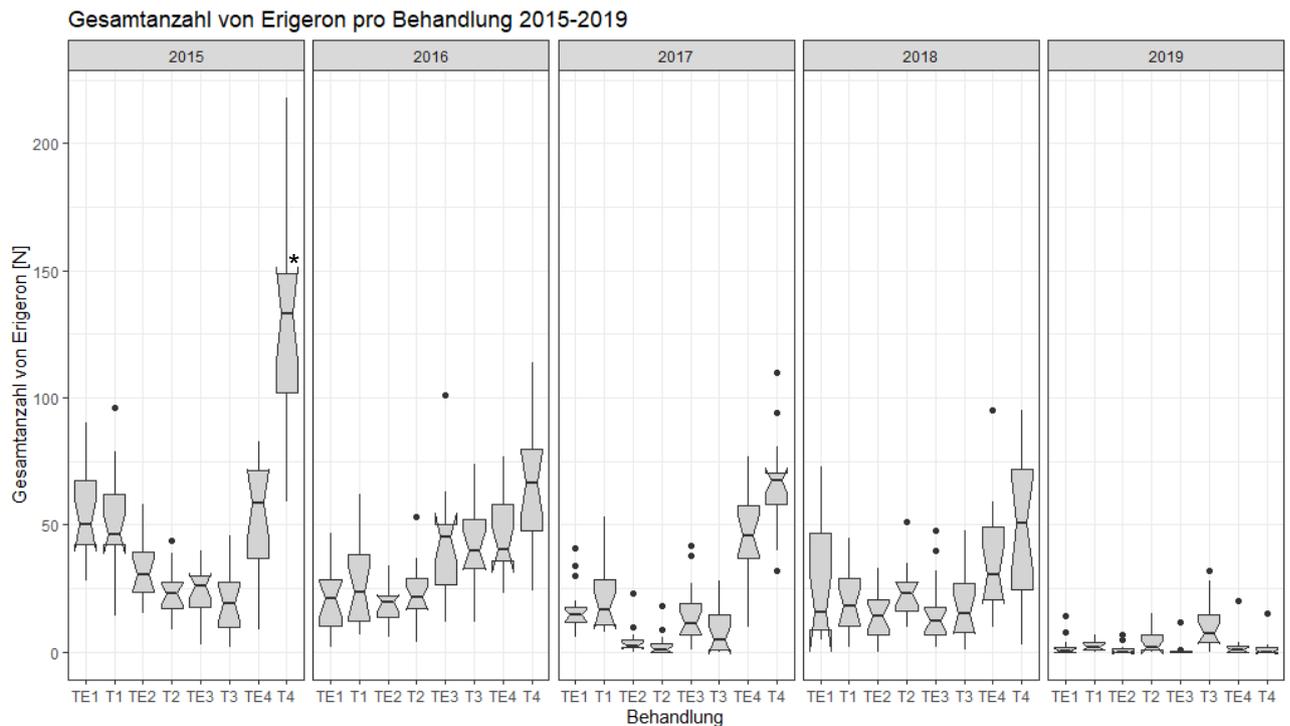


Abb. 30: Boxplots der Gesamtanzahl von *Erigeron annuus*-Rosetten pro Aufnahmejahr, aufgetragen nach Behandlung. Im Aufnahmejahr 2019 sind für alle Behandlungen die Werte sehr gering im Vergleich zu 2018 mit Ausnahme von T3.

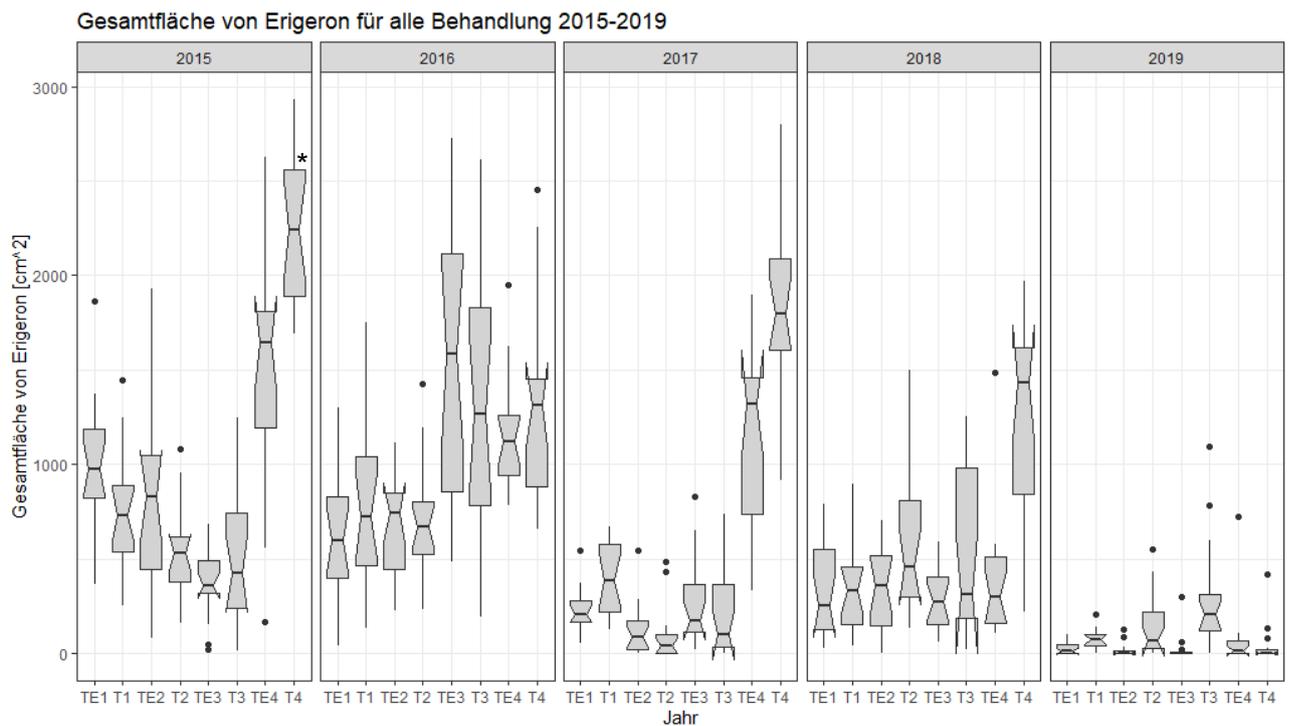


Abb. 31: Boxplots der Gesamtanzahl von *Erigeron annuus*-Rosetten pro Aufnahmejahr, aufgetragen nach Behandlung. Im Aufnahmejahr 2019 sind für alle Behandlungen die Werte sehr gering im Vergleich zu 2018 mit Ausnahme von T3.

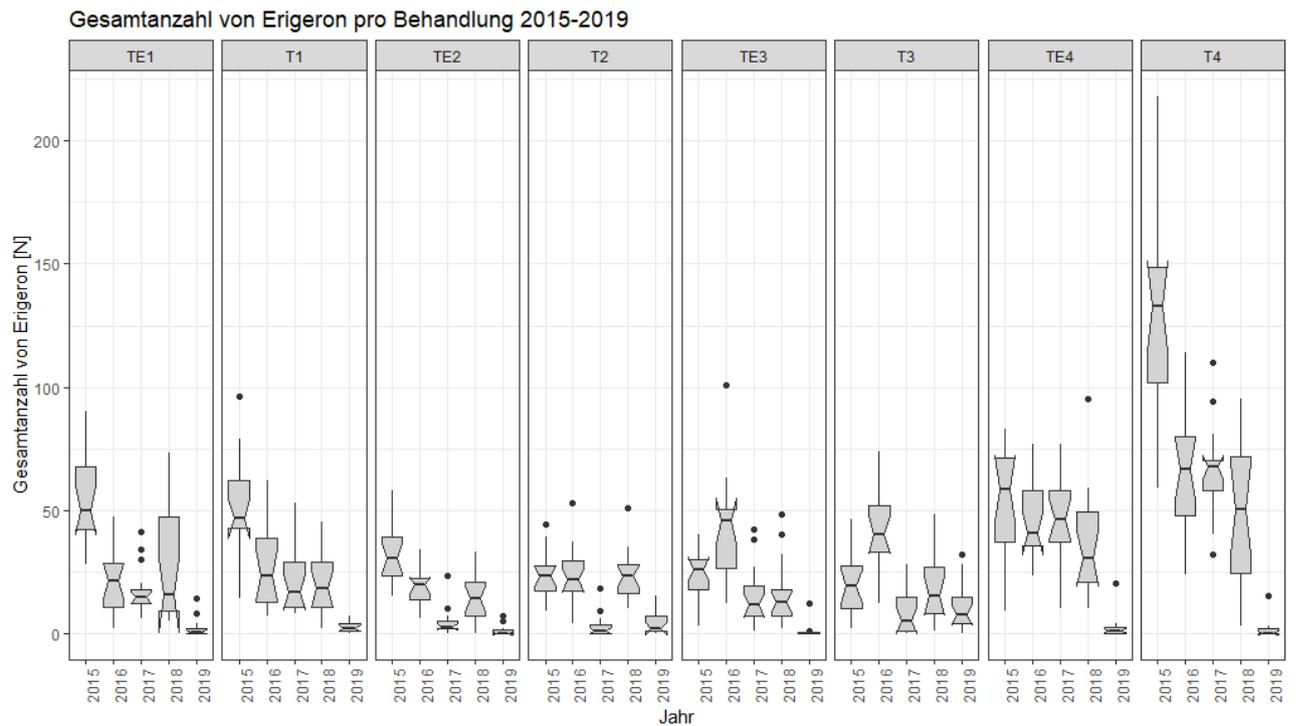


Abb. 32: Boxplots der Gesamtanzahl von *Erigeron annuus*-Rosetten pro Behandlung, aufgetragen nach Aufnahmejahr.

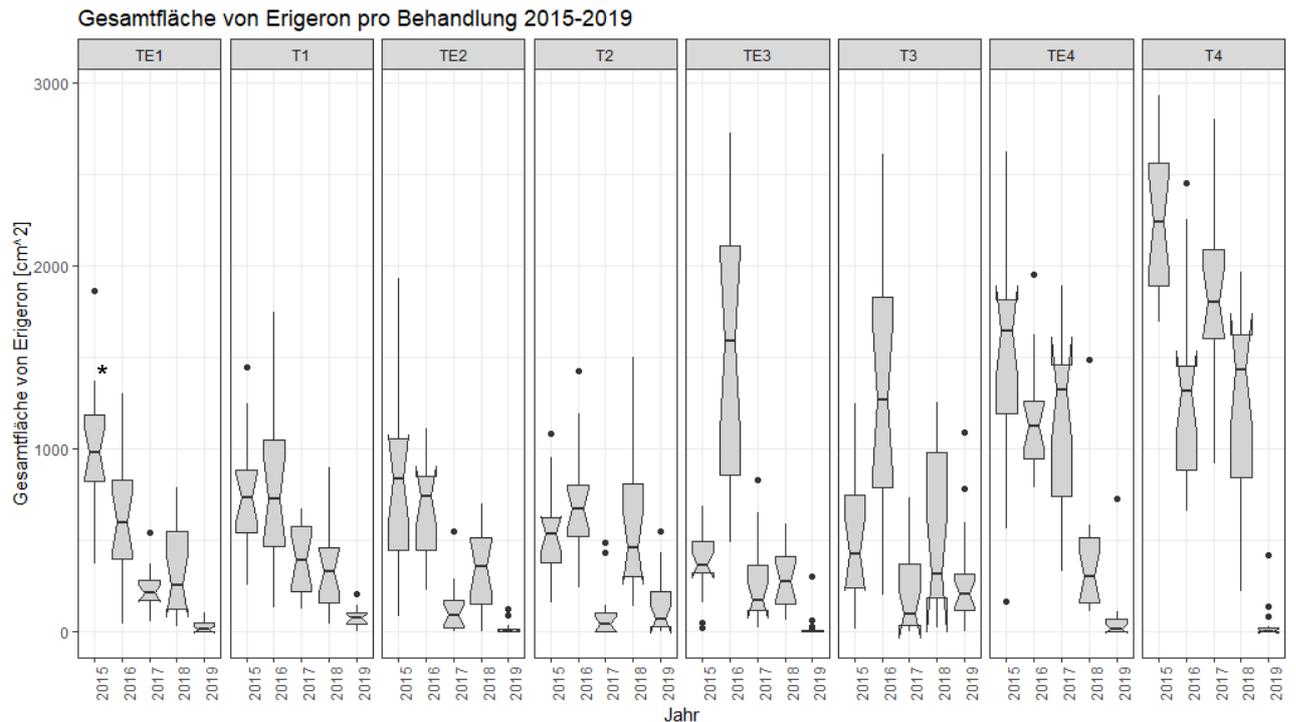


Abb. 33: Boxplots der Gesamtfläche von *Erigeron annuus*-Rosetten pro Behandlung, aufgetragen nach Aufnahmejahr.

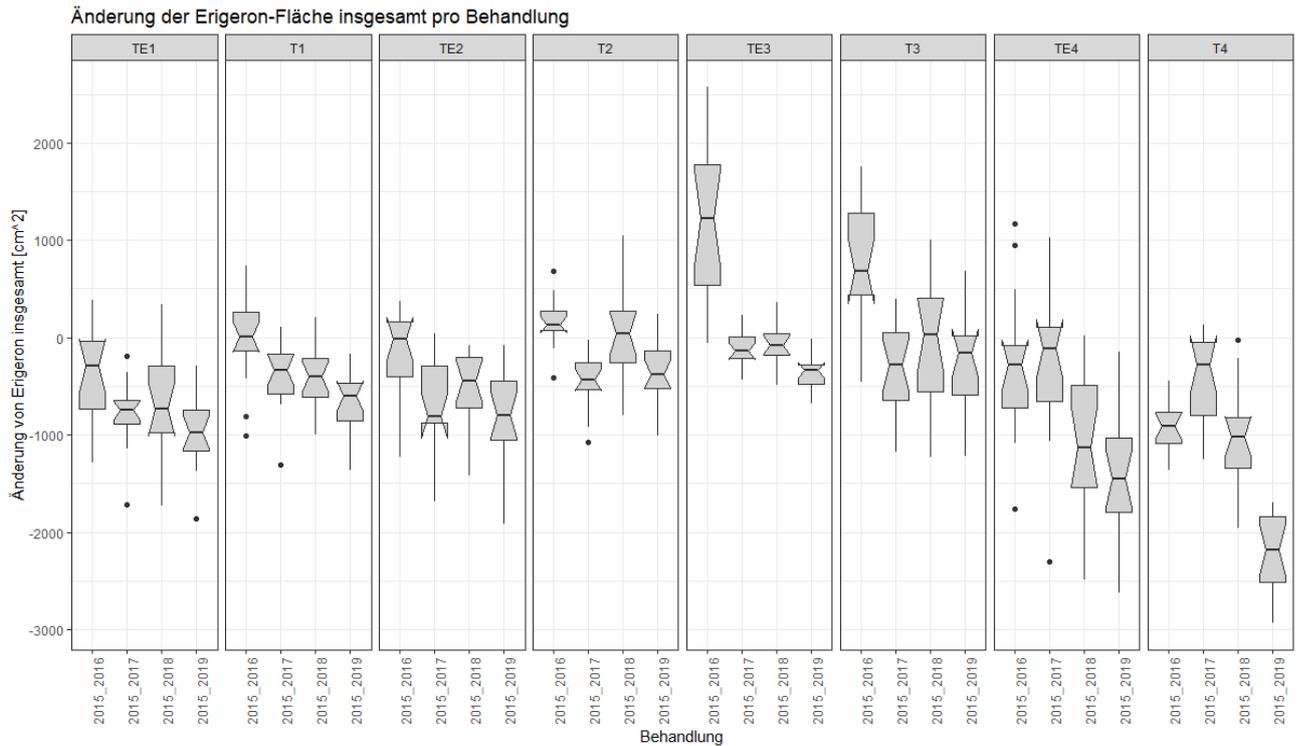


Abb. 34: Boxplots der Änderungen der Gesamtanzahl von *Erigeron annuus*-Rosetten pro Behandlung für die einzelnen Aufnahmejahre verglichen mit der Erstaufnahme 2015. Werte unterhalb von 0 repräsentieren eine Abnahme, Werte darüber eine Zunahme.

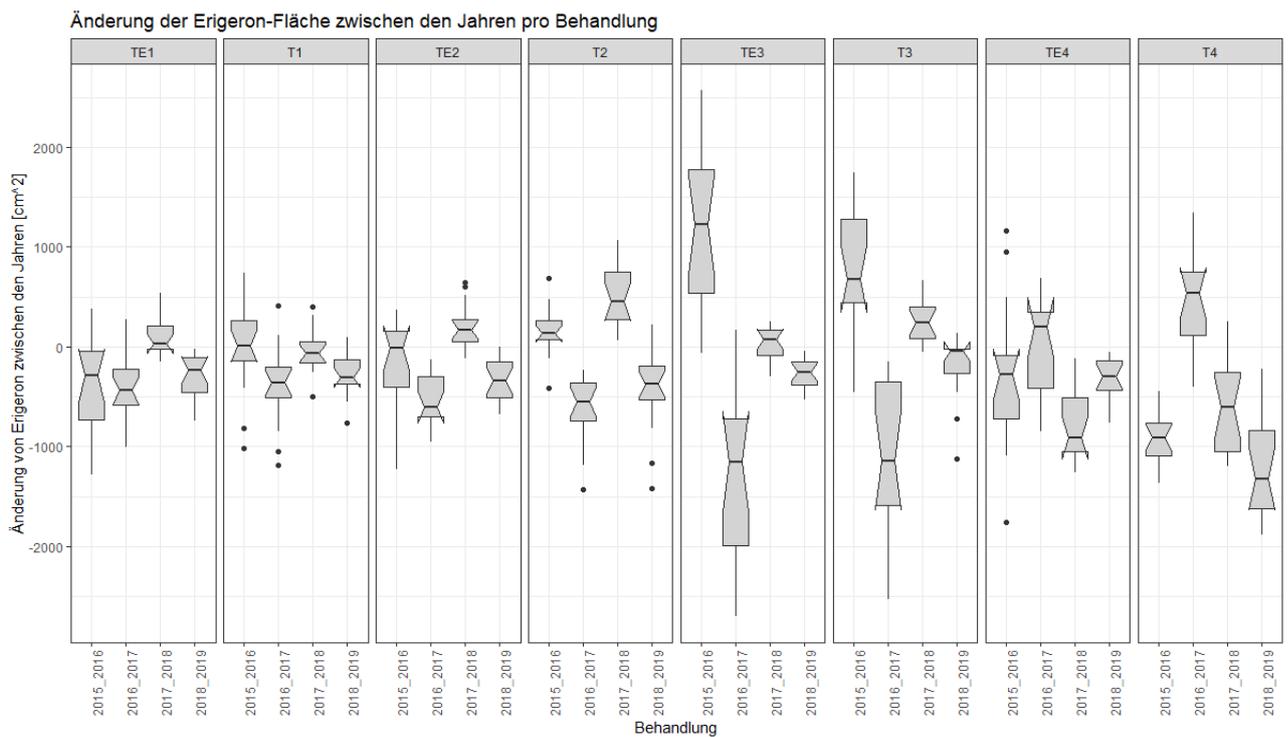


Abb. 35: Boxplots der Änderungen der Gesamtanzahl von *Erigeron annuus*-Rosetten pro Behandlung für die einzelnen Aufnahmejahre verglichen mit dem Vorjahr. Werte unterhalb von 0 repräsentieren eine Abnahme, Werte darüber eine Zunahme.

8 Literaturverzeichnis

ARBEITSGRUPPE INVASIVE NEOBIOTA (AGIN) (2014): Bekämpfungsempfehlungen Einjähriges Berufkraut (*Erigeron annuus*).

DEUTSCHER WETTERDIENST (2015a): Deutschlandwetter im Jahr 2015.

DEUTSCHER WETTERDIENST (2018b): Deutschlandwetter im Jahr 2018.

GENTILI, R.; GILARDELLI, F.; CIAPETTA, S.; GHIANI, A. & CITTERIO, S. (2015): Inducing competition: intensive grassland-seeding to control *Ambrosia artemisiifolia*. – *Weed Research*, 55 (3): 278–288.

MARABINI, J. (2014): Zurückdrängen der invasiven Säten Traubenkirsche (*Prunus serotina*) durch Ziegenbeweidung. – *Anliegen Natur*, 36 (2): 52–57.

MLR (2016): Merkblatt Natura 2000.

OEKO-PLUS AARGAU (2009). – Oeko-Plus Aargau (19).

SEBALD, O.; SEYBOLD, S.; PHILIPPI, G. & WÖRZ, A. (1992): Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs. 8 Bände. – Stuttgart, Ulmer: Zus. 4171 S S.

SEBALD, O.; SEYBOLD, S.; PHILIPPI, G. & WÖRZ, A. (1992): Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs Band 6.

STRATTON, D. A. (1992): Life-cycle components of selection in *Erigeron annuus*: 1. Phenotypic selection. – *Evolution*, 46 (1): 92–106.

TRITIKOVA, M. (2008): Altitudinal limit of *Erigeron annuus* in the Swiss Alps.

UMWELTATELIER SARTORI (2018): Berichterstattung: *Erigeron annuus* - Bekämpfungsversuch. Ergebnisse aus den Jahren 2012 bis 2018.

WILMANN, O. (1998): Ökologische Pflanzensoziologie. Eine Einführung in die Vegetation Mitteleuropas. – Wiesbaden, Quelle & Meyer. UTB für Wissenschaft Uni-Taschenbücher Botanik/Ökologie, 269: 405 S.