

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Naturwissenschaftliche Fakultät III



Bachelorarbeit

**Welche Gefahren stellen Zigarettenstummel
für die Umwelt dar?**

Zur Erlangung des Grades Bachelor of Science

Vorgelegt von:

Carla Irrgang

Email: carla.irrgang@student.uni-halle.de

Matrikelnummer: 215216971

Studiengang: Management natürlicher Ressourcen

Abgabetermin: 07.10.2020

Erstgutachter: Prof. Dr. Bruno Glaser

Zweitgutachter: Dr. Hannah Sophia Weber, Baltic Environmental Forum e.V.

Deutschland

Diese Bachelorarbeit wurde durch das Baltic Environmental Forum e.V. Deutschland unterstützt und durch das INTERREG Projekt NonHazCity 2 (#X006) teil-finanziert. Die Ergebnisse und Interpretationen der Bachelorarbeit sind die der Autorin und nicht die der Europäischen Kommission.

Abstrakt

Die vorliegende Bachelorarbeit gibt einen Überblick über die Auswirkungen von Zigarettens-tummeln in der Umwelt. Mit einer Stückanzahl von etwa 4,5 Billionen jährlich, gehören Ziga- rettenstummel mit zum am häufigsten entsorgen Müll in der Umwelt weltweit und dennoch ist kaum etwas über die Auswirkungen davon bekannt. Zigarettens-tummel enthalten viele ge- fährliche Chemikalien die ausgewaschen werden und in die Umwelt eingetragen werden können. Anhand eines Wachstumsversuchs mit Weißklee (*Trifolium repens*) wurde unter- sucht, welche Auswirkungen verschiedene Zigarettens-tummelkonzentrationen auf den Kei- mungserfolg, das Längenwachstum und die Ausbildung von Blättern haben. Die Daten wur- den statistisch ausgewertet. Dabei zeigte sich, dass weniger Kleesamen gekeimt sind, wenn sie Zigarettens-tummeln ausgesetzt waren. Auch die Ausbildung der Blätter verzögerte sich. Auf das gesamte Längenwachstum hatten die Zigarettens-tummel keinen Einfluss, jedoch aber auf die Stiellängen und die Blattstiellänge.

Abstract

This bachelor thesis is an overview of the effect of cigarette butts in the environment. Ciga- rette butts are the most commonly found item in the environment worldwide. About 4.5 billion cigarette butts are littered annually. However, there is not much knowledge about their effect on the environment. Cigarettes contain many hazardous chemicals which can leach into the environment. On the basis of a growth experiment with White Clover (*Trifolium repens*) the germination success, length growth and the formation of leaves in order to the amount of cigarette butts were examined. The data was analyzed statistically. The results determined that less clover germinated. The development of leaves was delayed when exposed to ciga- rette butts. Furthermore, cigarette butts had no impact on the complete length of the clover but did have an impact on the partial length of the stem and the leaf stem.

Inhaltsverzeichnis

Abstrakt/Abstract	3
1. Einleitung	6
2. Versuchsaufbau/Methodik/Datenanalyse	8
2.1 Zählung der Zigarettenstummel auf Straßen- und Parkabschnitten	8
2.2 Aufbau des Gewächshauses und Aufstellung der Mesokosmen	9
2.3 Vermessungen der Kleepflanzen nach 21 Tagen	10
2.4 Statistische Datenanalyse	10
3. Ergebnisse	12
3.1 Anzahl der Zigarettenstummel auf den beprobten Straßen und Parks	12
3.2 Ergebnisse des Gewächshausversuchs	13
4. Diskussion: Auswirkungen der Zigarettenstummel auf Ökosysteme	16
4.1 Anzahl der Zigarettenstummel in einer urbanen Region unterteilt in Parks und Straßen	16
4.2 Auswirkungen der Zigarettenstummel auf den Weißklee und andere Pflanzenarten	17
4.3 Auswirkungen der Zigarettenstummel auf tierische Organismen	20
4.4 Auswirkungen der Cellulose Acetat-Filter auf die Umwelt	21
5. Lösungsansätze	22
i. Aufklärung der RaucherInnen, dass Zigarettenstummel der Umwelt schaden	22
ii. Anti-Rauchen Kampagnen	22
iii. Bußgelder, Rauchverbote	23
iv. Tabakindustrie zur Verantwortung ziehen, Verbot von Filtern oder Filterzigarette	24
v. Taschenaschenbecher, mehr Aschenbecher an öffentlichen Plätzen	24
vi. Innovative Ideen	25
6. Schlussfolgerung	26
Literaturverzeichnis	29
Anhang	36

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Links: Outline des Gewächshauses. Angaben in mm. Rechts: Aufteilung der Mesokosmen innerhalb des Gewächshauses und Verteilung der Zigarettenstummel	9
Abbildung 2: Messlängen und -größen mit der jeweiligen im Text verwendeten Bezeichnung	11
Abbildung 3: Säulendiagramm zur Veranschaulichung des durchschnittlichen Keimungserfolges der jeweiligen Gruppen P0, P1, P3, P6 (Nummerierung = Anzahl der Zigarettenstummel in einem Mesokosmos).....	13
Abbildung 4: Säulendiagramm zur Veranschaulichung der Verteilung der Blattausbildungen der jeweiligen Gruppen (P0, P1, P3, P6; Nummerierung = die Anzahl der Zigarettenstummel in einem Mesokosmos). Die Anzahlen pro Pflanze lagen zwischen einem und zwei Blättern (die Keimblätter wurden nicht mit gezählt)	14
Abbildung 5: Boxplot zur Verteilung der Blattstiellängen (links) und Stiellängen (rechts).....	15
Abbildung 6: Zusehen ist beispielhaft der Pilzbefall, welcher bei den Mesokosmen auftrat mit mehreren Zigarettenstummeln.....	15
Abbildung 7: Am Gehwegrand entsorgte Zigarettenstummel an der Straße Mühlendamm.....	16
Abbildung 8: Umgebung eines Hamburger Mülleimers in Niendorf an einer Bushaltestelle. Die Zigarettenstummel auf dem Boden sind rot eingekreist	16
Abbildung 9: Beispielmülleimer der Stadt Hamburg mit den "Kippensprüchen"	26

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über die Versuchsreplikationen.....	10
Tabelle 2: Ergebnisse der Zigarettenstummelzählung in Hamburg auf den Gehwegen der genannten Straßen und den Wegen in den genannten Parks. Gezählt wurde innerhalb der jeweiligen Breite des Gehweges und auf 100m Länge.	12

1. Einleitung

Weltweit werden jährlich etwa 6 Billionen Zigaretten hergestellt, die von ungefähr einer Milliarde Menschen geraucht werden (Drope, 2018).

Es ist seit langem bekannt, dass Rauchen sich negativ auf die Gesundheit der RaucherInnen auswirkt und dass sogar PassivraucherInnen gesundheitliche Schäden davontragen können. Dass Zigaretten jedoch auch noch ganz andere Probleme verursachen, wird dabei oft ganz vergessen. Die Entsorgung der Zigarettenstummel (ZS) nach dem Rauchen stellt ein großes Problem dar, weil etwa drei Viertel der RaucherInnen ihre aufgerauchten Zigaretten unsachgemäß in der Umwelt (def: Der Begriff der Umwelt beinhaltet in dieser Arbeit die biotischen und abiotischen Faktoren, die auf einen Organismus wirken, sowie die Prozesse in einem Ökosystem.) entsorgen (Patel et al., 2013). Das heißt, sie werden nicht in Müllcontainern oder extra für Zigaretten vorgesehenen Sammelstellen (oftmals in Mülleimern integriert) entsorgt, sondern achtlos auf den Boden fallen gelassen. Dazukommend werden ZS oft achtlos aus fahrenden Autos geworfen. Weltweit stellen ZS daher mit einer jährlichen Anzahl von über 4,5 Billionen Stück (Araujo, 2019) die zahlenmäßig vermutlich größte Müllkategorie dar (Bonanomi, 2015; Novotny, 2009).

Auch in Deutschland lässt sich das unachtsame Verhalten zahlreicher RaucherInnen an vielen Orten beobachten. Ermittelt wurde in dieser Studie unter anderem die Zigarettenstummeldichte in Hamburg. Die Stadt ist mit fast zwei Millionen Einwohnern (Bevölkerungsdichte= 2.446 Personen/km²) die zweitgrößte Stadt Deutschlands (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein). Ausgehend davon, dass etwa ein Drittel der deutschen Bevölkerung raucht (Deutsche Krebsgesellschaft, 2018), gibt es etwa 24.070.000 RaucherInnen in Deutschland, die potentiell ihre ZS in der Umwelt entsorgen. Davon wohnen rechnerisch etwa 550.000 RaucherInnen in Hamburg.

Die Filter der Zigaretten bestehen meist aus Cellulose Acetat, welches zwar photoabbaubar (durch UV Strahlen) ist, aber nicht biologisch (Novotny, 2009). Die Filter bestehen aus bis zu 12.000 Fasern (Novotny, 2009), die nach der Entsorgung durch Umwelteinwirkungen zu Mikroplastik zerfallen. Die Inhaltsstoffe der Fasern können von Pflanzen und Tieren nicht verwertet werden, was sie zu einer Gefahr für die Umwelt macht (Araújo, 2019).

Zusätzlich werden Zigaretten viele chemische Zusätze beigefügt. Die Stoffe dienen dazu, den Zigaretten bessere Eigenschaften in Hinblick auf den Geruch, Geschmack und der einfacheren Inhalation zu geben und das Rauchen angenehmer zu gestalten (Pötschke-Langer, 2015).²

Über 3800 chemische Verbindungen befinden sich in einer einzigen Zigarette, von denen mindestens 40 Stoffe krebsauslösend wirken (Rauchstoppzentrum). Viele Weitere sind giftig

für die Körper von Lebewesen. Diese Zusätze können bis zu 10% des Gewichts einer Zigarette ausmachen (Pötschke-Langer, 2015).

Eine herkömmliche Filterzigarette (der Marke Boston) wiegt ungefähr 900mg. Die größten Teile davon machen der Tabak mit etwa 700mg und der Filter mit etwa 130mg aus (BEML). Je nach Hersteller und Marke können diese Angaben variieren. Der wohl bekannteste Stoff im Tabak ist das Nikotin. Eine Zigarette enthält davon etwa 9-30mg. (Novotny, 2011). Die Inhaltstoffliste (Anhang 2) vom BEML spricht von nur 0,8mg Nikotin pro Zigaretteneinheit. Das Nervengift Nikotin ist in den Tabakpflanzen enthalten und dient dieser als Schutzmechanismus (z.B. Kloft, 2020). Es sorgt beim Rauchen jedoch auch für die Ausschüttung des Glückshormons Dopamin, was zur Sucht führen kann (z.B. Pidoplichko, 1997).

Es finden sich noch viele weitere Stoffe in Zigaretten, die diesen extra zugesetzt werden und verschiedene Funktionen erfüllen sollen (Merckel, 2007). Die Zusatzstoffe lassen sich in vier Funktionsgruppen einteilen: Casings (vermitteln Aroma und Geschmack), Flavours (überdecken schlechten Geschmack), Feuchthaltemittel und Processing Aids (technische Hilfsstoffe) (Merckel, 2007). Viele der Zusatzstoffe werden auch in der Lebensmittelindustrie verwendet und sind dort oft harmlos, wie zum Beispiel Zucker, Lakritze oder Kakao (Casings), oder Vanillin und Menthol (Flavours). Das Problem liegt allerdings im Verbrennen der Zusätze, denn dabei können sich die eigentlich harmlosen- in gesundheitsschädliche Stoffe umwandeln (Deutsches Krebsforschungszentrum, 2012). Beim Verbrennen von einigen Aromastoffen kann sich Styrol bilden, welches wahrscheinlich krebserzeugend ist. Auch bei der Verbrennung von Zucker entstehen krebserregende Stoffe, wie unter anderem Form- oder Acetaldehyd (Merckel, 2007) und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (Pötschke-Langer, 2015).

Während des Rauchens wird der Rauch durch den Filter gesogen, wo viele der Chemikalien akkumulieren. In den Filtern steigen deshalb die Chemikalienkonzentrationen und damit auch die toxische Wirkung der Filter auf die Umwelt (Slaughter, 2011).

Bisher haben sich nur wenige Studien mit der Auswirkung von ZS auf die terrestrische Umwelt befasst. Den Erkenntnissen von Green (2019) oder Gill (2018) nach gibt es Anlass zur Sorge, denn sie stellen negative Einflüsse der ZS in ihren Versuchen fest. Green analysierte, wie sich ZS auf Weißklee und Deutsches Weidelgras auswirken und Gill untersuchte das Verhalten von Landschnecken, die ZS ausgesetzt waren. Sowohl das Wachstum des Weißklee als auch das des Deutschen Weidelgrases wurden vermindert und auch die Landschnecken reagierten auf die ZS und vermieden die ZS zu Beginn der Exposition.

Diese Arbeit soll das anthropogene Eintragen von Chemikalien aus Zigarettenstummeln in die Umwelt thematisieren. Der durchgeführte Versuch soll den negativen Einfluss von Zigarettenstummeln auf den Keimungserfolg und das Wachstum von Weißklee verdeutlichen.

Um zu analysieren, in welchem Ausmaß Zigarettenstummel in Ökosystemen eine Rolle spielen, werden die Kleesamen verschiedenen Zigarettenstummelkonzentrationen ausgesetzt.

Weißklee ist häufig in urbanen Regionen anzutreffen, oft gesehen in Parks oder Grünstreifen neben Gehwegen oder Straßen. Aber auch in der Landwirtschaft wird Weißklee gerne als Zwischenfrucht genutzt, um den Boden zu meliorieren. Die Familie der Leguminosen, zu der auch der Weißklee gehört, verbessert die Stickstoffversorgung im Boden und steigert die Erträge der darauffolgenden Frucht erheblich (Winkler, 1984). Zudem wird Weißklee oft in Pflanzengesellschaften zusammen mit dem Deutschen Weidelgras (*Lolium perenne*) angetroffen, welches oft auf Mähwiesen für die Heuproduktion und auf Futterweiden genutzt wird, da der Weißklee gut trittverträglich ist und einer intensiven Weidebewirtschaftung standhält. Des Weiteren zählt der Weißklee zu den am häufigsten kultivierten Futterleguminosen der gemäßigten Breiten (Abberton, 2010; Frame, 1986).

Weißklee wird vor allem durch Bienen bestäubt (Rodet, 1998; Abberton, 2010), jedoch suchen auch viele andere Insekten die Blüten auf. Zum einen ist der Weißklee deshalb für Insekten wichtig, zum anderen profitieren die Pflanzen ebenfalls von der Stickstoffversorgung, die mit dem Klee als Leguminose einhergeht, was den Weißklee für das jeweilige Ökosystem relevant macht.

2. Versuchsaufbau/Methodik/Datenanalyse

2.1 Zählung der Zigarettenstummel auf Straßen- und Parkabschnitten

Im Juni 2020 wurde die Dichte, der auf Straßen unsachgemäß auf den Gehwegen entsorgten Zigarettenstummel in Hamburg ermittelt. Damit soll gezeigt werden wie verbreitet ZS in der Umwelt sind. Um die Sachlage in verschiedenen urbanen Regionen zu repräsentieren wurden fünf Gehwege an Straßen und fünf Gehwege in Parks auf die Anzahl der unsachgemäß entsorgten Zigarettenstummel hin untersucht. Die Probenorte wurden zufällig gewählt. Folgende Straßen wurden gewählt: Lange Reihe (Straße mit vielen kleinen Geschäften und Restaurants), Lohmühlenstraße (grenzt an ein Krankenhaus), Mühlendamm (Hauptstraße mit Wohngebäuden), Krohnstieg (Hauptstraße mit Wohngebäuden), Spaldingstraße (Straße mit Hostel im Gewerbegebiet), Fuhlsbüttler Straße (Straße im Wohngebiet mit kleinen Geschäften), Davidstraße (Straße im Hamburger Kiez), Nordalbingerweg (Straße im Wohngebiet) und folgende Parks: Lohmühlenpark, Alsterwiesen Schwanenwik, Grüne Mitte, Jugendpark, Stadtpark, Innocentiapark, Schanzenpark, Park an der Mundsburgerbücke.

An allen Standorten wurden jeweils in Abschnitten von 100 Metern und der jeweiligen Breite der Gehwege mit Hilfe der App „ThingCounter“ die Zigarettenstummel gezählt.

2.2 Aufbau des Gewächshauses und Aufstellung der Mesokosmen

Um die Auswirkung von Zigarettenstummeln auf Weißklee (*Trifolium repens*) in kleinem Rahmen zu untersuchen, wurden 20 Mesokosmen in 20 Blumentöpfen angelegt, mit unterschiedlichen ZS Konzentrationen. Es soll erfasst werden ob und wie sich die verschiedenen ZS Konzentrationen auf die Kleesamen hinsichtlich des Keimungserfolges, des Wachstums und der Entwicklung auswirken. Der Versuch fand vom 02.06.2020 bis zum 22.06.2020 in Hamburg im privaten Rahmen statt, da die Labore aufgrund der Corona Pandemie geschlossen waren. Durch ein kleines selbstgebautes Gewächshaus (Abbildung 1) wurde versucht, möglichst konstante Bedingungen zu schaffen. Der ursprüngliche Plan war, den Versuch im Inneren des Hauses durchzuführen, jedoch war dies aufgrund des Gestanks der Zigarettenstummel nicht zumutbar. Aus diesem Grund stand das Gewächshaus während der Ver-

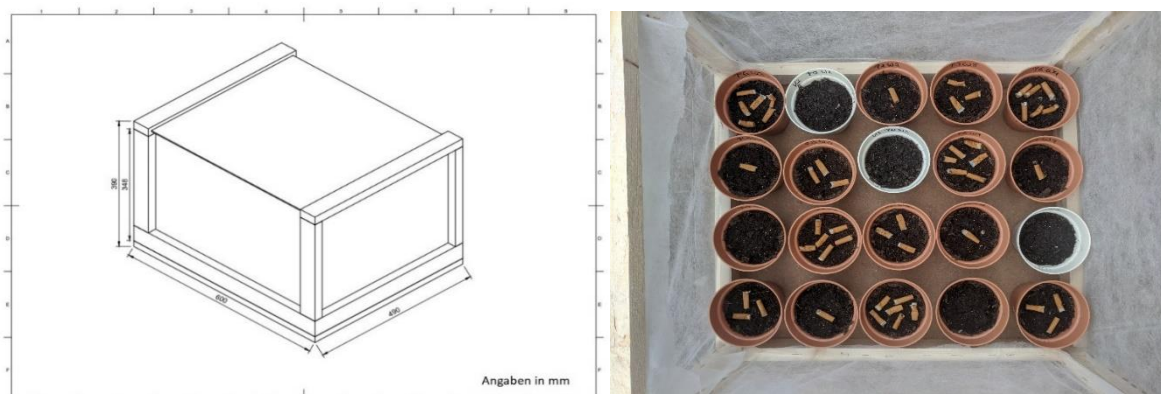


Abbildung 1: Links: Outline des Gewächshauses. Angaben in mm. Rechts: Aufteilung der Mesokosmen innerhalb des Gewächshauses und Verteilung der Zigarettenstummel

suchsperiode draußen. Durch die Lage in einer wind- und regengeschützten Ecke eines Wohnhauses wurde trotzdem versucht, möglichst konstante Umweltparameter zu halten. In einem kleinen Vorversuch wurde die benötigte Wassermenge festgestellt. Am besten wuchs dabei der Klee, welcher alle zwei Tage mit 30ml Wasser gegossen wurde. Dieses Wasservolumen sollte anschließend im Versuch beibehalten werden. Jedoch musste die Wassermenge doch noch angepasst werden, weil der Vorversuch drinnen stattgefunden hatte. Die Witterungsbedingungen änderten sich dadurch, dass der eigentliche Versuch nach draußen verlegt wurde. Alle Mesokosmen unterlagen trotzdem den gleichen Umwelteinflüssen.

Da eine professionelle Rauchmaschine nicht zur Verfügung stand, rauchten zwei Personen die Zigaretten der Marke Boston von BAT (eine Liste der Inhaltsstoffe befindet sich unter Anhang 2).

Die Zigarettenstummel wurden anschließend komplett vom Resttabak entfernt, weil der Resttabakgehalt sich sehr zwischen den ZS unterschied. So hatten während des Versuchs nur der Filter und das Filterpapier Einfluss auf den Klee.

Danach wurden die Zigarettenstummel (ZS) zufällig auf die Töpfe verteilt. Daraus ergaben sich vier Gruppen mit unterschiedlichen Zigarettenstummelkonzentrationen. Eine Gruppe bestand aus jeweils 5 Mesokosmen mit der gleichen Anzahl an Zigarettenstummel. Die Konzentrationen lagen bei einem, drei und sechs Zigarettenstummeln. Zudem gab es eine Kontrollgruppe ohne Zigarettenstummel um zu sehen, wie der Weißklee ohne den Einfluss der ZS wächst.

In 20 Töpfen mit 11cm Durchmesser und 10cm Höhe wurden jeweils 30 Weißkleesamen (n=30) gesät. Um die Auswirkung der ZS auf den Weißklee unter verschiedenen Konzentrationen (n=1, n=3, n=6 Stummel) zu untersuchen, wurden je 5 Replikationen und eine Kontrolle (n=0) ebenfalls mit 5 Replikationen erstellt (*siehe Tabelle 1*). Damit sich eine bestimmte Lage im Gewächshaus nicht auf das Ergebnis auswirkt, wurden die Replikate zufällig im Gewächshaus verteilt. Als Nährmedium wurde eine torffreie Bio-Blumenerde der Marke Neudorff aus dem Baumarkt gewählt (Zusammensetzung der Erde siehe Anhang, Tabelle 2).

Tabelle 1: Übersicht über die Versuchsreplikationen

Anzahl der Zigarettenstummel	Anzahl Replikationen	Name der Gruppe
0	5	P0
1	5	P1
3	5	P3
6	5	P6

2.3 Vermessungen der Kleepflanzen nach 21 Tagen

Am letzten Tag der Versuchsreihe wurden alle Kleeblätter mit der Hand geerntet und anschließend gezählt und die Länge des Stiels, die Länge des Blattstiels, sowie die Breite des Blattes vermessen und vermerkt, ob die Kleepflanze bereits ein zweites Blatt ausgebildet hat. Gemessen wurden die Längen mit einem elektronischen Messschieber.

Die Biomasse sollte nach anschließender Trocknung auch noch gemessen werden, jedoch war die Biomasse nach der Trocknung so gering, dass die alltagsgebräuchliche Feinwaage keinen Wert bestimmen konnte.

2.4 Statistische Datenanalyse

Die Daten wurden in Excel 2013 gesammelt, mit QQ-Plots auf Normalverteilung geprüft und Korrelationsauswertungen durchgeführt und Balkendiagramme erstellt. In RStudio wurden Boxplots zur Veranschaulichung der Daten erstellt.

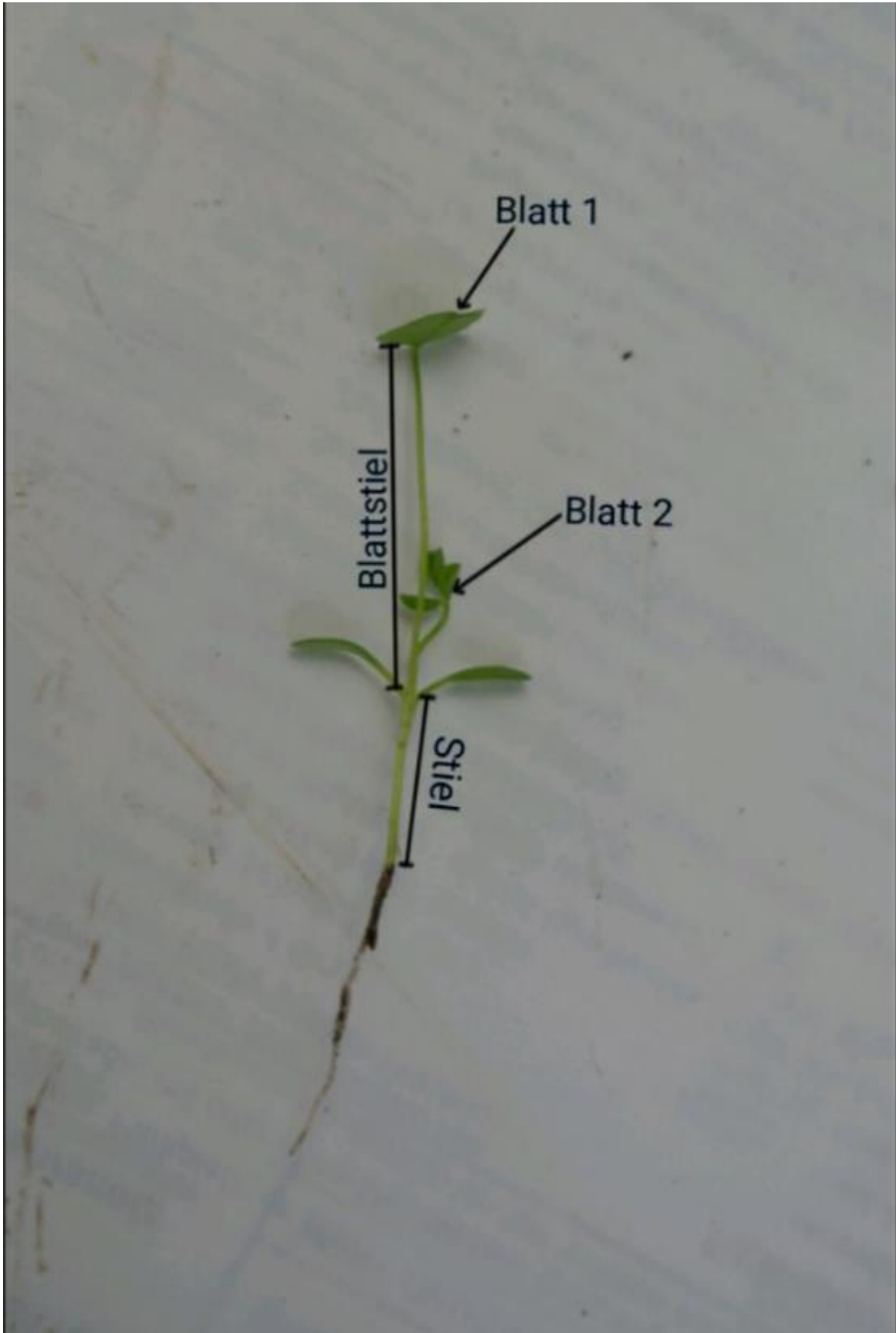


Abbildung 2: Messlängen und -größen mit der jeweiligen im Text verwendeten Bezeichnung

3. Ergebnisse

3.1 Anzahl der Zigarettenstummel auf den beprobten Straßen und Parks

Bei der Zigarettenstummelerfassung kam heraus, dass sich in Hamburg durchschnittlich 0,73 ZS pro m² (Standartabweichung = 0,82) Gehweg befanden. In den Parks waren es in etwa 0,39 ZS pro m² (Standartabweichung = 0,15) (Tabelle 2).

Deutlich zeigte sich, dass sich an manchen Orten mehr Stummel sammelten als an anderen. So fanden sich vor allem an Bushaltestellen und in der Nähe von Sitzgelegenheiten vermehrt Zigarettenstummel, auch wenn ein Mülleimer in Reichweite war. Auch an Gehwegen, die direkt an Seitenparkplätze grenzten, fanden sich besonders viele Stummel direkt unter dem Bordstein. Mittig der Gehwege wurden verhältnismäßig wenige Zigarettenstummel gefunden, eher an den Seiten.

Tabelle 2: Ergebnisse der Zigarettenstummelzählung in Hamburg auf den Gehwegen der genannten Straßen und den Wegen in den genannten Parks. Gezählt wurde innerhalb der jeweiligen Breite des Gehweges und auf 100m Länge.

Straße	Gesamtanzahl	Anzahl/m ²
Lange Reihe	262	0,66
Lohmühlenstraße	614	2,67
Mühlendamm	249	0,50
Krohnstieg	144	0,48
Spaldingstraße	492	1,49
Fuhlsbüttler Straße	145	0,22
Davidstraße	289	0,76
Nordalbingerweg	150	0,35
Durchschnitt	293	0,73

Park	Gesamtanzahl	Anzahl/m ²
Lohmühlenpark	137	0,69
Alsterwiese Schwanenwik	260	0,46
Jugendpark	105	0,42
Grüne Mitte	97	0,24
Stadtpark	157	0,31
Innocentiapark	97	0,30
Schanzenpark	144	0,58
Park an der Mundsburgbrücke	90	0,30
Durchschnitt	136	0,39

3.2 Ergebnisse des Gewächshausversuchs

Keimungserfolg (Anzahl der Kleepflanzen nach 21 Tagen)

Nach 21 Tagen waren durchschnittlich 90,6% (n=20) der Kleepflanzen herangewachsen, wobei es Unterschiede zwischen den Proben mit den unterschiedlichen Zigarettenstummelkonzentrationen gab. Die Proben von P0 hatten einen durchschnittlichen Keimungserfolg (Am Ende des Versuch ist aus dem Samen eine Pflanze gewachsen) von 97% (n=5, Standardabweichung=0,9-1), P1 (Ein Zigarettenstummel) hatte einen durchschnittlichen Keimungserfolg von 92% (n=5, Standardabweichung=0,8-1), bei P3 (3 Zigarettenstummel) keimten durchschnittlich 95% (n=5, Standardabweichung=0,83-1) und P6 (6 Zigarettenstummel) hatte einen durchschnittlichen Keimungserfolg von 79% (n=5, Standardabweichung=0,7-0,83) (Abbildung 3).

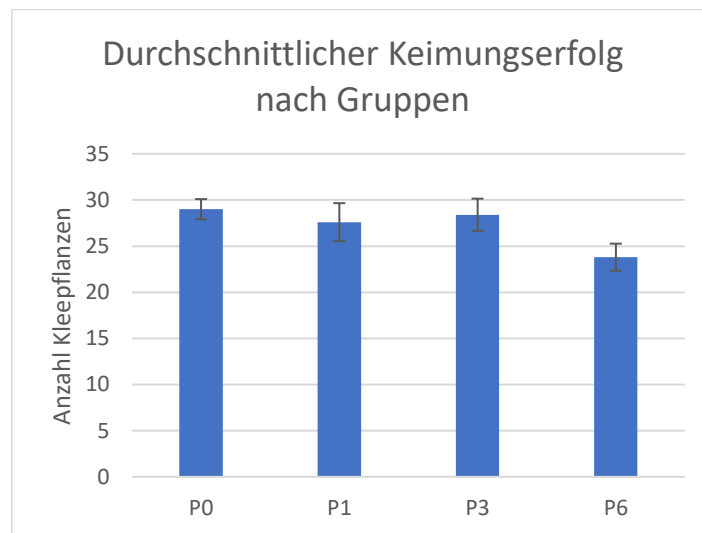


Abbildung 3: Säulendiagramm zur Veranschaulichung des durchschnittlichen Keimungserfolgs der jeweiligen Gruppen P0, P1, P3, P6 (Nummerierung = Anzahl der Zigarettenstummel in einem Mesokosmos)

Anzahl der Blätter nach 21 Tagen

Den Kleepflanzen wuchs zu Beginn ein einfingriges Blatt (Blatt 1) und danach ein dreifingriges Blatt (Blatt 2). Die Kleepflanzen hatten am Ende der 21 Tage entweder ein oder zwei Blattaustriebe (Blatt 1; Blatt 2 (Abbildung 2)), wobei das erste Blatt nicht die für typische Klee Dreifingrigkeit aufwies. Die Unterschiede zwischen den Zigarettenstummelkonzentrationen und der Anzahl der Blätter waren signifikant negativ ($r=-0,198$; $p<0,05$) und reichten von durchschnittlich 1,34 bis 1,69 Blättern (P0=1,69 (Standardabweichung=0,48); P1=1,47 (Standardabweichung=0,5); P3=1,34 (Standardabweichung=0,49); P6=1,4 (Standardabweichung=0,49)). Das bedeutet, dass die Kleepflanzen signifikant weniger Blätter ausbildeten, wenn sie einer höheren Zigarettenstummelkonzentration ausgesetzt waren (Abbildung 4).

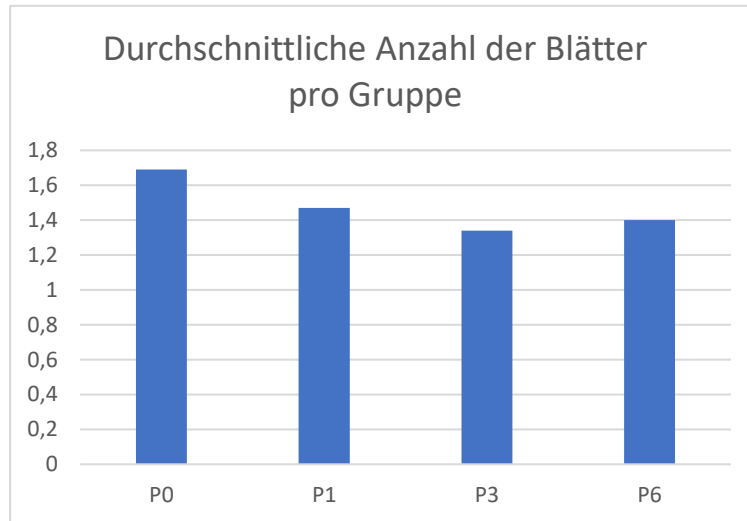


Abbildung 4: Säulendiagramm zur Veranschaulichung der Verteilung der Blattausbildungen der jeweiligen Gruppen (P0, P1, P3, P6; Nummerierung = die Anzahl der Zigarettenstummel in einem Mesokosmos). Die Anzahlen pro Pflanze lagen zwischen einem und zwei Blättern (die Keimblätter wurden nicht gezählt)

Stiel- und Blattstiellängen der Kleepflanzen nach 21 Tagen

Gemessen wurden zum einen die Länge des Stiels und die des Keimblattstiels (Abbildung 2). Die beiden getrennten Längen zwischen Stiel und Blattstiel zeigten jeweils signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen.

Die Stiellänge stieg ($r=0,234$, $p<0,05$) mit der Anzahl der Zigarettenstummel. Die Gruppe P0 hatte die kürzesten Stiele mit durchschnittlich 13,8mm und die Gruppe P6 die längsten Stiele mit durchschnittlich 15,78mm (P1=14,3mm; P3=15,5mm).

Die Blattstiellänge verkürzte sich aber ($r=-0,102$, $p<0,05$) mit Zunahme der ZSKonz. und reichte von P0=24,55mm über P1=24,1mm zu P3=21,47mm. P6 wies mit durchschnittlich 22,6mm längere Blattstiele auf als die Gruppe P3 (Abbildung 5).

Addiert zu einer Gesamtlänge sind die Korrelationen zur Anzahl der ZS nicht signifikant.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich die Gruppen in allen Parametern P0, P1 und P6 ungefähr so verhalten haben, dass sich die ZS in allen Gruppen negativ auf das Wachstum des Klees ausgewirkt haben-je höher die ZSKonz., desto größer der negative Einfluss. Jedoch fällt die Gruppe P3 aus dem Raster, denn in den Parametern „Keimungsrate“ und „Stiellänge“ weist die Gruppe durchschnittlich höhere Werte auf als die Gruppe mit nur einem Zigarettenstummel, aber weniger als die Kontrollgruppe P0. In den Parametern Anzahl der Blätter und Länge des Blattstiels weist die Gruppe P3 sogar deutlich niedrigere Werte auf als die Gruppe P6.

Die Gesamtlänge (Stiel + Blattstiel) zeigte keine signifikanten Ergebnisse.

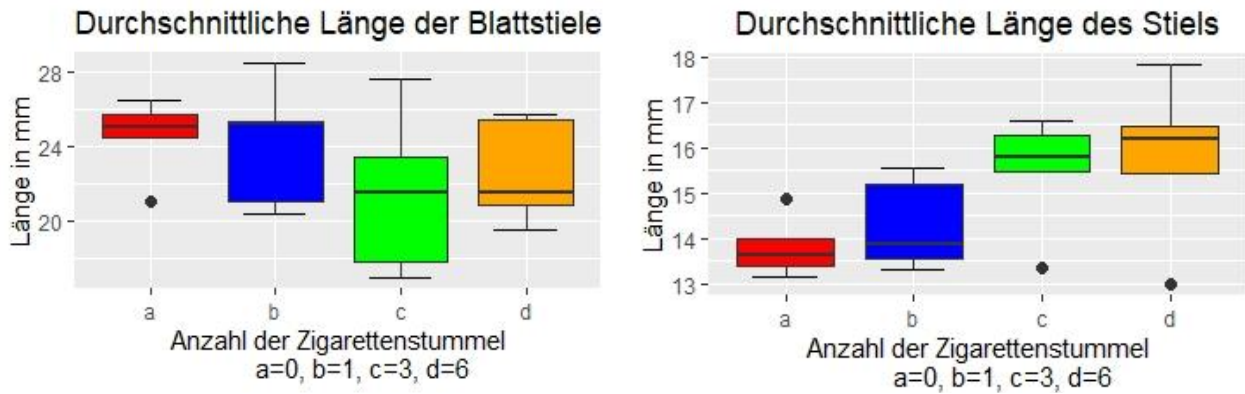


Abbildung 5: Boxplot zur Verteilung der Blattstiellängen (links) und Stiellängen (rechts)

Weitergehende Beobachtungen

Leider konnten keine Laborstandards erreicht werden. Das Wetter schwankte während der Versuchszeit stark, was Auswirkungen auf das Wachstum gehabt haben könnte. Zudem nisteten sich Trauermücken in den Versuchstöpfen ein, deren Larven anschließend einige Kleepflanzen anfraßen. Nach subjektiver Beobachtung sind vor allem die Pflanzen, die den höheren Zigarettenstummelkonzentrationen ausgesetzt waren, stärker von den Larven befallen worden. Eine genauere Analyse konnte dazu jedoch nicht gemacht werden. Zudem gab es ein Pilzwachstum, welches scheinbar ebenfalls eher die Probenetöpfe mit höherer Anzahl an Zigarettenstummeln betraf. In der ersten Versuchsnacht wurde das Gewächshaus zudem von Mäusen besucht, die augenscheinlich nur einen Topf ein wenig umgegraben haben, jedoch keinen größeren Schaden anrichteten.



Abbildung 6: Zusehen ist beispielhaft der Pilzbefall, welcher bei den Mesokosmen auftrat mit mehreren Zigarettenstummeln

4. Diskussion: Auswirkungen der Zigarettenstummel auf Ökosysteme

4.1 Anzahl der Zigarettenstummel in einer urbanen Region unterteilt in Parks und Straßen

Das achtlose Entsorgen der Zigarettenstummel auf dem Boden ist ein weitverbreitetes Phänomen unter RaucherInnen. Etwa 76-84% der Zigaretten werden unsachgemäß in der Umgebung der RaucherInnen, meist auf dem Boden an Ort und Stelle entsorgt (Patel et al., 2013).

In Hamburg befanden sich viele Zigarettenstummel auf oder neben den Gehwegen einer Straße (Abbildung 7). Das Umfeld von zum Beispiel Bushaltstellen oder Sitzgelegenheiten, lässt sich oft als Hotspots identifizieren. Hier konnten besonders viele Zigarettenstummel gefunden werden. In ganz Hamburg befinden sich etwa 18 000 Mülleimer (Stadtreinigung Hamburg), viele davon auch mit einem für Zigaretten vorgesehenen Aschenbecher. Dennoch wird ein großer Teil nicht in solchen entsorgt, sondern achtlos auf den Boden geworfen (Abbildung 8).

An Seitenparkplätze angrenzende Gehwege wiesen besonders hohe Anzahlen an ZS auf. Die ZS befanden sich dann überwiegend direkt unter dem Bordstein zu den Parkplätzen und nicht auf dem Gehweg. Dieses Phänomen war in dieser Untersuchung besonders an der Langen Reihe und der Spaldingstraße zu beobachten. Das könnte daran liegen, dass die RaucherInnen die ZS zur Seite werfen, oder daran, dass die ZS zur Seite gekehrt werden oder durch Regen heruntergewaschen werden.



Abbildung 7: Am Gehwegrand entsorgte Zigarettenstummel an der Straße Mühlendamm



Abbildung 8: Umgebung eines Hamburger Mülleimers in Niendorf an einer Bushaltestelle. Die Zigarettenstummel auf dem Boden sind rot eingekreist

Novotny (2011) berichtet von einer signifikant heterogenen Verteilung der Zigarettenstummel in US-amerikanischen Städten. So trete eine besondere Häufung dort auf, wo der Übergang zu einem Innenraum stattfindet, in dem das Rauchen nicht erlaubt ist (z.B. in Bürogebäuden oder Einrichtungen des öffentlichen Nahverkehrs). Auch Wicke (2016) berichtet von einer Häufung der ZS entlang von Straßen in der Stadt.

Die Anzahl der in anderen Studien in der Umwelt gefundenen ZS liegen oft über der Anzahl, derer die in Hamburg gezählt wurden. Durchschnittlich befanden sich in Hamburg 0,73 ZS auf einem Quadratmeter Gehweg entlang einer Straße und 0,39 ZS Zigarettenstummel auf einem Quadratmeter Parkweg. In Berlin fand Roder Green (2014) durchschnittlich 2,7 ZS pro Quadratmeter. Green (2019) fand in Cambridge eine Zigarettenstummeldichte von 0 bis 128 ZS pro Quadratmeter. Die Unterschiede könnten an der Vorgehensweise der jeweiligen Stadtreinigung liegen, wie oft und gründlich die Straßen von Müll befreit werden und auch an der unterschiedlichen Bevölkerungsdichte der Städte.

Green fand zusätzlich heraus, dass 65% der ZS noch Resttabak enthalten.

Es spielt nach Novotny (2009) keine Rolle, wo der ZS in der Umwelt entsorgt wurde. Die Stummel werden über die Wasserwege transportiert und können so an Orte und Strände auf der ganzen Welt gelangen.

Deshalb sind nicht nur urbane Gegenden mit vielen versiegelten Bodenflächen von den Folgen achtlos entsorgter Zigarettenmüll betroffen, sondern auch viele Strände weltweit.

Dabei spielt es offenbar fast keine Rolle, ob der Strand in einer besiedelten Region liegt oder sich in einem wenig von Menschen beeinflussten Gebiet befindet (Ivar do Sol, 2011; Becherucci, 2017). Dennoch können ZS vorwiegend dort in der Umwelt gefunden werden, wo Zigaretten unmittelbar zur Verfügung stehen und konsumiert werden (zum Beispiel an Ortschaften oder beliebten Stränden) und weniger an Orten mit weniger menschlichem Einfluss (Moriwaki, 2009; Novotny, 2011).

Dessen ungeachtet wurde bei Strandaufräumaktionen in den USA des Ocean Conservancy (2007) keine Müllkategorie häufiger gefunden als Zigarettenstummel. Jedes dritte bis vierte gesammelte Müllstück war demnach ein ZS, weshalb die Gesamtanzahl der ZS 27% des gesamten gesammelten Mülls ausmachten (Ocean Conservancy, 2007).

Entlang des nördlichen Persischen Golfs berichtet Dobarandaran (2018) wohl auch deshalb mit neun bis elf Zigarettenstummel pro Quadratmeter von vergleichsweise vielen ZS.

4.2 Auswirkungen der Zigarettenstummel auf den Weißklee und andere Pflanzenarten

Die Filter wurden erfunden, um die Zigaretten für den Konsumenten als gesünder zu verkaufen. Sie sollen während des Rauchens die Schadstoffe, die sich im Tabakrauch befinden,

herausfiltern (Novotny, 2014). So sollen Schadstoffe nicht in die menschliche Lunge gelangen. Das Problem ist jedoch, dass mit den unsachgemäß entsorgten Filtern ebenfalls Resttabak und diverse Schadstoffe in die Umwelt gelangen (Slaughter, 2011).

Nach der Auswertung des 21 Tage andauernden Versuchs kann geschlussfolgert werden, dass die ZS einen negativen Einfluss auf die Entwicklung von Weißklee haben. Mit zunehmender Anzahl der ZS wurde der Keimungserfolg verringert, denn nach der Versuchsdauer war der Keimungserfolg bei der Kontrollgruppe zu den ZS ausgesetzten Gruppen signifikant höher. Auch das Längenwachstum und die Blattausbildung wurden beeinflusst. Während die Blattstiele mit zunehmender ZS Anzahl länger wurden, verringerte sich die Länge des Stiels und auch die Blattausbildung verzögerte sich. Die Blätter der Kontrollgruppe wiesen nach den 21 Tagen häufiger einen zweiten Blatttrieb auf, welcher meist auch schon stärker ausgebildet war als die Blatttriebe der den ZS ausgesetzten Gruppen.

Green (2019) führte ebenfalls einen Versuch mit Weißklee und Deutschem Weidelgras zu ZS durch. Dabei wurde der Einfluss von ungerauchten Zigarettenfiltern, gerauchten Zigarettenfiltern und gerauchten Zigarettenfiltern mit Resttabak sowohl von normalen Zigaretten als auch von Menthol-Zigaretten untersucht. Die Ergebnisse wiesen ebenfalls einen verringerten Keimungserfolg des Weißklees um etwa 27% auf, wenn die Pflanzen ZS ausgesetzt waren. Auch die Größe wurde demnach signifikant um 28% verringert, wenn die Kleepflanzen den ZS ausgesetzt waren. Im Gegensatz zu Greens Ergebnissen konnte in meinen Ergebnissen keine Rückschlüsse auf einen Zusammenhang zwischen den ZS und der Gesamtgröße des Weißklees gezogen werden. Das Deutsche Weidelgras zeigte ebenfalls einen verminderten Keimungserfolg um etwa 10% und ein um etwa 13% verringertes Wachstum, wenn sie den ZS ausgesetzt waren.

Überdies liegen die von Green ermittelten Triebhöhen des Weißklees nach 21 Tagen bei 60-70mm in der Kontrollgruppe, während meine Kontrollgruppe nur Triebhöhen von unter 40mm aufweisen. Dies könnte an unterschiedlichem Saatgut liegen oder an den Laborbedingungen in Greens Versuchsaufbau, die in dieser Studie nicht gegeben waren. Trotzdem wurde in beiden Versuchen eine negative Auswirkung der ZS festgestellt.

Die Reduktion des Keimungserfolges hat eine verminderte Biomasse zur Folge (Mathan, 2016). Das ist problematisch, denn der Weißklee ist eine ökonomisch wichtige Kulturpflanze als Futtermittel für Nutztiere (Abberton, 2010). Eine Reduktion der Biomasse führt im Umkehrschluss zu Ernteeinbußen.

Green untersuchte zusätzlich die Wurzelbiomasse und stellte diesbezüglich ebenfalls einen negativen Einfluss der ZS fest. Eine Reduktion der Wurzelbiomasse gefährdet die Wasser- und Nährstoffaufnahme aus dem Boden und tritt bei Pflanzen als Reaktion auf Umwelteinflüsse auf, wie zum Beispiel bei Dürrestress (Zhou, 2018). Eine weitere Erklärung für eine verringerte Wurzelbiomasse können Schwermetalle sein. Weißklee reagiert physisch mit

einer veränderten Wurzelmorphologie und verringerter Wurzeltiefe auf die Schwermetalle Cadmium und Zink (Lambrechts, 2014). Zigarettenfilter sind eine lokale Schwermetallquelle, die Schwermetalle bei Nässe (z.B. Regenevents) schnell ins Sickerwasser abgeben können. Die in den ZS enthaltenen Schwermetalle, wie zum Beispiel Cadmium, Blei oder Zink konnten schon nach 24 Stunden im Sickerwasser nachgewiesen werden (Moermann, 2011). Die Schwermetalle werden mit dem Sickerwasser in den Boden eingetragen, von wo aus die Pflanzen sie aktiv aus der Bodenlösung über die Wurzeln aufnehmen können (Tangahu, 2011). Die Schwermetalle akkumulieren sich in den Pflanzen, wobei es von der Pflanzenart abhängt, in welchen Pflanzenteilen sie angelagert werden (Lambrechts, 2014). Der Weißklee ist nicht in der Lage die Schwermetalle selbstkontrolliert zu verlagern, wohingegen das Deutsche Weidelgras diese vorwiegend in die Wurzeln leitet (Lambrechts, 2014). Auch das Weidelgras reagiert physisch mit verringerter Wurzeltiefe und veränderter Wurzelmorphologie auf Belastung mit Schwermetallen (Lambrechts, 2014). Diese wirken sich zum einen morphologisch auf die Pflanzen aus und sind zum anderen in großen Mengen toxisch und oft krebserregend (Bayer, 2017).

Neben der ökonomischen Relevanz ist der Weißklee auch eine ökologisch wichtige Pflanze für das Ökosystem. Die Blüten sind bedeutend für viele Insekten, insbesondere für Bienen, welche die Hauptbestäuber des Weißkleees sind (Rodet, 1998).

Des Weiteren ergab Greens Studie eine Veränderung der Chlorophyll a/b Verhältnisse des Weißkleees und des Deutschen Weidelgrases. Veränderungen der Chlorophyll a/b Verhältnisse können auf Stress einer Pflanze hindeuten (Iori, 2017; Zengin, 2005).

Zu den wohl bekanntesten Inhaltsstoffen des Tabaks gehört das Alkaloid Nikotin. Dieses ist ein starkes Nervengift und für den berauschenden Effekt verantwortlich. Es wurde seit dem 15. Jahrhundert als Pflanzenschutzmittel verwendet. Inzwischen macht das Nikotin 0,6-0,3% der Trockenmasse des Tabaks einer Zigarette aus (Hoffmann, 1963).

Nikotin ist nicht nur wirksam gegen ungewollte Pflanzenarten, sondern auch erwiesenermaßen giftig für Menschen und Tiere (z.B. Novotny, 2011; Karaconji, 2005). Nikotin ist gut wasserlöslich und in einem Regenexperiment von Roder Green (2014), bei dem in einem geschlossenen System kontinuierlich Wassertropfen auf die ZS fielen, kam heraus, dass sich bereits nach einer halben Stunde 50% des Nikotins aus dem Zigarettenstummel gelöst haben. Nach 60 Minuten waren es 90%. Nikotin kann, anders als die Schwermetalle, passiv von den Wurzeln einer Pflanze aufgenommen werden (Yahazadeh, 2017).

Zudem gibt es Anzeichen dafür, dass Pflanzen Schadstoffe auch über die Luft aufnehmen können (Selmar, 2015). Das ist relevant, weil viele RaucherInnen die noch glühenden ZS in der Umwelt entsorgen (Patel, 2013).

Innerhalb eines Quadratmeters können Pflanzen das Nikotin von einem ZS aufnehmen

(Selmar, 2018). Dies könnte die Nikotingehalte in pflanzlichen Agrarprodukten erklären, da rauchende FeldarbeiterInnen ihre Zigaretten möglicherweise direkt auf den Feldern entsorgen (Selmar, 2018). Straßen, die an landwirtschaftlich genutzten Feldern entlangführen können zusätzlich eine potentielle Nikotinquelle sein, weil rauchende AutofahrerInnen die gerauchten Zigaretten oft einfach aus dem Fenster werfen (Rath, 2012). So wurde Nikotin bereits in mehreren Lebensmitteln wie Tee, Gewürzen oder Nutzpflanzen nachgewiesen (Selmar, 2015).

4.3 Auswirkungen der Zigarettenstummel auf tierische Organismen

Nicht nur Pflanzen sind von ZS in der Umwelt betroffen. Die meisten bisherigen Studien in Bezug auf ZS beziehen sich hauptsächlich auf aquatische Lebewesen.

Gill (2018) untersuchte jedoch zuerst die Auswirkung von Zigarettenstummeln auf Landschnecken. Die Landschnecken trugen während des Versuchs keine körperlichen Schäden davon, allerdings mieden sie in den ersten Tagen des Versuchs die Böden auf denen sich ZS befanden und bevorzugten die Böden ohne ZS. Nach drei Wochen konnte aber keine bevorzugte Fläche mehr ausgemacht werden, da die Landschnecken sich auf allen Flächen gleich verteilten. Daraus schloss Gill, dass ZS eine geringe Toxizität auf die Landschnecken ausüben, sich diese jedoch mit der Zeit verringert. Das geschieht dadurch, dass sich die abstoßend wirkenden Stoffe verflüchtigen, verdünnen, dispergieren oder sich chemisch verändern. Dass ZS mit der Zeit an Toxizität verlieren, bewies Dieng (2011) anhand von Mückenlarven (*Aedes albopictus*). In einem geschlossenen aquatischen System stieg die Mortalität der Mückenlarven mit der Zugabe von ZS und nahm dann mit der Zeit wieder ab. Bei einer erneuten Hinzugabe von frischen ZS stieg die Mortalität wieder an.

Die toxische Wirkung von ZS auf Wasserorganismen wurde auch von anderen Studien bewiesen. 100% der Wasserflöhe starben in einem Versuch innerhalb von 48 Stunden nachdem sie in Wasser ausgesetzt wurden, in welchem vorher ZS für eine Stunde eingelegt waren (Register, 2000). Von diesem Experiment ausgehend konnte ermittelt werden, dass bereits etwa 0,125 ZS pro Liter extrem giftig auf die Wasserflöhe wirkten.

Die Mortalität der Wasserorganismen scheint von der Art abzuhängen: Medaka (Reisfischart) Embryonen in einem ähnlichen Versuch erreichten eine 100% Mortalität nach 8 Tagen (Lee, 2015), ebenso wie die drei Prielschneckenarten (*Austrocochlea porcata*, *Nerita atramentosa* und *Bembicium nanum*) von Booth (2015). Die Fische (Topsmelt und gefederter Minnow) im Versuch von Slaughter (2011) hingegen erlagen den Chemikalien aus den ZS erst nach 96 Stunden. Da sich zeitliche Unterschiede in der Mortalität zwischen den verschiedenen Arten feststellen lassen, weist das auf unterschiedliche Resistenzen der verschiedenen Tierarten gegenüber den Chemikalien aus den Zigarettenstummeln hin.

Lee (2015) fand außerdem heraus, dass sich die Chemikalien auf das Verhalten, sowie auf

die Vitalfunktionen und die Embryonalentwicklung auswirken. So zeigten die geschlüpften Medaka ein eher unruhiges Verhalten. Booth (2015) stellte bei Prieleschnecken ebenfalls bereits bei geringen Schadstoffkonzentrationen Reaktionen auf die ZS fest. Zum Teil konnten die Reaktionen den verschiedenen Arten zugeordnet werden.

4.4 Auswirkungen der Cellulose Acetat-Filter auf die Umwelt

Die Zigarettenstummel vereinen nicht nur eine ganze Reihe an verschiedenen gefährlichen und potentiell gefährlichen Chemikalien, auch die Filter an sich bergen eine Gefahr für die Umwelt (Hoffman, 1997; Novotny, 2009; Rodgman, 2013).

Die meisten kommerziell genutzten Zigarettenfilter werden aus Cellulose Acetat hergestellt und bestehen aus bis zu 12.000 Fasern (Novotny, 2009). Cellulose Acetat wird aus pflanzlichen Fasern gewonnen, die in ihrer reinen Form biologisch abbaubar wären. Durch synthetische Verarbeitung und Zusatzstoffe wird die biologische Abbaubarkeit jedoch gehemmt und vermutlich unmöglich gemacht (Zugenmaier, 2004, Bonanomi, 2015).

Die Filter bringen ein weiteres Problem mit sich: sogar ungerauchte Filter sind toxisch (z.B. Slaughter, 2011). Mehrere Studien bestätigen einen negativen Einfluss auf das Wachstum und die Biomasse von Pflanzen und Tieren (z.B. Green, 2019; Slaughter, 2011).

Nur sehr wenige Studien haben sich bisher mit der biologischen Abbaubarkeit von Cellulose Acetat unter natürlichen Bedingungen befasst. Bonanomi (2015) stellte jedoch in einer zwei Jahre andauernden Studie unabhängig von den Umweltbedingungen keine nennenswerte Abbaurate von Cellulose Acetat fest. Joly (2018) hingegen schätzt eine vollständige Zersetzung, basierend auf einem kinetischen Modell, auf siebeneinhalb bis 14 Jahre. Gleichzeitig wird jedoch darauf hingewiesen, dass die Rechnung leicht unterschätzt werden könne, da sich das Papier schneller auflöst und die Chemikalien aus dem Filter gewaschen werden, sodass es anfangs zu einem schnellen Gewichtsverlust kommt.

Dies bestätigt sich auch im Versuch von Bonanomi (2015), indem die Filter in den ersten 30 Tagen 15-20% der Anfangsmasse verloren, aber in den darauffolgenden 720 Tagen insgesamt nur noch 30-35% an Masse abnahmen.

Die Zersetzung hängt vor allem von der Temperatur (Davidson, 2006), der Wasserverfügbarkeit (Aerts, 1997) und der biochemischen Qualität (org C und N Gehalte) (Bonanomi, 2013) ab. Da aber Cellulose Acetat Filter nur sehr wenig Stickstoff enthalten, verlangsamt das die Zersetzung (Berg, 2008).

Die Zigarettenfilter zerfallen mit der Zeit in immer kleinere Kompartimente, bis sie sekundäres Makro- oder sogar Mikroplastik sind. Mit dem Wasser können die Partikel in Suspension gehen und in die Bodenmatrix transportiert werden. Die Teilchen gelangen je nach ihrer Größe tiefer in den Boden hinein und sedimentieren in Poren, die zu klein für den jeweiligen Durchmesser sind (Amelung, 2018).

Potenziell können die Partikel mit der Bodenlösung ins Grundwasser und von dort aus in das Trinkwasser gelangen und damit in die menschliche Nahrungskette (Amelung, 2018).

In einer Studie von Bergmann (2019) befand sich chemisch veränderte Cellulose im Schnee von Bayern, jedoch wird leider nicht näher darauf eingegangen, ob es sich dabei um Cellulose Acetat handelt.

Da Zigarettenfilter zahlenmäßig die bei weitem häufigste Müllkategorie sind, wäre es nicht verwunderlich, wenn Tiere auch die Stummel mit Nahrung verwechseln und fressen, da in Tieren schon anderer Plastikmüll gefunden werden konnte (Thompson, 2013).

Auch wenn die Filter vollständig abbaubar wären, besteht nach wie vor ein Problem mit den Chemikalien, die mit den Filtern in die Umwelt gelangen (Hon, 1977; Novotny, 2014).

5. Lösungsansätze

Viele RaucherInnen entsorgen ihre Zigarettenstummel in der Umwelt, mit ernsten Folgen. Um das Problem in den Griff zu bekommen, gibt es verschiedene Lösungsansätze, die auf unterschiedliche Bereiche des Zigarettenkonsums Einfluss nehmen. Eine Kombination aus mehreren der im Folgenden vorgestellten Lösungsansätze wäre deshalb sinnvoll.

i. Aufklärung der RaucherInnen, dass Zigarettenstummel der Umwelt schaden

Großangelegte Kampagnen zur richtigen Entsorgung der ZS und zu den Gefahren, die mit den Stummeln bei unsachgemäßer Entsorgung einhergehen, sind sinnvoll und durchführbar. Der Großteil der Gesellschaft ist sich nicht bewusst, dass die Stummel zum einen nicht abbaubar sind und zum anderen denken viele nicht über die Giftstoffe nach, die sich noch in den Zigarettenfiltern befinden können (Rath, 2012). Es sollten also alle über die Gefahren der ZS aufgeklärt werden. So sagt National Geographic in einem Kurzfilm "*Cigarette butts are toxic plastic pollution. Should they be banned?*" über ZS „Maybe the best solution might just be to make littering a cigarette butt socially unacceptable.“ (Root, 2019). Übersetzt heißt dies, dass in der Gesellschaft das achtlose Wegwerfen von ZS einfach nicht mehr akzeptiert werden sollte.

ii. Anti-Rauchen Kampagnen

Die meisten Lösungsansätze orientieren sich am Rauchen selbst und wollen die RaucherInnen zum Aufhören animieren oder bewirken, dass sie gar nicht erst anfangen. Großflächige Kampagnen gegen das Rauchen gibt es bereits. So müssen Zigarettenverpackungen seit 2003 über die Schädlichkeit des Rauchens informieren. Dabei wurde festgelegt, dass 30 % der Fläche von Vorder- und Rückseite der Schachtel Warnhinweise enthält. Seit dem Jahr 2016 wurden die schriftlichen Warnhinweise noch um abschreckende Fotografien

von zum Beispiel Krebsgeschwüren ergänzt (Tabakzeugnisverordnung §30). Das soll langfristig dazu führen, dass RaucherInnen das Rauchen reduzieren oder ganz damit aufhören (Spiegel-Online Veröffentlichung - Patalong, 22.06.2011). Nach Informationen des Spiegels halten jedoch 81% der Befragten in einer Forsa-Umfrage die Maßnahmen für nicht wirksam. Allerdings können die Bilder ein ausschlaggebender Punkt sein, um Menschen vom Rauchen abzuhalten (Spiegel-Online Veröffentlichung - Korte, 11.02.2017).

Seit 2020 wird auch die Werbung von Tabakprodukten in Deutschland weiter eingeschränkt. So darf in Kinos keine Tabakwerbung mehr gezeigt werden und auch im öffentlichen Raum sollen ab 2022 die großen Werbeplakate für Tabakprodukte verschwinden (RND Veröffentlichung, 03.07.2020).

Im Jahr 2020 wurde der Verkauf von Mentholzigaretten in der EU komplett verboten (Tabakzeugnisverordnung Anhang zu §4), weil das Menthol in den Zigaretten das Inhalieren einfacher macht, die Bioverfügbarkeit von Nikotin erhöht und damit das Suchtpotential verstärkt (Wickham, 2015, Biswas, 2016).

Die Maßnahmen sollen zunächst einmal präventiv wirken. Durch die reduzierte Präsenz erhofft man sich, dass weniger Menschen mit dem Rauchen beginnen. Außerdem soll das Rauchen umständlicher gestaltet werden, um Raucher zum Aufhören zu animieren. Durch weniger RaucherInnen würden weniger Zigaretten konsumiert und folglich weniger Zigarettenstummel in der Umwelt landen.

iii. Bußgelder, Rauchverbote

In Deutschland wird das achtlose Entsorgen von Müll jeglicher Art mit einem Bußgeld bestraft. Die Höhe des Bußgelds für „unbedeutende Produkte“, wozu die Zigarettenstummel laut dem Bußgeldkatalog gehören, wird vom jeweiligen Bundesland festgelegt und reicht von 5-10€ in Hessen bis 10-100€ im Saarland (Bußgeldkatalog 2020).

In Hamburg kann das Wegwerfen der Zigarettenstummel mit einem Bußgeld in Höhe von 35-70 Euro (Bußgeldkatalog 2020) geahndet werden. Jedoch wird diesen Ordnungswidrigkeiten fast nicht nachgegangen (ntv-Veröffentlichung „Kippen sind echte Umwelt-Killer“; 2019; Deutschland Kultur-Veröffentlichung – Detloff, 2019).

Ein weiterer Ansatz könnten noch weitreichendere Rauchverbote sein, um das Rauchen unattraktiver zu gestalten. Rauchverbote gibt es in Deutschland flächendeckend in Verkehrsmitteln des Personennah- und Fernverkehrs, sowie an Bahnhöfen (BNichtrSchG, §1 Rauchverbot). Jedoch sind Rauchverbote auch Ländersache, weshalb es Unterschiede in der Gesetzgebung gibt, vor allem in Bezug auf Rauchverbote in Restaurants und Bars. Rauchverbote im öffentlichen Raum müssten jedoch strikter durchgesetzt werden, da häufig trotz des Verbots geraucht wird (eigene Beobachtungen). Eine Erhöhung der Bußgelder im Bußgeldkatalog wäre deshalb nur sinnvoll, wenn dem wirklich nachgegangen werden würde.

iv. Tabakindustrie zur Verantwortung ziehen, Verbot von Filtern oder Filterzigarette

Eine Forderung die Zigarettenhersteller und -verbände mit höheren Gebühren zu belangen, wird vom Deutschen Zigarettenverband (DZV) strikt abgelehnt. Dies geschieht mit der Begründung, dass sich die meisten RaucherInnen an die Verhaltensregeln halten würden und es vielen nicht bewusst sei, dass sie mit dem achtlosen Wegwerfen eine Ordnungswidrigkeit begehen. Des Weiteren stünde der einzelne Raucher in der Verantwortung und nicht die Zigarettenbranche an sich. Zudem seien Städte und Kommunen dafür zuständig, ausreichend Abfallbehältnisse mit Aschenbechern bereitzustellen (Deutscher Zigarettenverband). Auf eine Anfrage zu dieser Thematik antwortete die Firma Reemtsma mit vergleichbaren Aussagen wie der DZV. Das Entsorgungsproblem wird auf die Städte und Kommunen abgeschoben, und somit an den Steuerzahler.

Eine Erhöhung der Abgaben, welche die Zigarettenhersteller leisten müssen, würde wohl an die Verbraucher weitergegeben werden, was das Rauchen wiederum verteuern würde. Das Problem der mangelhaften Entsorgung wäre so jedoch auch nicht gelöst und ein Bewusstsein für die Umweltgefahren würde so auch nicht geschaffen.

Novotny (2014) fordert ein komplettes Verbot der Filterzigaretten. Ein Verbot der Filter kann sinnvoll sein, denn die Zigaretten sind ohne die Filter unangenehmer zu rauchen und so würde zumindest das Plastikproblem gelöst werden. Eventuell würde so der verbreitete Irrglaube wegfallen, die Filter würden die Zigaretten gesünder machen.

v. Taschenaschenbecher, mehr Aschenbecher an öffentlichen Plätzen

Der DZV bietet auf seiner Website einen kostenlosen Umweltaschenbecher an, der auf Anfrage zugeschickt wird. Ein Umweltaschenbecher ist eine gute Möglichkeit für die Raucher, ihre Zigarettenstummel schnell und einfach zu verstauen und zu einem späteren Zeitpunkt ordnungsgemäß zu entsorgen. Umweltaschenbecher können aber auch leicht selbst hergestellt werden, indem kleine Behältnisse, wie zum Beispiel Einmachgläser zweckentfremdet werden.

Die Forderung, die Kommunen und Städte zur Verantwortung ziehen und mehr Mülleimer aufzustellen, erscheint zunächst als naheliegende Lösung, jedoch wurde mehrfach in Studien (z.B. Schulz, 2012; Patel, 2013) beobachtet, dass trotz Abfalleimer Zigarettenstummel neben dem Mülleimer auf den Boden geworfen wurden, anstatt hinein. Es könnte allerdings sinnvoll sein, besonders betroffene Orte und Straßen zu identifizieren, weil Menschen vermehrt dort Müll entsorgen, wo schon Müll vorhanden ist (Schulz, 2012). Dort kann es sinnvoll sein, zusätzliche Mülleimer bereitzustellen und vermehrt zu kontrollieren, sowie über die Ordnungswidrigkeit der unsachgemäßen Müllentsorgung

aufzuklären.

Regelmäßigeres Aufsammeln der Zigarettenstummel durch die Stadtreinigung könnte zudem die Menge an freigelassenen schädlichen Chemikalien reduzieren, da der Abfall dann kürzer in der Umwelt verbleibt. Allerdings ist es fraglich, ob es die Anzahl der Zigarettenstummel ebenfalls reduziert und die Verbraucher ihre aufgerauchten Zigaretten seltener in ihrer Umgebung entsorgen (Roder Green, 2014).

vi. Innovative Ideen

Eine logische Konsequenz zu nicht abbaubaren Filtern ist biologisch abbaubare Filter zu entwickeln. Biologisch abbaubare Filter für selbstgedrehte Zigaretten sind bereits im Handel erhältlich. Diese bestehen aus zusammengefaltetem Papier. Sie finden jedoch weniger Zuspruch bei den Verbrauchern, da der Rauch dadurch härter wirkt. Deswegen ist Cellulose Acetat noch immer das Material der Wahl für die meisten Hersteller (ZDF Dokumentation, 2018).

Zurzeit wird an biologisch abbaubaren Filtern geforscht, die das Rauchen genau so angenehm gestalten wie Filter aus Cellulose Acetat. Diese befinden sich jedoch noch in der Entwicklungsphase. Hergestellt werden sollen die Filter aus Baumwolle, Flachs und Hanf (Greenbutts).

Die Idee der biologisch abbaubaren Filter klingt zunächst sinnvoll, um das Müllproblem zu beseitigen. Jedoch, wie zuvor schon erwähnt, akkumulieren sich die Chemikalien trotzdem im Filter und gelangen auch bei der biologisch abbaubaren Variante in die Umwelt. Des Weiteren könnten RaucherInnen noch gedankenloser ihre Zigarettenstummel entsorgen, weil sich die Filter vermeintlich umweltfreundlich abbauen lassen. Somit wäre das eigentliche Problem nicht gelöst.

Ein weiterer Ansatz, um das Entsorgungsproblem zu lösen, ist ein Pfandsystem. Das Konzept wäre ähnlich aufgebaut wie das deutsche Mehrwegflaschensystem. Auf eine Zigarette wird ein Pfandbetrag von z.B. 20ct berechnet (4 Euro pro Schachtel). Zu jeder verkauften Schachtel sollte zusätzlich ein Umweltaschenbecher ausgegeben werden, in dem die Zigarettenstummel anschließend gegen den Pfandbetrag eingetauscht werden können. Die zurückgebrachten Zigarettenstummel landen so nicht in der Umwelt und können recycelt oder zumindest gesetzeskonform entsorgt werden. Jedoch fehlt noch das nötige gesellschaftliche Bewusstsein für die Problematik, welches es benötigt, um ein Pfandsystem erfolgreich zu etablieren (Initiative „die Aufheber“).

2018 ist ein Projekt gestartet, das die Idee eines Pfandsystems und eines Recyclingsystems vereint. Unternehmen oder Betriebe, in denen viel geraucht wird und auch Privatpersonen

können die Zigarettenstummel sammeln und einschicken. Die eingeschickten Zigarettenstummel werden recycelt und zu Umweltaschenbechern weiterverarbeitet. Diese werden dann wiederum an Verbraucher verschickt. Die Umweltaschenbecher können dann gefüllt wieder eingeschickt werden, sodass ein geschlossenes Recyclingsystem (Tobacycle) entsteht.

Um öffentlich das Problem der Zigarettenstummel in das Bewusstsein zu rücken, wurden Abfalleimer nur für Zigarettenstummel entwickelt. Diese Behälter sind so aufgebaut, dass es zwei getrennte Behältnisse gibt, in denen Zigarettenstummel entsorgt werden können. Als Überschrift trägt der Zigarettenabfalleimer eine Meinungsfrage und die jeweilige Öffnung steht für eine Antwortmöglichkeit. Die Front des Abfalleimers ist durchsichtig, damit die „Meinung“ von anderen gesehen werden kann. Die Abfalleimer können je nach Standort individuell angepasst werden und werden weltweit verkauft. Nach eigenen Angaben des Herstellers reduziert der Abfalleimer die Verschmutzung durch Zigarettenstummel um 46% (Ballot Bins).

In Hamburg hat die Stadtreinigung öffentliche Mülleimer mit Sprüche-Aufklebern ausgestattet, um die Menschen anzuregen, ihren Müll vernünftig zu entsorgen. Einige dieser Sprechblasen sprechen die RaucherInnen direkt an mit Sprüchen wie: „Asche in mein Haupt“, oder „Hast du mal 'ne Kippe?“ (Stadtreinigung Hamburg).



Abbildung 9: Beispielmülleimer der Stadt Hamburg mit den "Kippensprüchen"

6. Schlussfolgerung

Die Ergebnisse des Versuchs dieser Arbeit wurden unter den erschwerenden Bedingungen der Corona Pandemie erhoben, weshalb die Daten nicht die Genauigkeit derer aus einem Labor erreichen. Dennoch ist der Einfluss der Zigarettenstummel auf die getesteten Parameter von Weißklee in dieser Arbeit unverkennbar. Der Weißklee wies einen deutlich verringerten Keimungserfolg auf, wenn sich Zigarettenstummel seinem Mesokosmos befanden. Ebenso wurde die Entwicklung verzögert, denn nach den 21 Tagen der Versuchsperiode, haben mehr Kleepflanzen der Gruppe P0 ein zweites Blatt ausgebildet gehabt als die Grup-

pen, die den Zigarettenstummeln ausgesetzt waren. Der verminderte Keimungserfolg und die verzögerte Entwicklung lassen darauf schließen, dass der Weißklee mit reduzierter Biomasse auf die Zigarettenstummel reagiert. Auch die gemessenen Teillängen *Stiel* und *Blattstiel* wurden durch die Anwesenheit der Zigarettenstummel beeinflusst, wenngleich kein Einfluss der Gesamtlänge (Stiel + Blattstiel) bestand.

Beim Vergleichen der Ergebnisse mit anderen Studien kam heraus, dass Pflanzen unter anderem auch Stresssymptome zeigten bei einer Zigarettenstummel Exposition. Da der Weißklee eine wichtige Pflanzenart für ein Ökosystem ist, können Stress und ein Verlust von Biomasse Folgen für Lebewesen (z.B. Bienen) haben die auf den Klee angewiesen sind. Ebenso wie ein Ökosystem kann die Wirtschaft unter einem Biomasseverlust leiden, da weniger Klee geerntet wird und verfüttert werden kann.

Des Weiteren verschärft das Filtermaterial Cellulose Acetat das Problem von Mikroplastik, da sich Cellulose Acetat nicht biologisch abbauen lässt. So akkumulieren immer mehr Zigarettenstummel in der Umwelt solange sie nicht entfernt werden.

Diese Arbeit zeigt dass die Zigarettenstummel negative Effekte auf die Umwelt haben, sowohl dadurch, dass die Chemikalien des Tabaks in den Filtern akkumuliert als auch, dass die Filter nicht biologisch abbaubar sind.

Um das Problem der Zigarettenstummel in der Umwelt zu lösen, muss vor allem beim Zigarettenkonsumenten angefangen werden. Dazu ist eine konsequente Aufklärungsarbeit unabdingbar.

Es werden noch weitere Forschungen zu den Auswirkungen der achtlos entsorgten Zigarettenstummel nötig sein, denn das Problem der Zigarettenstummel wird sich nicht von alleine lösen.

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die Bachelorarbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe, alle Ausführungen, die anderen Schriften wörtliche oder sinngemäß entnommen wurden, kenntlich gemacht sind und die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Fassung noch nicht Bestandteil einer Studien- oder Prüfungsleistung war.

Unterschrift der Verfasserin

Literaturverzeichnis:

- Abberton, M. T., & Marshall, A. H. (2010). Fodder Crops and Amenity Grasses. In *Fodder Crops and Amenity Grasses* (pp. 457–476). <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0760-8>
- Aerts, R. (1997). Climate, Leaf Litter Chemistry and Leaf Litter Decomposition in Terrestrial Ecosystems: A Triangular Relationship. *Oikos*, 79(3), 439. <https://doi.org/10.2307/3546886>
- Amelung, W., Blume, H-P., Fleige, H., Horn, R., Kandeler, E., Kögel-Knabner, I., Kretschmar, R., Stahr, K., B.-M. W. (2018). *Scheffer Schachtschabel: Lehrbuch der Bodenkunde ebook | Weltbild.ch* (17th ed.). Springer Spektrum. <http://www.weltbild.ch/3/16844950-1/ebook/scheffer-schachtschabel-lehrbuch-der-bodenkunde.html?wea=2225271>
- Araújo, M. C. B., & Costa, M. F. (2019). A critical review of the issue of cigarette butt pollution in coastal environments. *Environmental Research*, 172(February), 137–149. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.02.005>
- Bayer, W., Schmidt, K., & Schweizer, T. (2017). *Kompendium Schwermetalle: Toxische Wirkung von Schwermetallen, Diagnostik in Vollblut und Basalharn, Mobilisationsteste*. 49(0).
- Becherucci, M. E., Rosenthal, A. F., & Seco Pon, J. P. (2017). Marine debris in beaches of the Southwestern Atlantic: An assessment of their abundance and mass at different spatial scales in northern coastal Argentina. *Marine Pollution Bulletin*, 119(1), 299–306. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.04.030>
- Berg B, McClaugherty C (2008) *Plant Litter: Decomposition, Humus Formation and Carbon Sequestration*. Second Edition. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. 341p. PMID: 25506952
- Bergmann, M., Mützel, S., Primpke, S., Tekman, M. B., Trachsel, J., & Gerdt, G. (2019). White and wonderful? Microplastics prevail in snow from the Alps to the Arctic. *Science Advances*, 5(8), 1–11. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aax1157>
- Biswas, L., Harrison, E., Gong, Y., Avusula, R., Lee, J., Zhang, M., Rousselle, T., Lage, J., & Liu, X. (2016). Enhancing effect of menthol on nicotine self-administration in rats. *Psychopharmacology*, 233(18), 3417–3427. <https://doi.org/10.1007/s00213-016-4391-x>
- Bonanomi, G., Incerti, G., Cesarano, G., Gaglione, S. A., & Lanzotti, V. (2015). Cigarette butt decomposition and associated chemical changes assessed by ¹³C cpmas NMR. *PLoS ONE*, 10(1), 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0117393>
- Bonanomi, G., Incerti, G., Giannino, F., Mingo, A., Lanzotti, V., & Mazzoleni, S. (2013). Soil Biology & Biochemistry Litter quality assessed by solid state better than C / N and Lignin / N ratios C NMR spectroscopy predicts decay rate. *Soil Biology and Biochemistry*, 56, 40–48. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.03.003>
- Booth, D. J., Gribben, P., & Parkinson, K. (2015). Impact of cigarette butt leachate on tide-pool snails. *Marine Pollution Bulletin*, 95(1), 362–364. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.04.004>

- Davidson, E. A., & Janssens, I. A. (2006). Decomposition and feedbacks to climate change. *Nature*, 440(March). <https://doi.org/10.1038/nature04514>
- Deutsches Krebsforschungszentrum (dkfz.). (2012). *Erhöhtes Gesundheitsrisiko durch Tabakzusatzstoffe*.
- Dieng, H., Saifur, R. G. M., Ahmad, A. H., Md Rawi, C. S., Boots, M., Satho, T., Zuharah, W. F., Fadzly, N., Althbyani, A., Miake, F., Jaal, Z., & Abubakar, S. (2011). Discarded cigarette butts attract females and kill the progeny of aedes albopictus. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 27(3), 263–271. <https://doi.org/10.2987/11-6124.1>
- Dobaradaran, S., Schmidt, T. C., Nabipour, I., Ostovar, A., Raeisi, A., Saeedi, R., Khorsand, M., Khajeahmadi, N., & Keshtkar, M. (2018). Cigarette butts abundance and association of mercury and lead along the Persian Gulf beach: an initial investigation. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(6), 5465–5473. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0676-9>
- Drope, J., Schluger, N., Cahn, Z., Drope, J., Hamill, S., Islami, F., Liber, A., Nargis, N., & Stoklosa, M. (2018). *The Tobacco Atlas, Sixth edition jeffrey drope and neil w. schluger, editors*. American Cancer Society and Vital Strategies.
- Frame, J., & Newbould, P. (1986). Agronomy of White Clover. *Advances in Agronomy*, 40(C), 1–88. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60280-1](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60280-1)
- Gill, H., Rogers, K., Rehman, B., Moynihan, J., & Bergey, E. A. (2018). Cigarette butts may have low toxicity to soil-dwelling invertebrates: Evidence from a land snail. *Science of the Total Environment*, 628–629, 556–561. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.080>
- Green, D. S., Boots, B., Da Silva Carvalho, J., & Starkey, T. (2019). Cigarette butts have adverse effects on initial growth of perennial ryegrass (gramineae: Lolium perenne L.) and white clover (leguminosae: Trifolium repens L.). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 182(July), 109418. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109418>
- Hoffmann, D., & Hoffmann, I. (1997). The changing cigarette, 1950-1995. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 50(4), 307–364. <https://doi.org/10.1080/009841097160393>
- Hoffmann, D., & Wynder, E. L. (1963). Filtration of phenols from cigarette smoke. *Journal of the National Cancer Institute*, 30(1), 67–84. <https://doi.org/10.1093/jnci/30.1.67>
- Hon, N. S. (1977). Photodegradation of Cellulose Acetate Fibers. *J Polym Sci Polym Chem Ed*, 15(3), 725–744. <https://doi.org/10.1002/pol.1977.170150319>
- Iori, V., Pietrini, F., Bianconi, D., Mughini, G., Massacci, A., & Zacchini, M. (2017). Analysis of biometric, physiological, and biochemical traits to evaluate the cadmium phytoremediation ability of eucalypt plants under hydroponics. *IForest*, 10(2), 416–421. <https://doi.org/10.3832/ifor2129-009>
- Ivar do Sul, J. A., Barnes, D. K. A., Costa, M. F., Convey, P., Costa, E. S., & Campos, L. (2011). Plásticos no ecossistema Antártico: Será que estamos vendo somente a ponta do iceberg? *Oecologia Australis*, 15(1), 150–170. <https://doi.org/10.4257/oeco.2011.1501.11>

- Joly, F. X., & Coulis, M. (2018). Comparison of cellulose vs. plastic cigarette filter decomposition under distinct disposal environments. *Waste Management*, 72, 349–353. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.11.023>
- Karačonji, B. I. (2005). Facts about nicotine toxicity. *Arhiv Za Higijenu Rada i Toksikologiju*, 56(4), 363–371.
- Kloft, A. L., Zulauf, N., & Oremek, G. M. (2020). Toxicity of the tobacco plant (poisonous plant of the year 2009). *Zentralblatt Fur Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz Und Ergonomie*, 70(4), 189–192. <https://doi.org/10.1007/s40664-020-00385-8>
- Kosuth M., E. V. Wattenberg, S. A. Mason, C. Tyree, D. M. (2017). Synthetic Polymer Contamination in Global Drinking Water. https://orbmedia.org/stories/Invisibles_final_report
- Lambrechts, T., Lequeue, G., Lobet, G., Godin, B., Bielders, C. L., & Lutts, S. (2014). *Comparative analysis of Cd and Zn impacts on root distribution and morphology of Lolium perenne and Trifolium repens : implications for phytostabilization*. 229–244. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1975-7>
- Lee, W., & Lee, C. C. (2015). Developmental toxicity of cigarette butts - An underdeveloped issue. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 113(2014), 362–368. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.12.018>
- Mathan, J., Bhattacharya, J., & Ranjan, A. (2016). Enhancing crop yield by optimizing plant developmental features. *Development (Cambridge)*, 143(18), 3283–3294. <https://doi.org/10.1242/dev.134072>
- Merckel, C., & Pragst, F. (2007). Tabakzusatzstoffe in Zigaretten - Verwendungszweck und Gefahrenpotential. *Journal Für Verbraucherschutz Und Lebensmittelsicherheit*, 2(3), 287–301. <https://doi.org/10.1007/s00003-007-0196-5>
- Moerman, J. W., & Potts, G. E. (2011). Analysis of metals leached from smoked cigarette litter. *Tobacco Control*, 20(1 SUPPL), 30–35. <https://doi.org/10.1136/tc.2010.040196>
- Moriwaki, H., Kitajima, S., & Katahira, K. (2009). Waste on the Roadside , ‘ poi-sute ’ waste : Its distribution and elution potential of pollutants into environment. *Waste Management*, 29(3), 1192–1197. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.08.017>
- Novotny, T. E., Hardin, S. N., Hovda, L. R., Novotny, D. J., McLean, M. K., & Khan, S. (2011). Tobacco and cigarette butt consumption in humans and animals. *Tobacco Control*, 20(1 SUPPL), 17–20. <https://doi.org/10.1136/tc.2011.043489>
- Novotny, T. E., Lum, K., Smith, E., Wang, V., & Barnes, R. (2009). Cigarettes butts and the case for an environmental policy on hazardous cigarette waste. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 6(5), 1691–1705. <https://doi.org/10.3390/ijerph6051691>
- Novotny, T. E., & Slaughter, E. (2014). Tobacco Product Waste: An Environmental Approach to Reduce Tobacco Consumption. *Current Environmental Health Reports*, 1(3), 208–216. <https://doi.org/10.1007/s40572-014-0016-x>
- Ocean Conservancy. (2018). *Building a Clean Swell - International Coastal Cleanup 2018 Report*. 28. <https://doi.org/10.1108/17595901011080904>

- Patel, V., Thomson, G. W., & Wilson, N. (2013). Cigarette butt littering in city streets: A new methodology for studying and results. *Tobacco Control*, 22(1), 59–62. <https://doi.org/10.1136/tobaccocontrol-2012-050529>
- Pidoplichko, V. I., DeBiasi, M., Williams, J. T., & Dani, J. A. (1997). Nicotine activates and desensitizes dopamine neurons in a reinforcement center. *Nature*, 390(Nov 27), 401–404.
- Pötschke-Langer, M. D., Kahnert, S. D.-B., Schaller, K. D., Viarisio, V. D., Heidt, C. D.-B., Schunk, S., Mons, U. D., & Fode, K. (2015). *Tabakatlas Deutschland*. Pabst Science Publishers. www.tabakkontrolle.de
- Rath, J. M., Rubenstein, R. A., Curry, L. E., Shank, S. E., & Cartwright, J. C. (2012). Cigarette litter: Smokers attitudes and behaviors. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 9(6), 2189–2203. <https://doi.org/10.3390/ijerph9062189>
- Register, B. K. M. (2000). Cigarette Butts as Litter: toxic as well as ugly?. *Bulletin of the American Littoral Society*, 25.
- Roder Green, A. L., Putschew, A., & Nehls, T. (2014). Littered cigarette butts as a source of nicotine in urban waters. *Journal of Hydrology*, 519(PD), 3466–3474. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.05.046>
- Rodet, G., Vaissière, B. E., Brévault, T., & Grossa, J. P. T. (1998). Status of self-pollen in bee pollination efficiency of white clover (*Trifolium repens* L.). *Oecologia*, 114(1), 93–99. <https://doi.org/10.1007/s004420050424>
- Rodgman, A., & Perfetti, T. A. (2013). *The Chemical components of Tobacco and Tobacco Smoke* (2nd ed.). <https://doi.org/10.1080/15388220.2010.539167>
- Schultz, P. W., Bator, R. J., Large, L. B., Bruni, C. M., & Tabanico, J. J. (2012). Littering in Context: Personal and Environmental Predictors of Littering Behavior. *Environment and Behavior*, 45(1), 35–59. <https://doi.org/10.1177/0013916511412179>
- Selmar, D., Engelhardt, U. H., Hänsel, S., Thräne, C., Nowak, M., & Kleinwächter, M. (2015). Nicotine uptake by peppermint plants as a possible source of nicotine in plant-derived products. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(3), 1185–1190. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0298-x>
- Selmar, D., Radwan, A., Abdalla, N., Taha, H., Wittke, C., El-Henawy, A., Alshaal, T., Amer, M., Kleinwächter, M., Nowak, M., & El-Ramady, H. (2018). Uptake of nicotine from discarded cigarette butts - A so far unconsidered path of contamination of plant-derived commodities. *Environmental Pollution*, 238, 972–976. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.01.113>
- Slaughter, E., Gersberg, R. M., Watanabe, K., Rudolph, J., Stransky, C., & Novotny, T. E. (2011). Toxicity of cigarette butts, and their chemical components, to marine and freshwater fish. *Tobacco Control*, 20(1 SUPPL), 25–29. <https://doi.org/10.1136/tc.2010.040170>
- Tangahu, B. V., Rozaimah, S., Abdullah, S., Basri, H., Idris, M., Anuar, N., & Mukhlisin, M. (2011). *A Review on Heavy Metals (As , Pb , and Hg) Uptake by Plants through Phytoremediation*. 2011. <https://doi.org/10.1155/2011/939161>

- Wicke, D., Matzinger, A., Caradot, N., Sonnenberg, H., Schubert, R., & Von, D. (2016). *Extent and dynamics of classic and emerging contaminants in stormwater of urban catchment types* *Quantité et dynamique des contaminants conventionnels et émergents dans les eaux pluviales de bassins versants types*. 1–5.
- Wickham, R. J. (2015). How menthol alters tobacco-smoking behavior: A biological perspective. *Yale Journal of Biology and Medicine*, 88(3), 279–287.
- Yahyazadeh, M., Nowak, M., Kima, H., & Selmar, D. (2017). Horizontal natural product transfer: A potential source of alkaloidal contaminants in phytopharmaceuticals. *Phytomedicine*, 34, 21–25. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2017.07.007>
- Zengin, F. K., & Munzuroglu, O. (2005). Effects of some heavy metals on content of chlorophyll, proline and some antioxidant chemicals in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 47(2), 157–164.
- Zhou, G., Zhou, X., Nie, Y., Bai, S. H., Zhou, L., Shao, J., Cheng, W., Wang, J., Hu, F., & Fu, Y. (2018). Drought-induced changes in root biomass largely result from altered root morphological traits: Evidence from a synthesis of global field trials. *Plant Cell and Environment*, 41(11), 2589–2599. <https://doi.org/10.1111/pce.13356>
- Zugenmaier, P. (2004). Characterization and physical properties of cellulose acetates. *Macromolecular Symposia*, 208, 81–166. <https://doi.org/10.1002/masy.200450407>

Weblinks

- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. *Tabakerzeugnisse*. https://service.bmel.de/tabakerzeugnisse/index2.php?detail_id=106684&site_key=153&stichw_suche=boston&zeilenzahl_zaeher=14 (Geöffnet am 20.06.2020)
- Deutsche Krebsgesellschaft. (2018). *www.krebsgesellschaft.de, Zahlen und Fakten*. <https://www.krebsgesellschaft.de/onko-internetportal/basis-informationen-krebs/bewusst-leben/rauchen-zahlen-und-fakten.html> (geöffnet am 03.06.2020)
- Detloff, K. (2019). Was hilft im Kampf gegen Kippen auf der Straße? *Deutschlandfunk Kultur*. https://www.deutschlandfunkkultur.de/umweltproblem-zigarettenstummel-was-hilft-im-kampf-gegen.1008.de.html?dram:article_id=455710 (geöffnet am 02.08.2020)
- Kippen sind echte Umwelt-Killer. (2019). *Ntv*. <https://www.n-tv.de/wissen/Kippen-sind-echte-Umwelt-Killer-article20871052.html> (geöffnet am 26.08.2020)
- Korte, N. (2017). Show- oder Schockeffekt? *Spiegel Online*. <https://www.spiegel.de/gesundheit/diagnose/warnbilder-auf-zigaretenschachteln-schockeffekt-bislang-kaum-nachweisbar-a-1131245.html> (geöffnet am 16.08.2020)
- Patalong, F. (2011). Qual kommt von Qualmen. *Spiegel Online*. <https://www.spiegel.de/panorama/gesellschaft/anti-raucher-kampagne-qual-kommt-von-qualmen-a-769543.html> (geöffnet am 20.08.2020)
- Rauchstoppzentrum. *Inhaltstoffe der Zigarette*. <http://www.rauchstoppzentrum.ch/0189fc92f11229701/0189fc93040dae802/> (geöffnet am 03.06.2020)

RND (Redaktionsnetzwerk Deutschland) (03.07.2020.) Bundestag beschließt neue Werbeverbote für Zigaretten. <https://www.rnd.de/politik/zigarettenwerbung-bundestag-beschliesst-neue-werbeverbote-fur-zigaretten-JMTLROVPCWY52HQTSVD6YBSKHY.html>

Stadtreinigung Hamburg. *Die roten Kisten mit den frechen Sprüchen.*
<https://www.stadtreinigung.hamburg/privatkunden/strassenundwege/papierkoerbe/index.html> (geöffnet am 02.09.2020)

Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein. (2020). *Regionaldaten für Hamburg.*
http://region.statistik-nord.de/detail/1010000000000000000/2/#meine_region_subsection11_1108 (geöffnet am 03.06.2020)

Thompson, R. (2013). *Plastic Entanglements Increase 40% for Marine Animals.*
http://www.oceanhealthindex.org/news/Death_By_Plastic (geöffnet am 16.08.2020)

Deutscher Zigarettenverband (DZV). *Umweltschutz @ www.zigarettenverband.de.*
<https://www.zigarettenverband.de/themen/umweltschutz#1565175834125-6d91d725-300e>

Initiativen und innovative Ideen:

Ballot Bins <https://ballotbin.co.uk/>

Die Aufheber <https://aufheber.org/>

Greenbutts <https://www.green-butts.com/>

Tobacycle <https://tobacycle.de/>

Gesetze:

Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz: Verordnung über Tabakerzeugnisse und verwandte Erzeugnisse (Tabakzeugnisverordnung – TabakerzV) §30 Warnhinweis
https://www.gesetze-im-internet.de/tabakerzv/_30.html

Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz: Verordnung über Tabakerzeugnisse und verwandte Erzeugnisse (Tabakzeugnisverordnung – TabakerzV) Anlage 1 zu §4, Verbotene Zusatzstoffe in Tabakerzeugnissen
https://www.gesetze-im-internet.de/tabakerzv/anlage_1.html

Bundesamt für Justiz und für Verbraucherschutz: Gesetz zur Einführung eines Rauchverbotes in Einrichtungen des Bundes und öffentlichen Verkehrsmitteln (Bundesnichtraucherschutzgesetz – BnichtrSchG) §1 Rauchverbot

http://www.gesetze-im-internet.de/bnichtrschg/_1.html

Bußgeldkatalog 2020 <https://www.bussgeldkatalog.org/umwelt-muell/#hh>

Filme/Dokumentationen:

Root, T. (2019). *Cigarette butts are toxic plastic pollution. Should they be banned?* In Corporation with National Geographic

<https://www.nationalgeographic.com/environment/2019/08/cigarettes-story-of-plastic/>

ZDF Dokumentation (2018). *Gift im Zigarettenfilter - wie Glimmstängel der Umwelt schaden.*

<https://www.zdf.de/dokumentation/planet-e/planet-e-gift-im-zigarettenfilter-100.html>

Anhang:

Daten der Blumenerde				
Marke	Neudorff (NeudoHum Blumenerde) 20L			
Zusammensetzung	Holzfaser & Rindenumus, Kokosfaser, Grüngutkompost, Tonminerale, Guano von Seevögeln. Pflanzliche Stoffe als Lebens-, Futter- und Genussmittelherstellung, pflanzliche Stoffe aus Algen			
pH-Wert	6,7 CaCl ₂	Nebenbestandteile [mg/l]:	N	180
Organische Substanz:	26%		P2O ₂	125
Salz:	1,4 g/l		K ₂ O	600
			Mg	110
			S	170

Anhang 1: Daten der verwendeten Blumenerde als Nährboden für den Weißklee

Anhang 2: Liste der Inhaltsstoffe der im Versuch verwendeten Zigarettenmarke BOSTON. Links stehen die Inhaltsstoffe und rechts der jeweilige Gehalt des Inhaltsstoffes der in einer Zigarettenprodukteinheit enthalten ist und die Funktion des Stoffes.

MARKENNAME:	BOSTON
HERSTELLER ODER IMPORTEUR:	Heintz Van Landewyck GmbH
MARKEN-MERKMAL:	CP19/CP24
LAND:	DE
JAHR:	2011
PRODUKTTYP:	Zigaretten
GEHALTE:	Teer: 10 mg / Zigarette Nikotin: 0,8 mg / Zigarette CO: 10 mg / Zigarette
GEWICHT PRODUKTEINHEIT:	902 mg
GEWICHT TABAKANTEIL:	700 mg
CELLULOSE DIACETAT	Menge: 127,050997782705 mg Kategorie: Filtermaterial (unverbrannt) Funktion: Filtrationsmaterial
WATER, PURIFIED, AND/OR DISTILLED AND/OR DEIONIZED AND/OR MINERAL	Menge: 42,7863048780488 mg Kategorie: Tabak (verbrannt) Funktion: Katalysator, Lösungsmittel
CELLULOSEFASER	Menge: 27,4814627539078 mg Kategorie: Zigarettenpapier (verbrannt) Funktion: Faserstoff
CELLULOSE	Menge: 18,3671840354767 mg Kategorie: Mundstücksbelagpapier und -farben (unverbrannt) Funktion: Faserstoff
INVERTZUCKER	Menge: 15,6124290465632 mg Kategorie: Tabak (verbrannt) Funktion: Aromastoff, Feuchthaltemittel
CELLULOSEFASER	Menge: 15,251312195122 mg Kategorie: Filterumhüllungspapier (unverbrannt) Funktion: Faserstoff

1,2-PROPYLENGLYKOL	Menge: 15,1759922394678 mg Kategorie: Tabak (verbrannt) Funktion: Feuchthaltemittel,Lösungsmittel
GLYCEROL	Menge: 14,6836563192905 mg Kategorie: Tabak (verbrannt) Funktion: Feuchthaltemittel,Katalysator
KALKSTEIN, CALCIUMCARBONAT	Menge: 12,026988180575 mg Kategorie: Zigarettenpapier (verbrannt) Funktion: Füllstoff
TRIACETIN	Menge: 9,31263858093127 mg Kategorie: Filtermaterial (unverbrannt) Funktion: Weichmacher
WATER, PURIFIED, AND/OR DISTILLED AND/OR DEIONIZED AND/OR MINERAL	Menge: 9,04656319290466 mg Kategorie: Filtermaterial (unverbrannt) Funktion: Filterelement,Katalysator
ETHYLENVINYLACETAT CO-POLYMER	Menge: 7,5 mg Kategorie: Filterleim (unverbrannt) Funktion: Bindemittel
KALKSTEIN, CALCIUMCARBONAT	Menge: 3,86520266075388 mg Kategorie: Mundstücksbelagpapier und - farben (unverbrannt) Funktion: Füllstoff
CELLULOSEFASER	Menge: 2,48337028824834 mg Kategorie: Tabak (verbrannt) Funktion: Faserstoff
KALKSTEIN, CALCIUMCARBONAT	Menge: 2,26607538802661 mg Kategorie: Tabak (verbrannt) Funktion: Füllstoff
POLYVINYL ALKOHOL	Menge: 2 mg Kategorie: Filterleim (unverbrannt) Funktion: Klebstoff,Bindemittel
PUBLIC: TOBACCO INGREDIENTS BELOW 0.1% W/W	Menge: 1,68925300665189 mg Kategorie: Tabak (verbrannt) Funktion: Sonstige Funktionen
COCOA PULVER	Menge: 1,61592027716186 mg Kategorie: Tabak (verbrannt) Funktion: Aromastoff
PUBLIC: CIGARETTE PAPER INGREDIENTS BELOW 0.1% W/W	Menge: 1,45719481368742 mg Kategorie: Zigarettenpapier (verbrannt) Funktion: Sonstige Funktionen
EISENOXIDEN (ROT, GELB, SCHWARTZ)	Menge: 1,40711308203991 mg Kategorie: Mundstücksbelagpapier und - farben (unverbrannt) Funktion: Farbstoff
PUBLIC: TIPPING PAPER AND TIPPING PAPER INK BELOW 0.1% W/W	Menge: 1,26515654101996 mg Kategorie: Mundstücksbelagpapier und - farben (unverbrannt) Funktion: Sonstige Funktionen
WEISSÖL, VASELINEÖL	Menge: 1,19733924611973 mg Kategorie: Filtermaterial (unverbrannt) Funktion: Filterelement,Katalysator
TITANDIOXID	Menge: 1,06430155210643 mg Kategorie: Filtermaterial (unverbrannt) Funktion: Füllstoff
KOHLLENWASSERSTOFFWACHSE (ERDÖL), MIT WASSERSTOFF BEHANDELTE MIKROKRISTALLINE	Menge: 1 mg Kategorie: Nahtleim (verbrannt) Funktion: Bindemittel

PUBLIC: VERWRAP INGREDIENTS BELOW 0.1% W/W	Menge: 0,637463414634146 mg Kategorie: Filterumhüllungspapier (unverbrannt) Funktion: Sonstige Funktionen
PUBLIC: FILTRATION MATERIALS BELOW 0.1% W/W	Menge: 0,266075388026608 mg Kategorie: Filtermaterial (unverbrannt) Funktion: Katalysator
PUBLIC: SIDESEAM ADHESIVES BELOW 0.1% W/W	Menge: 0,225 mg Kategorie: Nahtleim (verbrannt) Funktion: Sonstige Funktionen
PUBLIC: INKS BELOW 0.1% W/W	Menge: 0,072 mg Kategorie: Stempelfarbe (verbrannt) Funktion: Sonstige Funktionen