

Universität für Bodenkultur Wien
University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna

Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt
Institut für Siedlungswasserbau, Industriewasserwirtschaft und Gewässerschutz



ÖSTERREICHISCHE GOLFPLÄTZE UND DEREN EINFLUSS AUF DIE LOKALE GRUNDWASSERQUALITÄT

916113 Interdisziplinäres Projekt UBRM 2020W

bearbeitet von:

AMENDOLA, BIAGIO 11717805

LAZIC, TANJA 11770765

MENZ, ALEXANDRA 11806864

SVOBODA, MARLIES 11801042

VRLJANOVIC, TEA 11804704

Betreuer: Dipl.-Ing. Alexander Pressl

Kurzfassung / Abstract

Die vorliegende Arbeit untersucht die Einflussnahme von Pflegemaßnahmen auf die lokale Grundwasserqualität seit den letzten 30 Jahren auf österreichischen Golfplätzen.

Im Rahmen eines studentischen Projektes bedient man sich einer Literaturrecherche sowie quantitativer und qualitativer Forschungsmethoden in Form eines Online-Fragebogens und Expert*innen-Interviews von österreichischen Golfplätzen.

Diese wissenschaftliche Arbeit liefert die Erkenntnis, dass veränderte Klimaverhältnisse, welche mittelfristig in den letzten 30 Jahren erkennbar sind, angepasste Pflegemaßnahmen verlangen, die das vermehrte Auftreten von Extremwetterereignissen in der Zukunft berücksichtigen.

Besonders der verstärkte Einsatz von Bodenbearbeitungsmaßnahmen kann dabei die ausgetragene Dünger- und Pestizidmenge vermindern und somit Auswaschungen in das lokale Grundwasser reduzieren. Zudem trägt die Einhaltung der vorgeschriebenen Werte bei der Golfplatzpflege laut Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser zum Erhalt des Zustands der Grundwasserqualität vor Ort bei.

Keywords: Grundwasserqualität, Pflege- und Bodenbearbeitungsmaßnahmen, Dünger- und Pestizideinsatz

Namen der Autor*innen: Biagio Amendola, Tanja Lazic, Alexandra Menz, Marlies Svoboda, Tea Vrljanovic

Inhaltsverzeichnis

1.	<i>Einleitung</i>	1
2.	<i>Allgemeine Grundlagen</i>	3
2.1	Dimensionen und Aufbau von Golfplätzen in Österreich	3
2.2	Rechtliche Grundlagen in Österreich	5
2.3	Allgemeines Pflegemanagement auf Golfplätzen in Österreich	8
2.4	Dünger- und Pestizideinsatz auf österreichischen Golfplätzen	12
2.5	Interaktion Boden-Pflanze-Grundwasser	17
3.	<i>Material und Methoden</i>	20
4.	<i>Ergebnisse</i>	22
4.1	Literaturergebnisse	22
4.2	Metadaten der teilgenommenen Golfclubs	24
4.3	Düngerausbringung auf österreichischen Golfplätzen	25
4.4	Pestizideinsatz auf österreichischen Golfplätzen.....	30
4.5	Einflussnahme von Bodeneigenschaften und Pflanzen auf die Grundwasserqualität 34	
4.6	Gegenwärtige sowie zukünftige Maßnahmen zum Erhalt der Grundwasserqualität 38	
5.	<i>Diskussion und Schlussfolgerung</i>	40
5.1	Einflüsse auf die Düngereinsparung und Düngerausbringung	40
5.2	Organischer Dünger als Chance zur grundwasserschonenden Golfgrünpflege	41
5.3	Schädlingsbekämpfung auf Golfplätzen.....	41
5.4	Potentielle Beeinflussung der Grundwasserqualität durch den Faktor Boden	42
5.5	Grundwasserschutz heute und in der Zukunft	44
5.6	Auswirkungen des Klimawandels auf Golfplätze in Österreich	44
5.7	Aufgetretene Schwierigkeiten.....	45
6.	<i>Zusammenfassung und Ausblick</i>	47
7.	<i>Literaturverzeichnis</i>	48
8.	<i>Anhang</i>	51
8.1	Interviewleitfaden der Expert*innen-Interviews	51
8.2	Fragebogen der Online-Umfrage.....	53
9.	<i>Eidesstattliche Erklärung</i>	63

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verteilung der Golfplätze in Österreich (nach Österreichischer Golf-Verband (ÖGV), Golf in Österreich, 2019).	4
Abbildung 2: Anzahl der Golfplätze in Österreich von 2010 bis 2018 (KPMG, 2010; 2011; 2013; 2016; 2018; 2019).....	4
Abbildung 3: Aufbau eines Golfplatzes (Golfstunde, s.a.).....	5
Abbildung 4: Schematischer Aufbau eines Grüns (FLL, 2020).....	18
Abbildung 5: Bodenprofil vor und nach dem Einbauen einer Rasentragschicht (Krčmář et al., 2014).....	22
Abbildung 6: Anzahl der Loch auf den online-befragten Golfplätzen (n=21).....	24
Abbildung 7: Eingesetzte Pestizide und Düngermittel (n=21).....	25
Abbildung 8: Düngerausbringungsmenge der online-befragten Golfplätze (n=20).....	30
Abbildung 9: Vermehrt auftretende Krankheitserreger / Schadorganismen (n=20).	31
Abbildung 10: Eingesetzte Pestizid- und Düngermittel (n=21).....	32
Abbildung 11: Pestizidausbringungsmenge der online-befragten Golfplätze (n=18).	33
Abbildung 12: Vorherrschende Bodenarten auf den online-befragten Golfplätzen (n=20).	34
Abbildung 13: Getroffene Pflegemaßnahmen der teilgenommenen Golfplätze für Boden und Rasen (n=21).....	35
Abbildung 14: Getroffene Maßnahmen der online-befragten Golfclubs zur Vermeidung von Pilzkrankheiten (n=20).....	36
Abbildung 15: Getroffene Maßnahmen der online-befragten Golfclubs bei Hitze- und Dürreperioden (n=21).	37
Abbildung 16: Messung der Güteparameter im Grundwasser der online-befragten Golfclubs (n=20).....	38

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anzahl der Golfplätze in Österreich nach Bundesländern im Jahr 2019 (Statista Research Department, 2020a, modifiziert).	3
Tabelle 2: Schwellenwerte der Pestizidrückstände im Grundwasser (Anlage 1, QZV Chemie GW).	7
Tabelle 3: Schnitthäufigkeit und Schnitthöhe golftechnischer Flächen (nach Schneider et. al., 2012, modifiziert).	9
Tabelle 4: Nährstoffzusammensetzung in Prozent (nach Compo-Expert, s.a., modifiziert).....	13
Tabelle 5: Häufig angewendete grundwasserschonende Pestizide (Neururer 2013, modifiziert).	15
Tabelle 6: Standort der befragten Golfplätze des Fragebogens (n=21).	24
Tabelle 7: NPK-Düngerzusammensetzung der interviewten Golfplätze (N:P:K).....	26
Tabelle 8: Zeitliche Düngerausbringung der interviewten Golfplätze in Monaten.	28
Tabelle 9: Ausgebrachte Düngermenge in Stickstoff auf verschiedenen Golfplatzelementen in g/m ²	29
Tabelle 10: Einsatz unterschiedlicher Pestizidwirkstoffe von den interviewten Golfplätzen.	32

1. Einleitung

Der Golfsport im Inland zählt zu einer bedeutsamen Sportart für viele Österreicher*innen und bezifferte sich Ende 2019 auf eine Vereinsmitgliederzahl von 101.710 Personen (Statista Research Department, 2020b). Das Erscheinungsbild einer Golfanlage kann bei Außenstehenden einen naturnahen und umweltverträglichen Eindruck hinterlassen. Unbedacht bleibt oftmals, dass die Rasenfläche vieler Pflegemaßnahmen bedarf, um die optimale Beispielbarkeit gewährleisten zu können.

Diese wissenschaftliche Arbeit beschäftigt sich mit den Rasenpflegemaßnahmen in Bezug auf ihren Einfluss auf die lokale Qualität des Grundwassers. Im Fokus stehen hierfür der Pestizideinsatz, die Düngung sowie die Anwendung mechanischer Bodenbearbeitungsmaßnahmen.

Die beispielbaren Flächen werden intensiv beansprucht und benötigen einen auf die Fläche angepassten Pflegebedarf, während die Flächen abseits der Spielbahnen als naturnahe und biodiversitätsschützende Räume genutzt werden können. Neben den Golfflächen spielt der Schutz des lokalen Grundwassers auf Golfanlagen eine wichtige Rolle. Das unterirdische Grundwasser ist eine potentielle Ressource für die Gewinnung von Trinkwasser und muss deshalb besonders geschützt werden.

Die Verfasser*innen dieser Arbeit haben sich für das Thema entschieden, da man sich zuvor persönlich noch nicht wirklich mit der Sportart Golf bzw. einer Golfanlage auseinandergesetzt hat. Neugier wurde durch ein Einstiegsvideo im Rahmen einer Themenfindung für ein interdisziplinäres Projekt erweckt, wodurch man zum ersten Mal den Golfplatz kritisch betrachtet hat. Im Laufe dieser wissenschaftlichen Arbeit haben die Verfasser*innen festgestellt, dass viele Menschen die Sportart kennen, sich aber nicht des Pflegeaufwandes der Greenkeeper*innen, die den Golfplatz in einem optimal beispielbaren Zustand erhalten, bewusst sind.

Durch das Interesse an dem Thema bearbeiteten die Verfasser*innen folgende Forschungsfrage: **Welchen Einfluss haben Pflegemaßnahmen auf österreichischen Golfplätzen seit den letzten 30 Jahren auf die Grundwasserqualität vor Ort?** Das Ziel dieser Arbeit ist es herauszufinden, ob die aktuellen Pflegemaßnahmen die Qualität des Grundwassers im Bereich von Golfplätzen beeinträchtigen und welche Faktoren im Umgang mit der Ressource Grundwasser eine Rolle spielen.

Ergänzend zum theoretischen Wissen aus diversen wissenschaftlichen Berichten ermöglicht der Kontakt zu Greenkeeper*innen einen Einblick in die tatsächliche Arbeitsweise der Fachkräfte. Die praktische Wissensübergabe schafft ein reales Abbild üblicher Vorgehensweisen auf österreichischen Golfplätzen. Zusätzlich werden die Ergebnisse einer Online-Umfrage herangezogen, um eine statistische Datenerhebung darzustellen. Dies ermöglicht die Ergebnisse des Fragebogens mit den Expert*innenmeinungen im Kontext zu setzen.

Der Aufbau der Arbeit beginnt bei den allgemeinen Grundlagen zu dem Thema und geht über zu den empirisch erhobenen Ergebnissen, die anschließend diskutiert und interpretiert werden. Abschließend folgt ein Ausblick in Bezug auf Verbesserungspotentiale in der Grundwasserschonung auf Golfplätzen.

2. Allgemeine Grundlagen

2.1 Dimensionen und Aufbau von Golfplätzen in Österreich

In Österreich gibt es aktuell 157 Golfplätze. Die genaue Anzahl der Golfplätze in den einzelnen Bundesländern lässt sich aus Tabelle 1 herauslesen (nach Statista Research Department, 2020a).

Tabelle 1: Anzahl der Golfplätze in Österreich nach Bundesländern im Jahr 2019 (Statista Research Department, 2020a, modifiziert).

Bundesland	Anzahl der Golfplätze
Niederösterreich	41
Steiermark	27
Oberösterreich	27
Tirol	20
Salzburg	14
Kärnten	12
Vorarlberg	7
Wien	5
Burgenland	4

In

Abbildung 1 ist die räumliche Verteilung österreichischer Golfplätze dargestellt (Österreichischer Golfverband, 2020). Die

Abbildung 1 zeigt gut, dass der Großteil der Golfplätze in Niederösterreich, Steiermark und Oberösterreich konzentriert sind.

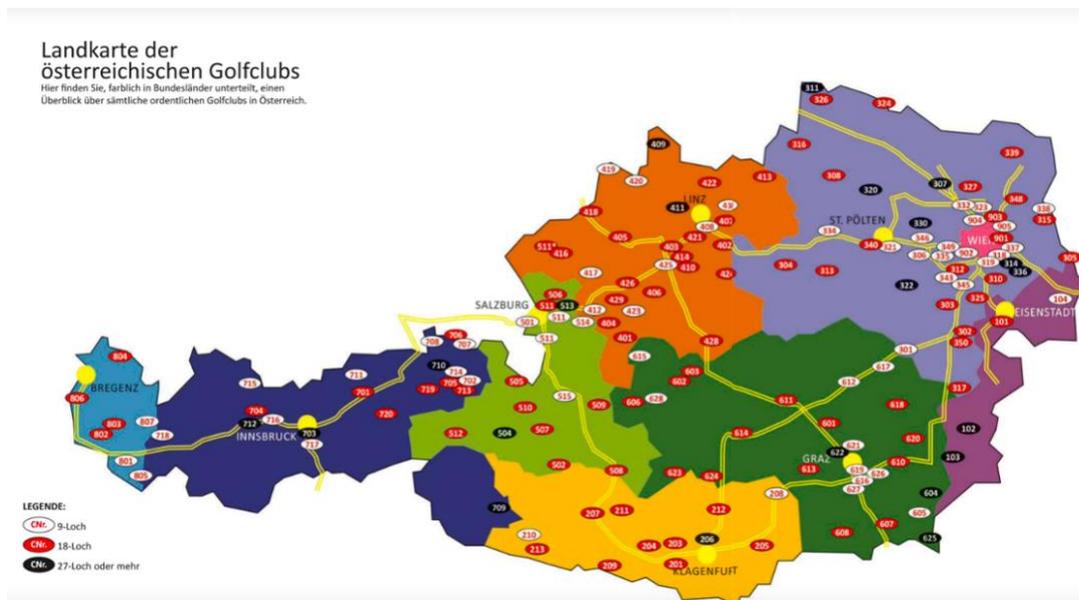


Abbildung 1: Verteilung der Golfplätze in Österreich (nach Österreichischer Golf-Verband (ÖGV), Golf in Österreich, 2019).

Abbildung 2 zeigt die Entwicklung der Anzahl an Golfplätzen der letzten zehn Jahre (KPMG, 2010; 2011; 2013; 2016; 2018; 2019).



Abbildung 2: Anzahl der Golfplätze in Österreich von 2010 bis 2018 (KPMG, 2010; 2011; 2013; 2016; 2018; 2019).

Die Anzahl an Golfplätzen ist in den letzten zehn Jahren etwas gestiegen, wobei im Jahr 2017 die meisten Golfplätze in Österreich verzeichnet worden sind.

Die Golfvereine in Österreich hatten Ende 2019 rund 101.710 Mitglieder. Die Mitgliederzahl schwankte in den Jahren 2009 bis 2019 von 100.351 im Jahr 2016 bis 104.736 im Jahr 2012. Dabei handelt es sich nur um Vereinsmitglieder, Golfspieler*innen ohne Vereinsmitgliedschaft sind hier nicht erfasst. In Österreich spielen etwa 1,2 % der Bevölkerung Golf, davon 57 % Männer, 35 % Frauen und 8 % Junioren (Statista Research Department, 2020b).

Aufbau eines Golfplatzes

Jeder Golfplatz besitzt eine gewisse Anzahl an „Loch“. Ein „Loch“ umfasst jeweils einen Abschlag, die Spielbahn mit Fairway, Semi-Rough, Rough und Hindernisse sowie das Grün (mit dem Loch). Die Länge der Spielbahnen variieren bei den einzelnen Golfanlagen, diese sind für Damen und Herren verschieden definiert und werden mit dem Begriff „Par“ bezeichnet. Der Flächenbedarf für das Golfspiel, die notwendigen Abstandsflächen sowie die Übungs- und Infrastruktureinrichtungen liegen bei einer Standard-Golfanlage in etwa bei 60 ha und bei Meisterschaftsplätzen bei rund 75 ha (Schneider et al., 2012). Der genaue schematische Aufbau eines Golfplatzes ist in Abbildung 3 dargestellt.



Abbildung 3: Aufbau eines Golfplatzes (Golfstunde, s.a.).

Zu den rein golftechnischen Flächen, auch Funktionsflächen genannt, zählen die Abschläge (Tees), Vorgrüns (Collars) und Grüns (Greens) sowie die Spielbahnen (Fairways und Semi-Rough). Abhängig von der Größe der Golfanlage gibt es verschiedene Natur- und Biotopflächen. Dazu zählen unter anderem Hochstaudenfluren, Hard-Roughs (extensive Mähwiesen), Walddichtungsfluren, Teiche oder Feuchtbiotope, Hecken sowie Wald (Schneider et al., 2012).

2.2 Rechtliche Grundlagen in Österreich

Das Österreichische Wasserrechtsgesetz trat 1959 in Kraft und dient als gesetzliches Regelwerk zur Bewirtschaftung und Beurteilung inländischer Gewässer. Die thematischen Schwerpunkte fokussieren sich auf die Benutzung sowie die Reinhaltung der Gewässer und den Schutz vor den Gefahren des Wassers (BMLRT, 2018).

Im Jahr 2000 vereinheitlichte die EU mittels der Einführung der EU-Wasserrahmenrichtlinie den rechtlichen Hintergrund für die Wasserpolitik aller Mitgliedstaaten. Das Ziel des umweltrechtlichen Ordnungsrahmens ist der Schutz der Binnenoberflächengewässer, der Übergangsgewässer, der Küstengewässer und des Grundwassers, welcher durch die Vermeidung einer Verschlechterung der aquatischen Ökosysteme, die Förderung nachhaltiger Wassernutzung sowie die Reduktion der Verschmutzung des Grundwassers gewährleistet werden kann. Unter anderem sind die Mitgliedsstaaten verpflichtet einen guten mengenmäßigen, wie auch chemischen Zustand in Bezug auf das Grundwasser zu erreichen und eine Verschlechterung zu verhindern (Artikel 1 WRRL; Umweltbundesamt GmbH, s.a.). Die EU Wasserrahmenrichtlinie wurde anschließend in das nationale Recht implementiert (Umweltbundesamt, s.a.).

Das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft sowie Umwelt und Wasserwirtschaft verabschiedete 2010 ein Bundesgesetz zur Qualitätszielverordnung der chemischen Bedingungen im Grundwasser (QZV Chemie GW, BGBl. II Nr. 98/2010). Um den Grundwasserschutz möglichst effektiv zu erzielen, stellt die Verordnung folgende Kriterien bezüglich des Verschlechterungsverbotes auf (§1 Abs. 1 Zi 1 ff. QZV Chemie GW):

- Festlegung von Schwellenwerten für Schadstoffe, welche entweder eine Gefahr für die Wasserversorgung oder eine nachhaltige Störung für die Grundwasserverhältnisse darstellen
- Erhebung der Messergebnisse wie auch Einteilung in Maßnahmenggebiete
- Untersuchung wesentlicher Trendentwicklungen
- Reduktion von direkten oder indirekten Schadstoffeinträgen in Grundwasserkörper
- Analyse und Monitoring des Schadstoffeintrags
- Mindestvoraussetzungen für den Inhalt von Bewilligungsbescheiden

Um einen guten chemischen Zustand bewerkstelligen zu können, müssen zufolge einer die im Grundwasser nachweislich vorhandenen Schadstoffe die dazu definierten Schwellenwerte unterschreiten (§4 Abs 1 QZV Chemie GW). Die Bezugswerte der Überwachung werden den Parameterblöcken Anlage 1 Spalte 1 entnommen (§ 4 Abs 1 QZV Chemie GW). Diese beinhalten gelöste Metalle, leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe und diverse Pestizide. Die Mehrheit davon wird in folgende Pestizidgruppen zusammengefasst: Triazine, Organochlorinsektizide, Phenylharnstoffe, Phenoxyalkancarbonsäuren, saure Herbizide und Sulfonylharnstoffe (Anlage 1 QZV Chemie GW). Die für diese Arbeit relevanten Parameter werden in Tabelle 2 aufgereiht.

Tabelle 2: Schwellenwerte der Pestizidrückstände im Grundwasser (Anlage 1, QZV Chemie GW).

Schadstoffe	Schwellenwert in mg/l
Pestizide	0,10
Aldrin	0,030
Dieldrin	0,030
Heptachlor	0,030
Heptachlorepoxid	0,030
Pestizide insgesamt	0,50
Nitrate	45
Orthophosphat	0,30

Unter der ersten Zeile „Pestizide“ sind organische Insektizide, organische Herbizide, organische Fungizide, organische Nematizide, organische Akarizide, organische Algizide, organische Rodentizide, organische Schleimbekämpfungsmittel sowie die relevanten Metaboliten, Abbau- und Reaktionsprodukte zu verstehen.

„Pestizide insgesamt“ fasst mengengemäß alle einzelnen gemessenen Pestizide zusammen und ermöglicht die quantitative Berücksichtigung der Schadstoffkonzentration. Dies ist erforderlich, wenn die einzelnen Werte den Schwellenwert zwar unterschreiten, in der Summe aber dennoch negativ auf den Zustand des Grundwassers einwirken. Mittels dieses Bezugswertes kann die Gefahr einer verzerrten Realitätsabzeichnung vermieden werden (Umweltbundesamt, 2009).

Um eine Gewässerbelastung durch überschüssiges Nitrat verhindern zu können, ordnete 1991 das Europäische Parlament und der Rat eine Nitratrichtlinie an (BLMRT, 2014). Die Mitgliedstaaten sind hierbei verpflichtet gefährdete Gebiete auszuweisen und zu überwachen sowie individuelle Aktionsprogramme zur Reduktion der Bodenimmissionen durch Stickstoffverbindungen durchzuführen (BMLR, 2014; Umweltbundesamt, 2009). Das österreichische Aktionsprogramm (NAPV, BGBl. II Nr. 385/2017) setzt sich aus folgenden Maßnahmen zusammen:

- zeitliche Ausbringungsverbote je nach Düngerart von frühestens 15. Oktober bis 15. Februar des Folgejahres (§2 Abs 1 NAPV)
- örtliche Einschränkungen der Ausbringung auf Nutzflächen in der Nähe von Gewässern (ausgenommen Beregnungsteiche) (§ 5 Abs 1 Zi1 ff. NAPV)
- Lagerung von Wirtschaftsdünger in Behältern müssen über einen Zeitraum von sechs Monaten erfolgen und in einer flüssigkeitsdichten Sammelgrube gelagert werden, welche mit einem geregelten Abfluss für Sickersäfte ausgestattet ist (§ 6 Abs 1 NAPV)
- Bedarfsgerechte Ausbringung des Stickstoffdüngers. Im Konkreten müssen Gaben von mehr als 100 kg Nitrat-N, Ammonium-N oder Amid-N aus mineralischem Dünger sowie über 100 kg Ammonium aus Wirtschaftsdünger pro Hektar und Jahr geteilt werden (§7 Abs 1 NAPV)
- Liste einer Mengenbeschränkung für das Ausbringen von stickstoffhaltigen Düngemitteln für konkrete Pflanzenarten (Anlage 3 NAPV)
- Ausweisung von Gebieten mit verstärkten Aktionen (§9 Abs 1-6 NAPV)

Das Düngemittelgesetz 1994 (DMG, BGBl. Nr.531/1994) sowie die 2004 erlassene Düngemittelverordnung (DüngemittelVO, BGBl. II Nr. 100/2004) besagen, dass Düngemittel nur in Verkehr gebracht werden dürfen, wenn diese keine Gefahr für die Bodenfruchtbarkeit, die pflanzliche, tierische und menschliche Gesundheit sowie für die Umwelt darstellen (§5 Abs 2 Zi 1

DMG; §2 Abs 1 Zi 1 DüngemittelVO). Des Weiteren sind in der Düngemittelverordnung Kennzeichnungsbestimmungen, erlaubte Abweichungen der gekennzeichneten Gehaltsangaben und Probenahmen des Düngerproduktes festgelegt (§3 DüngemittelVO; §§8, 9 DüngemittelVO).

Der chemisch gute Zustand des Grundwassers gilt als erreicht, wenn durch die nach Gewässerzustandsüberwachungsverordnung ermittelten Probeanalysen der Grundwasserkörper als nicht gefährdet eingestuft wird oder die Messungen zwar auf eine Schadeinwirkung schließen lassen, diese aber an weniger als der Hälfte der Messstellen gegeben ist. Ergänzende Toleranzkriterien bietet die Schadstofffracht der Oberflächengewässer, welche maximal 50 % betragen darf. Außerdem muss die Vermeidung des Schadstoffeintrags in unmittelbar abhängige Landökosysteme und ausbleibende Hinweise auf Salze und andere Intrusionen gegeben sein (§5 Abs 1 Zi 1ff. QZV Chemie GW).

2.3 Allgemeines Pflegemanagement auf Golfplätzen in Österreich

Der Sinn und Zweck eines Golfplatzes liegt in erster Linie in der Sportausübung. Die Anlage dient der Erholung, Freizeitaktivität sowie dem Austrag von sportlichen Wettbewerben. Um die beanspruchten Rasenflächen erhalten zu können, müssen Pflegemaßnahmen umgesetzt werden. Die klimatisch bedingten Wetterverhältnisse, die Wahl der Rasentragschicht, des Bewässerungssystems und -menge sowie der Einsatz von Dünger- und Pflanzenschutzmittel beeinflussen das Pflegemanagement auf Golfanlagen (Leinauer, 1997).

Allgemein gilt, dass alle Pflegemaßnahmen sowohl auf die momentanen Bedürfnisse des Bodens und des Rasens, als auch auf die Vorbeugung von Schädlingsbefall, Krankheiten und Fremdarten ausgerichtet werden (Schneider et. al, 2012).

Um die Spielbarkeit sowie die Ebenföchigkeit sicher zu stellen, ist eine regelmäßige Mahd auf eine bestimmte, festgelegte Höhe der verschiedenen Flächen essentiell. Die Schnitthäufigkeiten und Schnitthöhen, welche durch die spieltechnischen Erfordernisse bestimmt werden, sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Schnitthäufigkeit und Schnitthöhe golftechnischer Flächen (nach Schneider et. al., 2012, modifiziert).

Spielelement	Schnitthäufigkeit	Schnitthöhe
Vorgrün	3- bis 4-mal / Woche	10 bis 16 mm
Grün	5- bis 7-mal / Woche	3,5 bis 5 mm
Abschlag	2- bis 3-mal / Woche	10 bis 16 mm
Fairway	1- bis 3-mal / Woche	10 bis 25 mm

Laut Schneider et. al. (2012) sollte bei der Mahd des Rasens die Schnitt-Toleranz der angesäten Grasarten berücksichtigt werden, da ein zu kurzer und häufiger Schnitt physiologischen Stress wie Krankheitsanfälligkeit erhöhen kann.

Auf einigen Rasenflächen bilden sich sogenannte Filzschichten, abgestorbenes organisches Material, welches regelmäßig entfernt werden muss. Filzschichten können sich negativ auf die Rasengesundheit auswirken, da sie zu große Wassermengen speichern. In weiterer Folge bergen sie ein erhöhtes Infektionsrisiko und bieten Krankheitserregern eine Überdauerungsmöglichkeit. Außerdem nimmt der Sauerstoffgehalt im Boden ab, da die Filzschichten den Gasaustausch vermindern, wodurch die dort wachsenden Gräser geschwächt werden. Bodenbearbeitungsmaßnahmen wie Vertikutieren des Bodens können unter anderem Filzbildung vermeiden und bekämpfen. Vertikutieren beschreibt das Anritzen der Grasnarbe, wodurch abgestorbenes organisches Material entfernt und der Boden belüftet wird (Schneider et. al., 2012).

Eine weitere Möglichkeit den Boden zu bearbeiten ist das Aerifizieren. Dieses fördert ebenfalls die Belüftung des Bodens und vermindert zudem Bodenverdichtung. Letzteres entsteht vorwiegend bei der Belastung der Rasenflächen durch Golfspieler*innen und Pflegemaschinen (Schneider et. al., 2012).

Durch die erwähnten Bodenbearbeitungsmaßnahmen wie Aerifizieren und Vertikutieren werden die entstandenen Hohlräume durch Besanden, auch Topdressen genannt, wieder aufgefüllt (Schneider et. al., 2012).

Trockenstress

Klimatische Gegebenheiten (Höhenstufe, Wetter, etc.) und der Standort (Lage, Boden, etc.) haben einen Einfluss auf die Rasenflächen. Herrschen im Sommer heiße Temperaturen über einen längeren Zeitraum, kann es trotz regelmäßiger Bewässerung zu Trockenstress kommen. Anzeichen dafür sind hellgrüne bis strohfarbene, teils bräunliche oder vertrocknete Rasenstellen. Die Ursache für einen trockengestressten Rasen liegt in einem Mangel an ausreichender Wasserzufuhr. Der notwendige Wassergehalt innerhalb des Pflanzengewebes sinkt unter einen kritischen Schwellenwert und beeinträchtigt alle pflanzlichen Lebensvorgänge, wodurch ein Wasserdefizit entsteht. Um dem entgegenzuwirken müssen richtige Pflegemaßnahmen gesetzt werden. Einerseits ist eine zusätzliche Bewässerungsmenge erforderlich, damit sich die Rasengräser und deren Wasserhaushalt erholen können. Dabei wird vorwiegend auf Grundwasser zurückgegriffen. Andererseits ist die Erhöhung der Trockenstresstoleranz eine Möglichkeit den zusätzlichen Wasserbedarf zu reduzieren. Dies ist beispielsweise durch eine genügende Kaliumzufuhr möglich. Im Vergleich dazu haben andere Nährstoffe nur einen geringen Einfluss auf die Trockenstresstoleranz. Des Weiteren kann die Trockenstresstoleranz

durch Aerifizieren verbessert werden. Durch diese Tiefenlockerung können auch Nährstoffe und Wasser schneller in tiefere Bodenschichten einsickern (Schulz, 1998).

Wasserverbrauch

Der Wasserverbrauch eines Golfplatzes ist abhängig von mehreren Faktoren: Das vorherrschende Klima, die Standortverhältnisse, die Rasentragschicht, die Trockentoleranz, die durchschnittlichen Niederschlagsmengen, das Wurzelsystem und die Verfügbarkeit von zugänglichen Wasserquellen spielen hierbei eine wichtige Rolle. Das Wasserdargebot ist standort- und wetterbedingt und ist daher begrenzt verfügbar. Das lokale Grundwasser wird nicht ausschließlich für die Bewässerung der Golfplätze herangezogen, sondern wird ebenfalls zur Versorgung von privaten Haushalten und zur Beregnung von landwirtschaftlichen Flächen benötigt (Schulz, 1998).

Unter dem Begriff „Wasserbedarf“ wird in der Landwirtschaft und dem Gartenbau eine erforderliche Wassermenge unter Berücksichtigung der örtlichen Bedingungen und möglichen Einflüssen verstanden. Bei der benötigten Wassermenge in der gemäßigten Zone spricht man von den natürlichen Niederschlägen, den Beregnungsmengen sowie dem pflanzenverfügbaren Grundwasser. Mit anderen Worten soll die Deckung des entsprechenden Wasserbedarfs die Funktionsfähigkeit der Pflanze sicherstellen. Jedoch muss bei der Definition der notwendigen Wassermenge einer Rasenfläche der Gesamtwasserverbrauch betrachtet werden. Dieser besteht aus der Transpiration und der Evaporation, auch bekannt als Evapotranspiration, exklusive der für den Stoffwechsel der Pflanze benötigten Wassermenge (Schulz, 1998).

Wie zuvor bereits erwähnt hat die am Standort vorkommende Klimazone einen Einfluss auf die Beregnungsmenge. Das Bundesinstitut für Sportwissenschaft geht von einem langjährigen Niederschlagsmittel von <700 mm in trockenen Gebieten, von 700 bis 900 mm in mittleren Gebieten und von >900 mm in niederschlagsreichen Gebieten aus. Jedoch haben die jährlichen Niederschlagsmittel einen deutlich geringeren Einfluss auf den Wasserverbrauch als die zusätzlich erforderliche Menge für die Überversorgung mit Wasser, die Niederschlagsverteilung in der Sommerzeit oder die vorherrschenden kleinklimatischen Klimaverhältnisse auf den Golfplätzen. Daher dienen die Zahlen des Bundesinstitutes für Sportwissenschaft als Mindestangaben, die eine untere Schranke darstellen und üblicherweise schwer erreichbar sind (Schulz, 1998). Bei der Beregnungsmenge müssen ebenfalls der Wasserverlust, die Vegetation und der Pflegezustand sowie die vorherrschenden Bodenverhältnisse beachtet werden. Die theoretisch notwendige Beregnungsmenge berechnet sich aus dem Wasserverlust der Rasenfläche minus der natürlichen Niederschläge und dem Wassernachlieferungsvermögen aus tiefer gelegenen Bodenschichten (Leinauer, 1997).

Bei dem Wasserverbrauch einer Golfanlage ist die Wahl der Rasentragschicht und deren Pflege von großer Bedeutung. Die Rasentragschicht wird vorwiegend auf Grüns und Abschlägen verwendet und dient als Wachstumsstandort für die Grasnarbe. Die Tragschicht ist meistens sandreich, besitzt keine hohe Wasserspeicherkapazität und ist während warmer und niederschlagsarmer Vegetationszeiten oft von zusätzlichen Bewässerungsmengen abhängig (Leinauer, 1997). Um den Wasserverbrauch zu reduzieren, sollten bei der Wahl und der Zusammensetzung der Rasentragschicht folgende Faktoren beachtet werden: um die Abstände zwischen den Beregnungsintervallen zu prolongieren, können trockentolerantere Gräserarten eingesetzt werden. Des Weiteren hat das Wurzelsystem der Pflanzendecke einen Einfluss auf die Verlängerung der Beregnungsintervalle. Ein flaches Wurzelsystem muss im Gegensatz zu Tiefwurzlern häufiger bewässert werden. Flachwurzler sind vorwiegend auf Grüns und Abschlägen vorzufinden, da es sich hierbei um tief geschnittene und belastete Spielelemente handelt (Schulz, 1998).

Überbewässerung

Da die Funktionsfähigkeit der Pflanzendecke immer erhalten werden soll, um die Ästhetikansprüche der Golfplätze zu erfüllen, und der eigentliche Wasserbedarf sowie die Wasserausbringungsmenge durch Beregnung lediglich grob abgeschätzt werden können, kann es zu Überbewässerungen von Golfflächen kommen. Weitere Faktoren, die zur Überbewässerung beitragen sind die nicht steuerbare Windabdrift und sowie ungleichmäßige Niederschlagsverteilung. Überbewässerung hat neben der ökologischen Bedenklichkeit des erhöhten Wasserverbrauchs auch negative Auswirkungen auf die Funktionsfähigkeit der Grasnarbe, die sich durch erhöhte Krankheitsanfälligkeit, reduzierte Durchwurzelung und verstärktes Auftreten von *Poa Annua* kennzeichnen. *Poa Annua* ist ein weit verbreitetes, meist einjähriges Süßgras, das die Optik eines gepflegten Rasens beeinträchtigt (Leinauer, 1997).

Vernässung

Allerdings kann es auch zu Vernässung auf Golfanlagen durch länger anhaltende Nassphasen kommen. Bei länger andauernden Regenperioden oder Überflutungen durch anliegende Flüsse, können die ausgebrachten Pestizide schneller ausgewaschen werden. In diesem Fall kann die Grundwasserqualität unter bestimmten Bedingungen gefährdet sein oder sogar beeinträchtigt werden. Hierbei ist ausschlaggebend, wie nahe der Grundwasserspiegel an der Bodenoberfläche liegt. Bei einer Tiefe von mehr als fünf Metern ist die Gefahr einer Verschmutzung deutlich reduziert. Bei einer Tiefe von zwei bis fünf Metern ist das Grundwasser weitgehend geschützt. Liegt der Grundwasserspiegel unter zwei Metern, so stellt dies die Golfanlage vor zusätzliche Pflegemaßnahmen bezüglich des Grundwassermanagements (Krčmář et al., 2014).

2.4 Dünger- und Pestizideinsatz auf österreichischen Golfplätzen

Die Ausbringung von Dünger, Boden- und Pflanzenschutzmitteln erfordert festgelegte Mengenbestimmungen, damit die Qualität des lokalen Grundwassers nicht verschlechtert wird. Der Einsatz von Boden- und Pflanzenschutzmitteln birgt immer ein gewisses Risiko einer Grundwasserbelastung. Hierbei müssen insbesondere die richtige Dosierung und Anwendungszeit berücksichtigt werden (Neururer, 2013).

Pflanzenschutzmittel können Gesundheits- und Umweltrisiken mit sich bringen. Daher wird zum beruflichen Kauf und Verwendung von Pflanzenschutzmitteln ein Pflanzenschutz Sachkundeausweis benötigt (WIFI, 2020).

Düngemiteinsatz auf österreichischen Golfplätzen

Der Rasen auf Golfplätzen ist für gewöhnlich durch den Spielbetrieb hohen Belastungen ausgesetzt und wird intensiv genutzt. Die auf einem Golfplatz eingesetzten Rasengräser haben einen hohen Nährstoffbedarf und sind wegen der hohen Nutzungsintensität der Grünflächen oftmals anfälliger für Krankheiten, Schädlingsbefall oder Trockenstress. Deshalb sollten die Rasenflächen entsprechend gedüngt werden, um die Spielbarkeit des Golfplatzes gewährleisten zu können. Hierbei kommt oft ein NPK-Dünger zum Einsatz, dieser besteht hauptsächlich aus Stickstoff, Phosphor und Kalium. Werden die Grünflächen nicht ausreichend gedüngt, kann dies Folgen für die Vitalität des Golfplatzes haben, da die nötigen Nährstoffe für den Boden und den Rasen nicht zur Genüge vorhanden sind (Licht et al., 2013).

Das Düngen der Grünflächen soll verschiedene Aufgaben erfüllen. Wichtig ist die Stickstoffversorgung des Bodens, die vitalisierende Düngung, die Wurzelbildungsförderung und die Erhöhung der Toleranz gegenüber biotischen und abiotischen Stressfaktoren. (Neururer, 2013)

Generell kann zwischen organischem und synthetischem Dünger unterschieden werden. Auf Golfplätzen wird sowohl organischer, als auch synthetischer Dünger ausgebracht. Jedoch wird die Anwendung von synthetischem gegenüber organischem Dünger bevorzugt, da dieser zielgerichteter ausgebracht werden kann. Bei der Düngerausbringung ist vor allem darauf zu achten, dass die Nährstoffversorgung des Bodens gleichmäßig erfolgt, um Auswaschungen in das Grundwasser und Überdüngung zu vermeiden. Dies erreicht man am ehesten mit Langzeitdüngern, da sie Stickstoff langsamer und gleichmäßiger an den Boden abgeben, als beispielsweise Gülle. Auch mikrobiologische Dünger spielen auf Golfplätzen eine wichtige Rolle, da auf sandigen Böden vermehrt geringe biologische Aktivitäten auftreten. (Neururer, 2013)

Die verschiedenen Spielelemente des Golfplatzes nehmen auch unterschiedliche Düngungsmaßnahmen in Anspruch. Das Grün und der Abschlag sind in Summe zwar die

kleinsten Flächen eines Golfplatzes, weisen jedoch den höchsten Pflegeaufwand auf. Auf dem Grün muss Präzision und die Kalkulierbarkeit des Ballverhaltens gegeben sein, um das zuverlässige Bespielen des Balles gewährleisten zu können. Deshalb sind hier die Ansprüche an das Grün besonders hoch: die Düngung erfolgt im Schnitt 4- bis 6-mal im Jahr, um den hohen Nährstoffbedarf decken zu können. Der Abschlag weist aufgrund des hohen Schwungs des ersten Schläges hohe Grasnarbenschäden auf, diese müssen entsprechend oft durch Nachsaat und Düngung ausgebessert werden. Zusätzlich zu den Ausbesserungen der Grasnarbenschäden muss im Schnitt 3- bis 4-mal pro Jahr gedüngt werden. Das Fairway nimmt den größten Anteil der bespielbaren Fläche ein, weist meistens eine ausgewogene Nährstoffversorgung auf und wird für gewöhnlich einmal im Frühjahr gedüngt. Es sollte darauf geachtet werden, dass Kaliumdünger benützt wird, da dieser Trockenstress reduzieren kann. Das Semi-Rough bildet den Übergangsbereich zwischen Fairway und Rough, dieser Bereich dient nur zum Abfangen der ausrollenden Bälle. Daher wird auch nur einmal im Jahr während der Vegetationsperiode gedüngt. Das Hard-Rough wird nicht unmittelbar in das Spiel einbezogen, daher wird es in der Regel auch nicht gedüngt. Diese zum Teil sehr großen Flächen leisten somit einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung der Biodiversität der Golfanlage (Compo-Expert, 2018). In Tabelle 4 ist die durchschnittliche Nährstoffzusammensetzung von Düngern in Prozent angegeben.

Tabelle 4: Nährstoffzusammensetzung in Prozent (nach Compo-Expert, s.a., modifiziert).

Nährstoffzusammensetzung Dünger in %						
	N	K ₂ O	P ₂ O ₅	MgO	S	Fe
Grün	12 bis 19	10 bis 24	5 bis 6	2	7 bis 8	0,5 bis 0,7
Abschlag	12 bis 19	10 bis 24	5 bis 6	2	7 bis 8	0,5 bis 0,7
Fairway	10 bis 25	8 bis 20	0 bis 7	1,2 bis 4	3 bis 11	0,5 bis 1
Semi-Rough	10 bis 25	8 bis 20	0 bis 7	1,2 bis 4	3 bis 11	0,5 bis 1

Es ist in Tabelle 4 herauszulesen, dass auf dem Grün und Abschlag höhere Konzentrationen an Dünger eingesetzt werden, da die Anforderungen an diese Flächen deutlich höher sind als bei den restlichen Flächen. Die sechs angegebenen Werte sind die am häufigsten eingesetzten Stoffe bei der Nährstoffzusammensetzung von Düngern. Auf den unterschiedlichen Grünflächen eines Golfplatzes werden auch verschiedene Düngern aufgetragen, um optimal an die Anforderungen des Spielbetriebs angepasst zu sein. Auf den Grüns und Abschlägen werden bevorzugt Granulatdüngern aufgetragen. Diese weisen eine lange Wirkungsdauer von ca. drei Monaten auf und können als Langzeitdüngern kategorisiert werden. Es wird meistens zusätzlich noch ein Feingranulat mit einer Korngröße von 0,5 mm bis 1,4 mm aufgetragen, da die auf Grüns und Abschlägen eingesetzten Gräser eine erhöhte Narbendichte mit sehr kurzer Schnitfführung aufweisen müssen. Auf den anderen, weniger stark bespielten Flächen des Golfplatzes kann die Narbendichte niedriger sein. Hier werden Granulate mit einer Korngröße von 2 mm bis 4 mm

eingesetzt. Neben der gezielten Nährstoffversorgung durch Granulatdünger wird zusätzlich noch Flüssigdünger verwendet. Dadurch soll die Toleranz der Gräser gegenüber Stressfaktoren erhöht werden. Es wird im besonderem darauf geachtet, dass die Toleranz gegenüber Pilzkrankheiten und Extremtemperaturen erhöht werden kann (Compo-Expert, 2018).

Generell sollte bei der Ausbringung von Dünger darauf geachtet werden Überdüngung zu vermeiden. Eine Überdüngung des Bodens ist durch die Anreicherung von Nährstoffen im Boden gekennzeichnet. Bei einer Überdüngung des Bodens mit einer zu hoher Stickstoff- und Phosphorkonzentration kann es bei porösen, sandigen Böden durch die hohe Löslichkeit von Stickstoff und Phosphor im Wasser zu einer Verunreinigung des Grundwassers kommen. Dies kann zu einer Verschlechterung der Grundwasserqualität führen. Um dies zu verhindern bzw. minimieren, sollten Golfplätzen nicht drastisch überwässert werden. Vorzugsweise sollte auch eher Granulatdünger anstatt Flüssigdünger verwendet werden, da dieser seine Nährstoffe über einen längeren Zeitraum an den Boden abgibt und somit eine Überdüngung erst gar nicht stattfinden kann (Shuman, 2000).

Pestizideinsatz auf österreichischen Golfplätzen

Beim Pestizideinsatz auf Golfplätzen gibt es grundsätzlich keine festgelegten Zeitpunkte, in denen Pestizide ausgebracht werden sollen. Es wird nur bei Bedarf mit Pestiziden nachgeholfen. Generell soll bei der Applikation von Pestiziden auf eine grundwasserschonende Anwendung geachtet werden. Es gilt die Faustregel, dass so wenig wie möglich und nur so viel wie unbedingt erforderlich an Pflanzenschutzmitteln eingesetzt werden sollen (Neururer, 2013). Der Pestizideinsatz ist stark abhängig vom jeweiligen Rasennutzungstyp. Im Wesentlichen konzentriert sich der Einsatz verstärkt auf die Flächen der Grüns und Abschläge, da diese durch ihre intensive Nutzung und der geringeren Schnitthöhen oft anfälliger für Pilzbefälle wie Schneeschimmel, Blattfleckenkrankheiten oder Rasenfäule sind (Sattelberger und Hauzenberger, 2001). Tabelle 5 zeigt die am häufigsten eingesetzten Pestizide gegen Pilzbefall, Unkräuter und tierische Schädlinge.

Tabelle 5: Häufig angewendete grundwasserschonende Pestizide (Neururer 2013, modifiziert).

Häufig verwendete grundwasserschonende Pestizide				
	Aufwand in kg/ha	Hauptwirkstoffe	Maximale Anwendung/Jahr	Peristenz in Tagen
Gegen Pilzkrankheiten				
Folicur, Dithane NeoTec, Rovral WG, Signum, Heritage	0,5 bis 3	Tebucunazole, Mancozeb, Iprodion, Pyraclostrobin + Boscalid, Azoxystrobin	2 bis 3	11 bis 180
Gegen Unkräuter und Moos				
Branvel M, Puma Extra, Mogeton	1,2 bis 15	Dicamba + MCPA, Fenoxaprop-P, Quinoclammin	1	17 bis 90
Gegen tierische Schädlinge				
Agritox, Confidor 70WG, Dimilin	0,2 bis 4	Chlorpyrifos, Imidacloprid, Diflubenzuron	1 bis 2	120 bis 190

Am öftesten kommen Fungizide zum Einsatz, um die bereits erwähnten Pilzkrankungen bekämpfen zu können. Herbizide sollten auf einem gut betreuten Golfplatz gar nicht oder nur selten und punktuell erforderlich sein. Herbizide kommen vor allem dann zum Einsatz, um Samenunkräuter und Kleeaufflug zu vermeiden. Auch gegen punktuelle Moosbekämpfung können Herbizide eingesetzt werden. Insektizide kommen nur in Einzelfällen, beispielsweise bei Massenaufreten von Larven der Wiesenschnake, zum Einsatz. Die Bekämpfung von Wühlmäusen und anderen Schädlingen kann durch Rodentizide erfolgen (Sattelberger und Hauzenberger, 2001).

Auf Golfplätzen wird gegenüber landwirtschaftlich genutzten Flächen nur ein relativ geringer Flächenanteil intensiv gespritzt und gedüngt. Nur die unsachgemäße Verwendung von Dünger- und Pflanzenschutzmittel bewirkt eine übermäßige Belastung des Grundwassers. Bei zu hoher Düngung und Spritzung können Störungen des Ökosystems und der Umwelt nicht ausgeschlossen werden (Neururer, 2013).

Häufig auftretende Rasenkrankheiten bzw. Schädlinge sind unter anderem:

Dollarspot: Diese Rasenkrankheit ist eine häufig vorkommende Sommerkrankheit. Es handelt sich hierbei um einen Pilzbefall. Ein Nährstoffmangel, oft bedingt durch eine unzureichende Wasserversorgung und hohe Temperaturen, begünstigt den Befall. Trockenstressgeschwächte Gräser werden schneller infiziert. Dabei bilden sich braune, münzengroße Flecke im Rasen, die sich ausbreiten und vergrößern können. Dem kann entgegengewirkt werden, indem die Rasenpflege optimiert, ausreichend bewässert und der Nährstoffmangel behoben wird. Wenn nötig kommt es auch zum Einsatz von Fungiziden (GMGK, 2020).

Schneeschimmel: Diese Rasenkrankheit tritt auf, wenn die Witterung kühl und feucht ist. Es handelt sich hierbei um einen Pilzbefall. Eine Überdüngung, vor allem im Herbst, feuchter Boden und Temperaturschwankungen um die 0°C begünstigen den Befall und die Ausbreitung. Es entstehen unregelmäßige hellbraune bis braune Flecken. Bei hoher Feuchtigkeit kann sich auch ein hellgraues Pilzgeflecht bilden, das namensgebend für diese Rasenkrankheit ist. Der Krankheit kann durch kalireiche Düngung im Herbst, ausreichendes Aerifizieren und Vertikutieren vorgebeugt werden. Sollte der Schneeschimmel dennoch auftreten, kann mit Fungiziden nachgeholfen werden (GMGK, 2020).

Rotspitzigkeit: Diese Rasenkrankheit tritt bei längeren Perioden feuchtwarmer Witterung und einer zu geringen Stickstoffversorgung auf. Es handelt sich hierbei um einen Pilzbefall. Es bilden sich unregelmäßig geformte Flecken mit teilweise abgestorbenen Gräsern, wobei der obere Teil der Halme rötlich gefärbt ist. Durch eine ausreichende Düngung kann dem entgegengewirkt werden, ein Fungizid wird im Normalfall nicht gebraucht (GMGK, 2020).

Wiesenschnaken: Bei ihnen handelt es sich um einen Schädlingsbefall. Die Larven der Wiesenschnaken leben dicht unter den Grasnarben und fressen die Wurzeln der Gräser an. Dadurch entstehen braune Stellen im Rasen. Größere Schäden treten durch die Wühltätigkeit von Vögeln und anderen Tieren, welchen die Larven als Nahrungsquelle dienen, auf. Sie können durch insektenpathogene Nematoden oder durch den Einsatz von Insektiziden bekämpft werden (GMGK, 2020).

Erdraupen: Sie sind ebenfalls Schädlinge, ähnlich wie die Wiesenschnake. Diese Raupen fressen oberirdisch, dabei entstehen sichelförmige Fraßgänge. Sie sind nachtaktiv und verstecken sich tagsüber im Boden. Sie dienen ebenfalls als Nahrungsquelle für verschiedene Tierarten, wobei Schäden durch die Wühltätigkeit entstehen. Sie können durch insektenpathogene Nematoden oder durch den Einsatz von Insektiziden bekämpft werden (GMGK, 2020).

Wetting-Agent: Wetting-Agents sind auf Oberflächen wirksame Substanzen, die speziell zur Befeuchtung von Bodensubstraten zum Einsatz kommen. Sie reduzieren die Oberflächenspannung einer Flüssigkeit, damit sich diese leichter verteilen kann. Sie sind für gewöhnlich organische Verbindungen, die amphiphil (sowohl hydrophil als auch hydrophob) sind (Kostka und Lung, 2012).

Fällt die Rasentragschicht unter einen kritischen Feuchtigkeitsgehalt, kann diese wasserabstoßende Eigenschaften entwickeln. Diese Eigenschaften können durch Bearbeitungsstrategien weiter verstärkt werden. Es kommt zu einer ungleichmäßigen Verteilung des Wassers in der Wurzelzone sowie zu einem erhöhten „Run-off“, also

vermehrtes oberflächliches Abfließen der Niederschläge bzw. der Beregnung (Kostka und Lung, 2012). Durch Wetting-Agents werden Probleme wie Trockenstellen, Vernässung und unregelmäßige Benetzung reduziert. Wasserlösliche Chemikalien (Dünger, Pestizide) können ebenfalls tiefer und gleichmäßiger in die Wurzelzone vordringen (Kostka und Lung, 2012).

2.5 Interaktion Boden-Pflanze-Grundwasser

Golfanlagen erstrecken sich über große Flächen. Diese befinden sich zumeist in durch extensive Landwirtschaft geprägten Gebieten und sowohl Pflanzen, als auch der Boden haben besonders auf Golfplätzen spezielle und entscheidende Einflüsse auf die Grundwasserqualität (Krčmář et al., 2014).

Boden

Boden wird definiert als ein Gemisch, welches aus drei verschiedenen Phasen besteht, nämlich aus der festen, flüssigen und gasförmigen Phase. Die Art des Bodens ist von seiner Körnung, der Textur, der Bodendichte und dem Porenvolumen abhängig. Die Körnung gibt die unterschiedlichen Massenanteile der Bodenteilchen an, welche den Bodentyp kennzeichnet. Dies kann beispielsweise Ton-, Sand- oder Kiesboden sein. Die Dichte des Bodens ist ein Maß für die mineralischen und organischen Stoffe im Boden selbst, normalerweise liegt die Bodendichte bei sandigen Böden bei rund $1,8 \text{ g/cm}^3$ und bei lehmigen Böden bei $1,1 \text{ g/cm}^3$. Zudem steht die Dichte im direkten Zusammenhang mit dem Porenvolumen. Es gilt, dass das Porenvolumen mit steigender Bodendichte verringert wird. Die Zusammensetzung des Porenvolumens gibt nicht nur die Wasserspeicher- und Leitfähigkeit vor, es legt außerdem die Geschwindigkeit des Gasaustausches fest (Schulz, 1998).

Lehmige Böden sind besser geeignet für die Errichtung von Golfplätzen, da wassersparende Maßnahmen eingesetzt werden können. Jedoch ist darauf zu achten, dass durch die intensiven Pflegemaßnahmen und den Spielbetrieb der Boden besonders hohen Beanspruchungen ausgesetzt ist. Dies führt dann bei Lehmböden sehr leicht zu Bodenverdichtungen. Lehmige Böden verdichten sich deutlich schneller bei Feuchtigkeit, da diese eine geringere Wasserleitfähigkeit aufweisen als Sandböden. Sandige Böden zeichnen sich hingegen durch ihre sehr hohe Wasserleitfähigkeit und ihre geringe Wasserspeicherkapazität aus, das hat eine geringe Anfälligkeit zur Bodenverdichtung zur Folge. Diese Eigenschaft ist besonders vorteilhaft für die stark belasteten Böden eines Golfplatzes, da der Boden im Gegensatz zu Lehmböden nicht zusätzlich noch zu Bodenverdichtungen neigt. (Schulz, 1998).

Der für einen Golfplatz passende Boden muss also vielseitige bodenphysikalische Bedingungen erfüllen, um der hohen Nutzungs- und Belastungsintensität, welche auf einem Golfplatz vorzufinden sind, standhalten zu können (Schulz, 1998). Grundsätzlich sollte der Boden

Wurzelwachstum von Pflanzen begünstigen, um für genügend Durchlüftung und Bodenspeichervolumen sorgen zu können, sodass die Vitalität des Bodens möglichst erhalten bleibt. Diese Ansprüche in Kombination mit einem Boden, der nicht leicht zu Bodenverdichtungen neigt, lassen sich jedoch in der Natur oft nicht in der Form, wie man sie für eine Golfanlage benötigen würde, vorfinden. Deshalb müssen die geeigneten Bodenverhältnisse künstlich erzeugt werden. Durch gewisse Bau- und Bodenmischungsmaßnahmen können die gewünschten Voraussetzungen an den Boden erzielt werden (Schulz, 1998). Eine in Österreich häufig eingesetzte Maßnahme ist beispielsweise das Beimischen von Sand in den Oberboden oder die gänzliche Entfernung des Oberbodens und der Lehmschicht, welche anschließend durch Sand und Kies substituiert werden. Durch diese Maßnahmen entsteht eine neue Bodenschicht, die sogenannte Rasentragschicht. Diese Schicht ermöglicht in hochbelasteten Bereichen Wasser leichter und schneller in tiefer gelegene Zonen des Bodens zu leiten, um so weitere Bodenverdichtungen zu vermeiden. (Fürnweiger, 2016). Abbildung 4 verdeutlicht den schematischen Aufbau eines Grüns, nachdem die obersten Lehmschichten des Bodens abgetragen und durch Sand und Kies ersetzt wurden.

Anwendungsbeispiel für Konstruktion G3:
 Unzureichend wasserdurchlässiger
 bzw. stark steinig-felsiger sowie nicht
 genügend tragfähiger Baugrund,
 bei Schicht- und Grundwasserproblemen
 und bei ausgeprägter Modellierung

- Rasen
- Rasentragschicht
- Dränschicht
- Baugrund
- Dränpackung mit weitgestuftem Material, bei G2 mit Baugrundboden abgedeckt
- Dränschlitz
- Dränrohrleitung

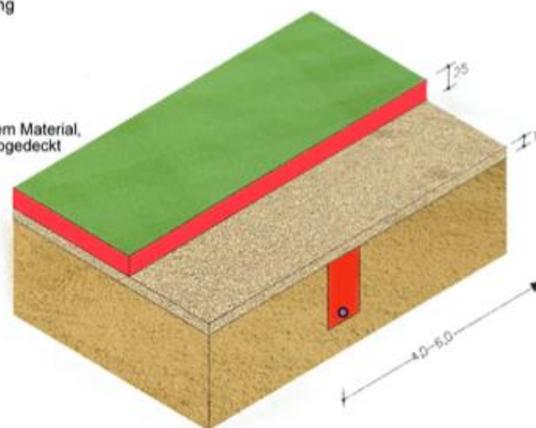


Abbildung 4: Schematischer Aufbau eines Grüns (FLL, 2020).

Pflanzen:

Einige Fachleute gehen davon aus, dass Golfanlagen typische, in einer Kulturlandschaft vorkommende Arten gefährden, andere sehen positive Wirkungen von Golfplätzen auf die Flora, da diese durch ihre diversen Habitate die landwirtschaftlich bewirtschafteten Flächen aufwerten. Golfplätze können für Pflanzenarten abwechslungsreiche und kostbare Habitate darstellen, welche in gewöhnlichen Agrarlandschaften kaum vorkommen. Jedoch sind die realen Auswirkungen vielmehr von den Managementmaßnahmen und den Dimensionen des Golfplatzes abhängig (Fürnweiger, 2016).

Auf Golfplätzen spielt der Rasen eine große Rolle. Mit Rasen sind nicht-landwirtschaftlich genutzte Grünflächen gemeint, welche zum größten Teil von Gräsern und Kräutern bewachsen sind. Generell muss festgehalten werden, dass die Rasenfläche viele positive Umwelteigenschaften hat und sich auch positiv auf die Grundwasserqualität ausüben kann (Licht et al., 2013).

Gemäß Leinauer (1997) wird auf Golfplätzen zwischen zwei Rasengräserarten unterschieden: Zwischen den Gräsern der gemäßigten Regionen, auch C3-Gräser genannt, und zwischen denen der warmen Regionen, C4-Gräser genannt. Der wesentliche Unterschied zwischen C3- und C4-Gräsern liegt darin, dass C3-Pflanzen bei sehr hohen Temperaturen ihre Spaltöffnungen schließen, dies hat eine Reduktion der Photosyntheseleistung zur Folge. Die sogenannten C4-Gräser haben sich an tropische und subtropische Klimazonen mit höherer Lichteinstrahlung angepasst und unterscheiden sich vor allem durch ihren Wasserverbrauch und durch unterschiedliche Evapotranspirationsverluste von C3-Gräsern (GENOMXPRESS SCHOLÆ, 2015). Die Gräser der warmen Regionen weisen deutlich niedrigerer Evapotranspirationsverluste auf und verbrauchen somit weniger Wasser. Typische, auf Golfplätzen eingesetzte Rasengräser sind laut Schulz (1998) der Schafschwingel, der Rotschwingel, der Rohrschwingel, die Wiesenrispe und das Weidelgras. Es ist zu erkennen, dass durch das Anpflanzen von für den Standort geeigneten Rasengräsern, Wassereinsparungen erzielt werden können (Leinauer, 1997).

3. Material und Methoden

Im Rahmen dieser Arbeit wurden Daten mithilfe verschiedener Methoden erhoben und analysiert, die in Folge näher beschrieben werden. Das daraus gewonnene Material dient als Datengrundlage zur Beantwortung der Forschungsfrage im Laufe der Arbeit.

Literaturrecherche

Als Einstieg in das Thema diente eine Primär- und Sekundärliteraturrecherche. Die Vorgehensweise hierbei basierte auf einer vorerst allgemeinen Suche nach Quellen zu den Themenschwerpunkten der Arbeit, um sich in das Themengebiet einzulesen und Wissen zu generieren. Das daraus gewonnene Literaturmaterial stützt sich auf Gesetzesblätter, Richtlinien, Verordnungen, Hochschulschriften, Fallstudien sowie auf Publikationen des Umweltministeriums und einiger Golfverbände. Ein Grund für die gewählte Zeitspanne ist, dass man die Rolle des Klimawandels miteinbeziehen wollte. Mittelfristige klimatische Änderungen können jedoch erst nach einem Zeitraum von 30 Jahren gemessen werden.

Nach der Abschließung der Auseinandersetzung mit dem Thema hat die Überlegung für die weitere Vorgehensweise begonnen. Hierfür wurden zwei Methoden der empirischen Datenerhebung herangezogen, um einen vertiefenden Wissensstand zu ermöglichen.

(Online-)Fragebogen

Als quantitativ empirische Forschungsmethode wurde ein Online-Fragebogen gewählt. Die Intention hierbei war, viele Golfplätzen aus möglichst verschiedenen Bundesländern miteinzubeziehen. Der Fragebogen wurde in Kooperation mit der parallel an diesem Thema arbeitende Gruppe 3.1. ausgearbeitet. Beide Gruppen beschäftigen sich im Rahmen dieses interdisziplinären Projektes mit dem Thema Golfsport in Bezug auf Rasenmanagement bzw. Wasserhaushalt. Einerseits soll die Zusammenarbeit eine Überschneidung der beiden Gruppen bei der Datenerhebung vermeiden und dadurch den Arbeitsaufwand reduzieren. Andererseits steht der Fragebogen in dieser Arbeit nicht im Fokus der Datenerhebung und dient somit als Ergänzung in Form von zusätzlichem Material. Von den 29 Fragen wird ein Großteil in diese Arbeit miteinbezogen. Von Relevanz sind vorwiegend Fragen zu den Themen Dünger- und Pestizideinsatz, Pflegemaßnahmen, Rasenkrankheiten und Schädlinge. Der Fragebogen ist im Anhang zur Übersicht zu finden.

Der Aufbau des Fragebogens setzt sich zusammen aus Fragen zum Ankreuzen und teilweise kurz auszufüllenden Fragen. Das Online-Format sollte die Datenerhebung in Zeiten von Covid-19 erleichtern und eine möglichst große Rücklaufquote einbringen. Dank der Unterstützung der Austrian Greenkeeper Association wurde die Umfrage auf der offiziellen Website von ihnen bereitgestellt, als auch an alle Golfclubs in Österreich weitergeleitet. Dies erleichterte die

Erreichbarkeit der österreichischen Golfanlagen. Im Zeitrahmen von 24. November bis 4. Dezember 2020 konnte auf den Fragebogen zugegriffen werden. Innerhalb dieser zehn Tage haben 21 Golfclubs an der Umfrage teilgenommen. Nach Ende der Teilnahmefrist wurden die ausgefüllten Fragebögen mit Excel ausgewertet und analysiert.

Expert*innen-Interviews

Der eigentliche Fokus im Rahmen der Datenerhebung liegt auf den Expert*innen-Interviews. Diese qualitative empirische Forschungsmethode wurde herangezogen, um die Expertise der Greenkeeper*innen nutzen zu können bezüglich des Forschungsinteresses und, um aktuelle Daten zu gewinnen, die mit der Literaturrecherche in Kontext gesetzt werden. Ein weiterer Grund, warum die Experten*innen-Interviews als Vorgehensweise gewählt wurden, ist das Defizit an österreichischen Quellen zum Thema Grundwasserqualität auf Golfplätzen.

Bei der Gestaltung des Interviewleitfadens, welcher im Anhang beigelegt ist, wurden die Fragen in drei Themenblöcke eingeteilt. Nämlich in die Metadaten des betroffenen Golfplatzes, in den Dünger- und Pestizideinsatz, sowie in die Boden- und Rasenpflege. Der Leitfaden richtet sich an eine semi-strukturierte Interviewform, der vorab formulierte Fragen enthält. Die Interviewfragen waren offen zu beantworten, damit die Expert*innen keine Einschränkungen haben.

Vorab wurden alle 14 Leading Golf Courses in Österreich per E-Mail kontaktiert und später wurden noch zusätzliche Golfclubs österreichweit angefragt. Aus den insgesamt 44 Anfragen haben sich sechs Greenkeeper*innen zu einem Interview bereit erklärt. Die geringe Rücklaufquote war aufgrund der Covid-19 bedingten früher eintretenden Winterpause in einigen Golfclubs zu erwarten. Eine Einwilligungserklärung sowie der ausgearbeitete Leitfaden wurden nach einer Zusage dem jeweiligen Golfclub zugesendet. Die Interviews wurden persönlich, telefonisch bzw. über die Internetplattform Zoom abgehalten.

Nachdem alle Interviews im Zeitrahmen von 24. November bis 9. Dezember 2020 abgeschlossen wurden, erfolgten die nächsten Schritte. Zuerst wurden die Expert*innen-Interviews transkribiert und infolgedessen mithilfe einer qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet. Bei der Durchführung der Analyse wurden Codierungskategorien erstellt und das Material wurde auf Reliabilität, Validität sowie Objektivität geprüft. Die Transkription der Interviews ist aus Datenschutzgründen nicht im Anhang zu finden.

4. Ergebnisse

4.1 Literaturergebnisse

In der Literatur werden verschiedene Bodentypen beschrieben, welche eine unterschiedliche Wasserspeicher- und Leitfähigkeit aufweisen. Um Bodenverdichtung zu verringern bzw. diese vorzubeugen, werden sandige Böden bevorzugt oder Sand in den Oberboden untergemischt. Eine weitere Option stellt die Substitution des Oberbodens durch Sand und Kies dar, wodurch die sogenannte Rasentragschicht entsteht. Abbildung 5 veranschaulicht die auf einem Golfplatz getroffenen Maßnahmen im Rahmen der Bodenbearbeitung.

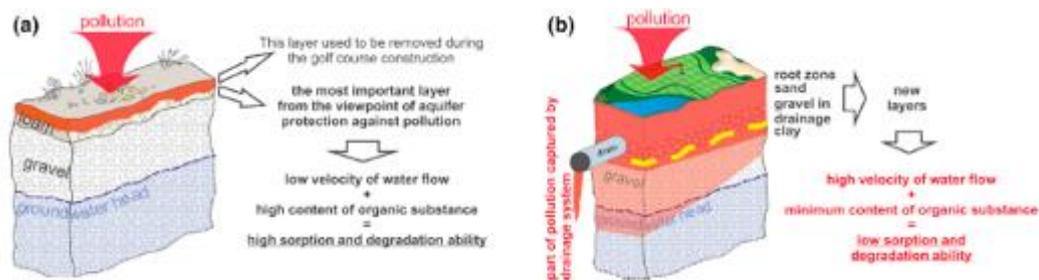


Abbildung 5: Bodenprofil vor und nach dem Einbauen einer Rasentragschicht (Krčmář et al., 2014).

Hier werden aktiv die Eigenschaften des Bodens verändert, um neue, gewünschte Eigenschaften zu generieren. Das Bodenprofil links in der Abbildung 5 zeigt das Bodenprofil vor der Bildung einer Rasentragschicht und rechts sieht man das schematische Bodenprofil nach den typisch eingesetzten Bodenbearbeitungsmaßnahmen. Es wird außerdem das verstärkte Gefährdungspotential, die Grundwasserqualität zu verschlechtern, aufgezeigt. Die oberste Bodenschicht, welche auf den bespielten Flächen eines Golfplatzes entfernt wird, hat im Normalfall die Aufgabe Nähr- und auch Schadstoffe im Boden aufzunehmen und natürlich abzubauen. Somit kann eine Verunreinigung des Grundwassers verringert werden. Wenn diese Schicht durch Sand und Kies ersetzt wird, ist die Speicherfunktion des Bodens nicht mehr gegeben. Durch die Rasentragschicht werden dann Wasser, aber auch die Nähr- und Schadstoffe in tiefer gelegene Schichten geleitet. Dies kann bei starken Verunreinigungen negative Folgen für die Grundwasserqualität haben.

Bezüglich des Wasserverbrauchs der Golfanlage spielt der Bewuchs der Rasentragschicht eine wichtige Rolle. Es ist auf die standortgerechte Auswahl der Rasengräser zu achten, da das Aussäen von trocken-toleranten Gräserarten den Wasserverbrauch reduzieren kann. Hierbei werden tiefwurzeln-de gegenüber flachwurzeln-nden Arten bevorzugt, da jene seltener bewässert werden müssen.

Weitere Maßnahmen, um die Trockentoleranz zu erhöhen sind eine genügende Kaliumzufuhr und das Aerifizieren. Bodenbearbeitungsmaßnahmen wie Aerifizieren und Vertikutieren vermindern zudem Bodenverdichtung und kommen auch als vorbeugende Maßnahme gegen Schädlinge- und Krankheitsbefall zum Einsatz. Auch die manuelle Beseitigung diverser Schädlinge und Unkräuter stellt eine grundwasserschonende Maßnahme zur Schädlingsbekämpfung dar. Ein verringerter Pflanzenschutzmitteleinsatz reduziert die Auswaschung von schädlichen Stoffen in das Grundwasser bei langen Regenperioden oder Überflutungen.

Die Aufbereitung eines Golfrasens und ihre intensive Nutzung durch die Spieler*innen erhöht die Anfälligkeit für Rasenkrankheiten, Schädlingsbefall oder Trockenstress. Um diesen entgegenwirken, ist eine kontinuierliche Nährstoffversorgung mithilfe von Dünger nötig. Die wesentlichen Aufgaben setzen sich aus der Stickstoffversorgung des Bodens, der Förderung der Wurzelbildung und der Toleranzsteigerung gegenüber negativen biotischen und abiotischen Faktoren zusammen. Synthetischer Dünger kommt aufgrund seiner zielgerichteten und gleichmäßigen Anwendung häufiger zum Einsatz und vermeidet die Gefahr der Nährstoffauswaschung in das Grundwasser.

Die Elemente eines Golfplatzes unterscheiden sich in ihrem Bedarf an Düngerpflege. Das Grün und der Abschlag sind zwar die kleinsten Flächen, müssen aber am häufigsten gedüngt werden. Das Grün wird im Schnitt 4- bis 6-mal und der Abschlag 3- bis 4-mal im Jahr gedüngt. Das Fairway weist den höchsten Flächenverbrauch auf und wird einmal jährlich gedüngt. Zusätzlich ist auch die Düngerart von den Golfplatzelementen abhängig. Auf den Grün- und Abschlagflächen wird hauptsächlich Granulatdünger angewendet. Neben dem Granulatdünger ist auch die Anwendung eines Flüssigdüngers laut Literaturstudie von Vorteil. Dieser hat die Möglichkeit der Toleranzsteigerung gegenüber Pilzkrankheiten und Extremtemperaturen.

Die Ausbringung des Düngers ist aufgrund der niedrigen Schnitthöhenführung und der Verletzungen des Rasens durch den Spielbetrieb notwendig. Eine Überdüngung stellt vor allem auf porösen und sandigen Böden eine Gefahr für die Verunreinigung des Grundwassers dar.

Schädlingsbekämpfungsmittel werden nur nach Bedarf eingesetzt. Die Grüns und Abschläge weisen die höchste Anfälligkeit für Schädlinge und Krankheiten auf. Häufig kommen Fungizide gegen Pilzbefälle, wie Schneeschimmel, Blattfleckenkrankheiten oder Rasenfäule zum Einsatz. Herbizide werden hingegen punktuell aufgetragen und bieten eine Lösungsmöglichkeit für Samenunkräuter, Moos oder den Kleeanflug. Gegen Probleme im Einzelfall, wie beispielsweise

ein Massenaufreten von Larven der Wiesenschnake, bieten Insektizide eine Bekämpfungsmöglichkeit.

4.2 Metadaten der teilgenommenen Golfclubs

Der Fragebogen wurde von 21 Golfclubs beantwortet. Tabelle 6 stellt die Verteilung der jeweiligen Golfclubs in den österreichischen Bundesländern dar.

Tabelle 6: Standort der befragten Golfplätze des Fragebogens (n=21).

Bundesland	Anzahl
Niederösterreich	5
Oberösterreich	4
Steiermark	3
Kärnten	2
Salzburg	2
Tirol	2
Vorarlberg	2
Burgenland	1

An den Daten kann man erkennen, dass die Golfclubs, welche an der Durchführung des Fragebogens teilgenommen haben, über ganz Österreich verteilt sind. In Abbildung 6 ist die Anzahl der Löcher der online-befragten Golfclubs zu erkennen.

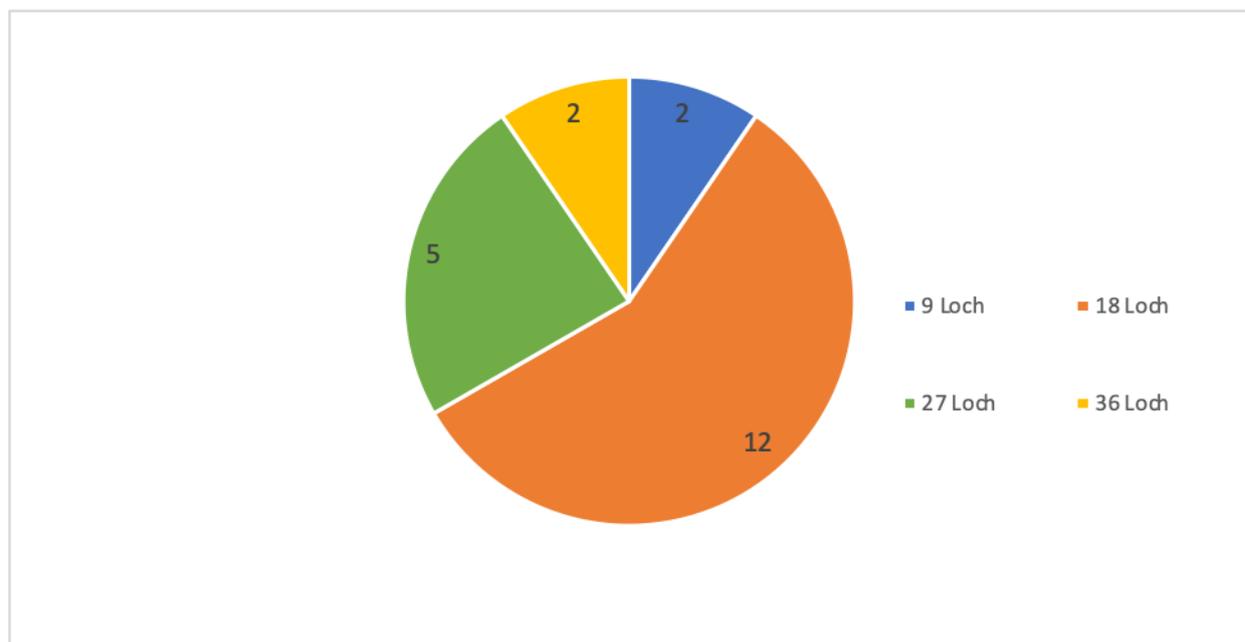


Abbildung 6: Anzahl der Loch auf den online-befragten Golfplätzen (n=21).

Die Lochanzahl weist auf die Größe der Golfanlagen hin. In der Umfrage geben mehr als die Hälfte der Golfanlagen an 18-Loch zu besitzen.

Von den sechs Golfclubs, welche an den Expert*innen-Interviews teilgenommen haben, kommen jeweils zwei aus Niederösterreich und Oberösterreich sowie jeweils einer aus Wien und Tirol. Im Folgenden werden die interviewten Golfplätze aus datenschutzrechtlichen Gründen mit ihrem standortspezifischen Bundesland bezeichnet, wobei Niederösterreich mit NÖ und Oberösterreich mit OÖ abgekürzt werden. Die Golfplätze Wien1, OÖ2 und Tirol1 haben jeweils 18-Loch, wobei Tirol1 noch zusätzlich 3-Übungsloch aufweist. Unter den interviewten Golfclubs gibt es außerdem zwei 27-Loch Anlagen, welche in NÖ1 und OÖ1 liegen. Der Golfplatz NÖ2 hat eine 39-Loch Anlage. Werden die beiden Datensätze miteinander verglichen, kommen 18-Loch und 27-Loch Golfanlagen am häufigsten vor.

4.3 Düngerausbringung auf österreichischen Golfplätzen

Düngerarten und ihre Zusammensetzung

Die Daten in Bezug auf den Gebrauch unterschiedlicher Düngerarten wurde mittels Online-Umfrage und Expert*innen-Interviews erhoben. Wohingegen die inhaltliche Zusammensetzung der Düngungsmittel aus der Auswertung der reinen Expert*innen-Interviews zu entnehmen ist.

Die Ergebnisse betreffend der Düngerart sind in der untenstehenden Abbildung 7 ersichtlich und beziehen sich allein auf die Online-Umfrage.

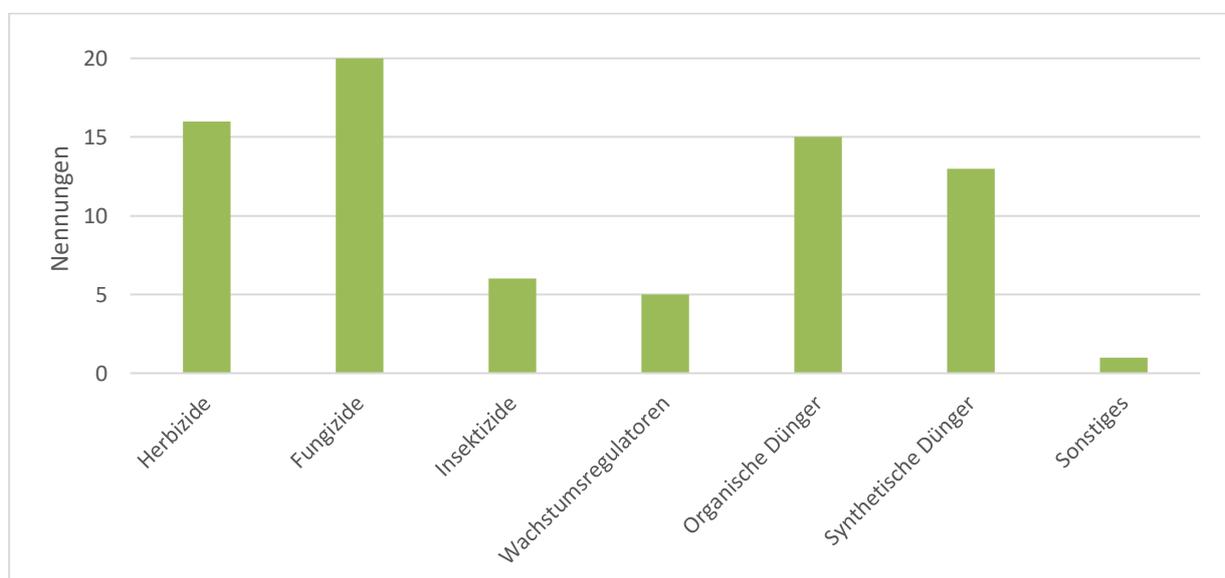


Abbildung 7: Eingesetzte Pestizide und Düngermittel (n=21).

Die Mehrheit der Umfrageteilnehmer*innen haben im Rahmen der Befragung über den Gebrauch von organischem oder synthetischem Dünger angegeben beide Düngerarten einzusetzen. Die Ausbringung eines organischen Düngers überwiegt leicht und erfolgt auf 15 der 21 Golfanlagen. 13 Teilnehmer*innen verwenden synthetischen Dünger.

Die hohe Summenzahl von 15 und 13 rührt daher, dass es die Möglichkeit gab mehrere Antworten gleichzeitig auszuwählen. Hierbei beziehen sich die Antwortmöglichkeiten auf den Gebrauch unterschiedlicher Düngermittel, aber auch Pestizide.

Die Mehrheit der Interviewpartner*innen verwendet vorwiegend synthetischen Dünger, wobei zwei der sechs Greenkeeper*innen ausschließlich oder Großteils organischen Dünger ausbringen.

Die nachstehende Tabelle 7 dient der detailgetreuen Veranschaulichung der Düngerezusammensetzungen, welche unterschiedliche Verhältnisse von Stickstoff zu Phosphor zu Kalium (N:P:K) auf den relevanten Golfplatzelementen darstellt.

Tabelle 7: NPK-Düngerezusammensetzung der interviewten Golfplätze (N:P:K).

Zusammensetzung/GC	Grüns	Abschläge	Fairways
Tirol1	12:6:24 (Sommer) 6:0:12 (Herbst) 18:5:10 (Frühling)	16:3:8 (Sommer) k. A. (Herbst) 20:5:8 (Frühling & Sommer)	12:6:24 (Sommer) 5:5:20 (Herbst) 22:5:16 (Frühling & Sommer)
NÖ1	5:3:1 (k. A. zur Jahreszeit)	20:5:20 (k. A. zur Jahreszeit)	25:0:15 (k. A. zur Jahreszeit)
NÖ2	1. Teilkurs 13:0:26 (Sommer) 5:3:1 (Frühling & Herbst) 2. Teilkurs 14:0:4 (Frühling) 16:5:16 (Sommer) 4:0:14 (Herbst)	k. A.	k. A.

Aus Tabelle 7 wird ersichtlich, dass die Grüns den höchsten Pflegeaufwand aufweisen und vorwiegend im Frühling und Sommer gedüngt werden.

Der Golfclub NÖ1 setzt meistens NPK Dünger im Verhältnis von 2:1:2 ein. Der synthetische Dünger kommt auf den Fairways in einem Verhältnis von 25:0:15 sowie auf den Abschlägen im

Verhältnis von 20:5:20 zum Einsatz. Ein organischer NPK-Dünger wird als Starterdünger für die Grüns in einem Verhältnis von 5:3:1 verwendet.

Der Rasen des Golfclubs Wien1 bezieht 70 % des Stickstoffs aus Kompostauflagen. 15 % bis 20% des Stickstoffbedarfs werden mittels organischem Dünger gedeckt. Der restliche Nährstoffeintrag erfolgt durch synthetischen Dünger.

Anders ist es im Golfclub Tirol1, hier werden für die Abschläge und Fairways rein organische und für die Grüns synthetische Düngemittel verwendet. Der synthetische Dünger setzt sich aus 70 % Granulat und 30 % Flüssigdünger zusammen. Die NPK-Dünger sind im Sommer auf den Abschlägen und den Fairways im Verhältnis von 16:3:8 sowie auf den Grüns im Verhältnis von 12:6:24 auszutragen. Im Herbst wird auf den Fairways ein NPK-Dünger im Verhältnis 5:5:20 und auf den Grüns im Verhältnis von 6:0:12 verwendet. Im Frühling werden die Grüns im Verhältnis 18:5:10 gedüngt.

Der Golfclub OÖ2 verwendet Harnstoff mit einem Stickstoffgehalt von 46 %. Allgemein werden hier die Rasenflächen zum Teil organisch, jedoch überwiegend synthetisch gedüngt und in trockener sowie flüssiger Form verabreicht.

Vergleichbar dazu bezieht der Golfclub NÖ2 synthetischen sowie organischen Dünger. Die verschiedenen Zusammensetzungen hängen von der Jahreszeit und der Anwendungsfläche ab. Im Sommer und Frühling wird der Abschlag in einem Verhältnis von 20:5:8 sowie die Fairways mit 22:5:16 gedüngt. Es werden getrennte Grüns gepflegt, da der Golfplatz zwei Kurse führt. Das Grün des 1. Teilkurses wird im Sommer mit einer NPK-Zusammensetzung von 13:0:26 sowie im Frühling und Herbst im Verhältnis von 5:3:1 gedüngt. Die NPK-Verhältnisse betragen auf dem Grün des 2. Teilkurses 14:0:4 im Frühling, 16:5:16 im Sommer und 4:0:14 im Herbst.

Der interviewte Golfclub OÖ1 ist der einzige, welcher fast ausschließlich organischen Dünger einsetzt. Dazu verwendet er ein Futtermittel aus der Nutztierindustrie, welches sich aus Melasse, Vinasse, Mais, Zucker und Hefe zusammensetzt.

Die Umweltverträglichkeit von Düngern wird unterschiedlich von den Interviewpartner*innen aufgefasst. Die Greenkeeper*innen der Golfclubs NÖ2 und OÖ2 sind der Ansicht, dass synthetischer Dünger besser dosiert werden kann und die umweltschonendere Option ist. Die Greenkeeper*innen des Golfclubs OÖ1 meint, dass organischer Dünger aufgrund seiner biologischen Eigenschaften die bessere Alternative sei. Dieser trägt einen speziellen organischen Dünger auf, welcher laut ihm genauso zielgerichtet eingesetzt werden kann.

Zeitliche Düngerausbringung und Witterungspräferenzen

In Hinsicht der zeitlichen Düngerausbringung und der dafür bevorzugten Witterungsumstände wurden Daten aus den durchgeführten Expert*innen-Interviews erhoben und in Tabelle 8 zusammenfassend visualisiert.

Tabelle 8: Zeitliche Düngerausbringung der interviewten Golfplätze in Monaten.

Ausbringung/GC	Ausbringungsmonate	Abfolge innerhalb der
Wien1	Ende Jänner bis Ende November	Februar bis November: alle 4-6 Wochen Während Spielsaison: alle 2 Wochen
Tirol1	k. A.	Abschläge: alle 2 Monate Grüns: 1x/Monat
NÖ1	April, Mai & September (hauptsächlich)	Granulat: 2-4x/Jahr Flüssig: 1x/Jahr
NÖ2	Ende März bis Ende Oktober	Grüns: 1x/Monat Abschläge: 4x/Jahr Fairways: 2x/Jahr
OÖ1	k. A.	Granulat: 1-2x/Jahr Flüssig: 1x/Monat
OÖ2	Mitte April bis Ende September	k. A.

Der Golfclub NÖ2 wird vor allem Ende März bis Ende August gedüngt, da laut Greenkeeper*in der Rasen aufgrund der hohen Anzahl an Spieler*innen häufig gemäht werden muss und zusätzlichen Energieeintrag benötigt. Letztmalig wird Ende Oktober gedüngt.

Der Golfclub Wien1 düngt das letzte Mal Ende November und beginnt Ende Jänner bzw. Mitte Februar mit der Düngerausbringung. Von Februar bis November wird alle vier bis sechs Wochen gedüngt. In der Spielsaison wird die Ausbringung auf alle zwei Wochen erhöht.

Der Golfclub Tirol1 düngt alle zwei Monate die Abschläge und einmal im Monat die Grüns. Die Fairways werden dreimal jährlich, also im Frühling, Sommer und Herbst mit additiver Nährstoffzugabe versorgt.

Etwas anders setzt der Golfclub NÖ1 seine Düngung um. Dieser düngt spärlich in den Sommermonaten und vermehrt im April, Mai und September. Die Granulatanwendung erfolgt auf

den Fairways zweimal und auf den Grüns viermal jährlich. Im Sommer wird nur Flüssigdünger auf den Flächen dieses Golfplatzes ausgebracht. Vor allem die Grüns werden damit einmal monatlich gedüngt.

Der Golfclub OÖ2 düngt ausschließlich in der Wachstumsphase der Gräser, also von Mitte April bis Ende September. Das Fairway wird nur einmal jährlich im Juni oder Juli mit zusätzlichen Nährstoffen versorgt. Über die Düngung anderer Golfplatzelemente sind keine weiteren Informationen bekannt.

Der Golfclub OÖ1 düngt einmal im Monat mit Flüssigdünger und 1- bis 2-mal im Jahr mit Granulat, dieser gibt ebenfalls an, dass die Witterung für seine Düngevorgänge unbedeutend ist.

Die Golfanlage Tirol1 führt die Düngung unmittelbar vor Regenbeginn durch. Die restlichen Golfclubs bevorzugen trockene Wetterverhältnisse für die Nährstoffzugabe.

Düngermenge und betroffene Golfplatzelemente

Die Menge an ausgebrachtem Dünger pro Flächeneinheit variiert zwischen den Golfclubs. Die nachstehende Tabelle 9 dient übersichtlicher Vergleichszwecke in Bezug auf die Düngermenge, die auf den Golfplätzen der Interviewpartner*innen ausgetragen wird.

Tabelle 9: Ausgebrachte Düngermenge in Stickstoff auf verschiedenen Golfplatzelementen in g/m².

Stickstoff in g/m ²	Grün	Abschlag	Fairway
Wien1	10 bis 12	8 bis 10	5
NÖ1	11	18	10
NÖ2	8 bis 12	21	11
OÖ2	18	30	20 bis 30

Der Golfplatz Wien1 setzt auf den Greens und auf dem Abschlag 8 bis 10 g Stickstoff und auf den Fairways 5 g Stickstoff pro Quadratmeter ein.

Ähnlich dieser Daten düngt auch der Golfverein NÖ1 mit einer Menge von 4 g bis 23 g Stickstoff pro Quadratmeter. Für die Grüns verwendet dieser 11 g Stickstoff, 6 g Phosphor und 16 g Kalium pro Quadratmeter. Die Abschläge werden mit 18 g Stickstoff, 4 g Phosphor und 23 g Kalium versorgt. Die Düngung auf den Fairways erfolgt mit 10 g Stickstoff, 4 g Phosphor und 6 g Kalium und weist die geringste Düngermenge auf. Des Weiteren sind die Flächen Semi-Rough und Rough einmal im Jahr von der Nährstoffzugabe betroffen.

Auf den Flächen des Golfclubs Tirol1 werden größere Mengen ausgetragen. Auf den Grüns wird ein synthetischer Dünger in einer Menge von 150 g/m² ausgebracht. Die Abschläge werden mit 100 g/m² und die Fairways mit 50 g/m² bis 60 g/m² organischem Dünger versorgt.

Auf dem Golfplatz NÖ2 werden auf den Grüns 8 g bis 12 g Stickstoff, auf dem Abschlag 21 g Stickstoff und auf den Fairways 11 g Stickstoff pro Quadratmeter an Dünger ausgebracht.

Die Rasenpfleger*innen des Golfclubs OÖ2 düngen auf den Grüns mit 18 g/m², auf den Abschlägen mit 30 g/m² und auf den Fairways mit 20 g/m² bis 30 g/m².

Der Golfclub ÖÖ1, der mit fast rein organischem Dünger arbeitet, beziffert sich auf den Grüns und Abschlägen auf jeweils 150 g/m² bis 200 g/m² pro Düngevorgang.

Additiv dazu wird die Auswertung der Online-Umfrageergebnisse in der nachstehenden Abbildung 8 veranschaulicht. Dafür sollten die Befragten die Golfplatzelemente nach ihrer Düngungsintensität reihen. Als erstes ausgewählte Golfplatzelemente, hier in Grünstufen, werden verhältnismäßig stärker gedüngt, als andere Elemente des Golfplatzes. Golfplatzelemente, welche weniger gedüngt werden, erhalten niedrigere Ränge.

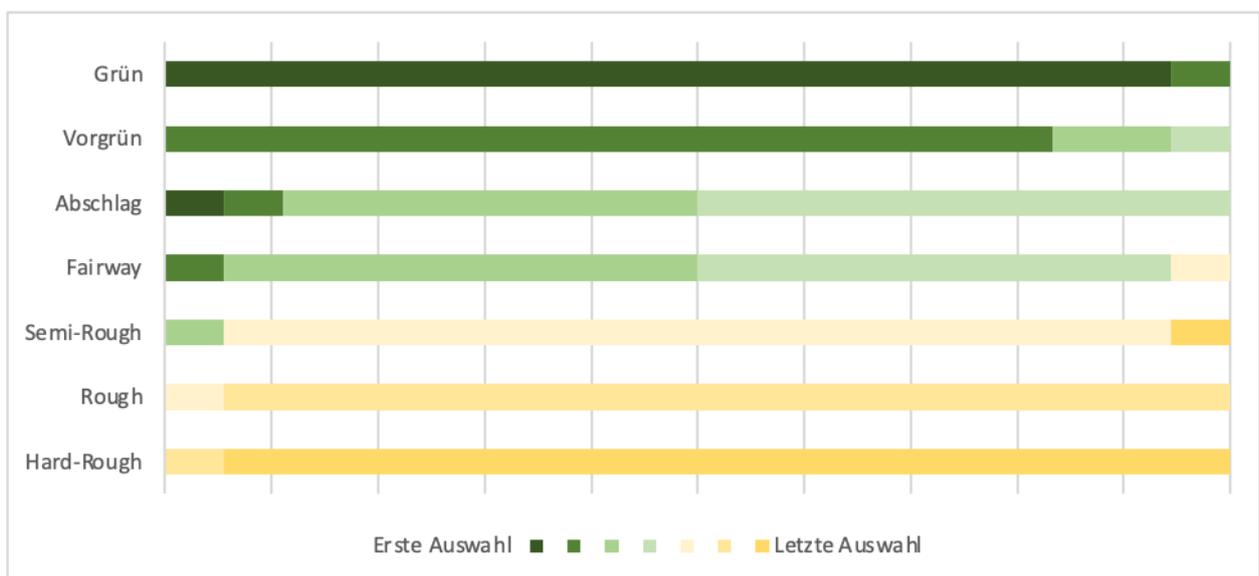


Abbildung 8: Düngeerausbringungsmenge der online-befragten Golfplätze (n=20).

Aus der Abbildung 8 ist deutlich herauszulesen, dass die Grüns und der Abschlag am stärksten gedüngt werden, während das Fairway und Semi-Rough deutlich weniger Düngung in Anspruch nehmen. Die Golfplatzelemente Rough und Hard-Rough werden mit der geringsten Düngermenge versorgt.

4.4 Pestizideinsatz auf österreichischen Golfplätzen

Schadorganismen auf Golfplätzen

Ein weiterer Schwerpunkt der Rasenpflege ist der Schutz vor Schadorganismen. Im Rahmen der Umfrage geben 17 von 21 Teilnehmer*innen an, vermehrt Probleme mit Schadorganismen zu haben. Im Anschluss daran haben die Befragten aus den unten genannten Schadorganismen und Krankheitserregern jene ausgewählt, welche vermehrt Schwierigkeiten auf ihrer Golfanlage verursachen. Die Ergebnisse sind in Abbildung 9 dargestellt.

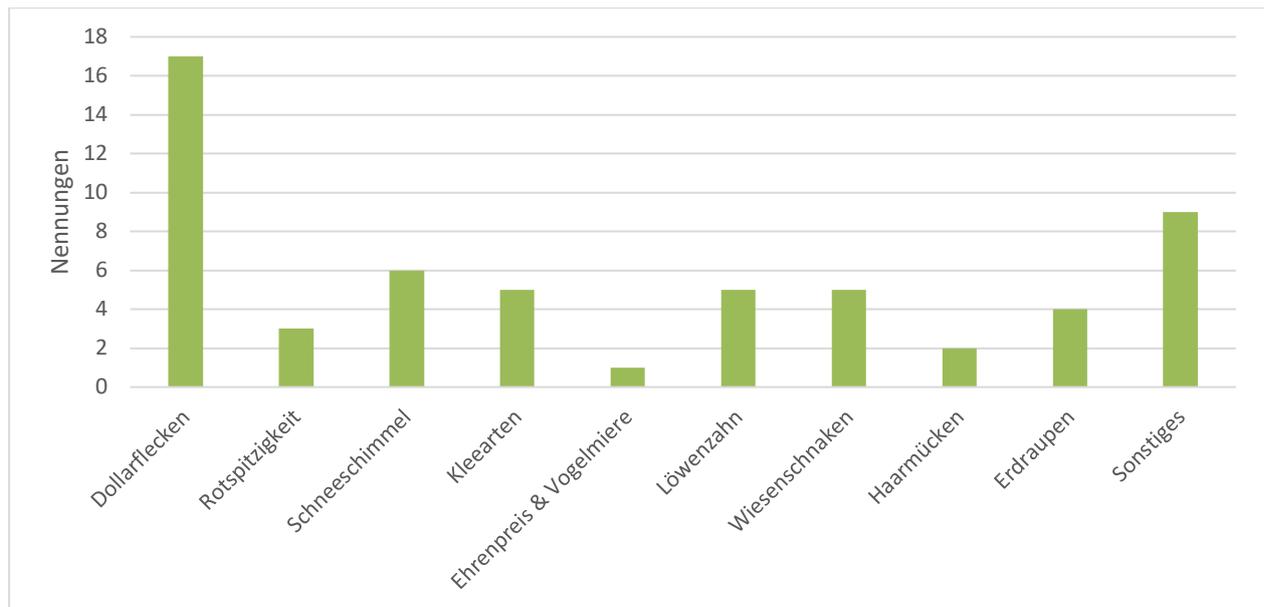


Abbildung 9: Vermehrt auftretende Krankheitserreger / Schadorganismen (n=20).

Abbildung 9 visualisiert eine deutliche Dominanz der *Dollarflecken* unter den Schädlingen. Diese sind mit einem vermehrten Auftreten bei 17 von 20 Golfplätzen das am häufigsten genannte Problem. Unter den 20 Golfplätzen verzeichnen 6 ein höheres Auftreten von *Schneeschimmel*. Knapp darunter treten auch *Kleearten*, der *Löwenzahn* sowie die *Wiesenschnake* für 5 von 20 Golfplätzen zunehmend auf. Des Weiteren kommen bei 4 Golfclubs vermehrt die *Erdraupe* und bei 3 der 20 Golfplätze die *Rotspitzigkeit* vor. *Haarmücken* sind bei zwei Golfclubs vorzufinden. Der *Ehrenpreis* und die *Vogelmiere* treten bei einem Golfplatz vermehrt auf.

Neophyten und Neobiota

In zwei von sechs interviewten Golfclubs haben sich in den letzten Jahren invasive Arten angesiedelt. Der Golfclub NÖ1 hat Probleme mit *Fadenwürmern*, welche sich auf den Grüns ansiedeln und die Wurzeln der Pflanzen anfressen. Die Art hat sich laut den Greenkeeper*innen von NÖ1 aufgrund der fehlenden tiefen Temperaturen im Winter angesiedelt und verbreitet. Spritzmittel gegen Nematoden sind in Österreich nicht erhältlich. Auf demselben Golfplatz hat sich die Grassorte *einjähriges Rispengras* auf den Grüns angesiedelt. Diese wirkt sich nach Meinung der Greenkeeper*innen negativ auf die Rasenflächen aus, da sie dem Trockenstress nicht standhalten kann. Der Golfclub OÖ2 beschreibt die Ansiedlung der *Gladiole*, diese hat laut den Greenkeeper*innen keine Auswirkung auf die bespielbaren Elemente des Golfplatzes.

Schädlingsbekämpfungsmittel

Im Rahmen der Online-Umfrage wurden die Teilnehmer*innen in Bezug auf die Verwendung von Pestiziden befragt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 10 ersichtlich. Hierzu erlaubte die Frage mehrere Antworten gleichzeitig auszuwählen, wodurch sich auch die hohen Prozentzahlen erklären lassen.

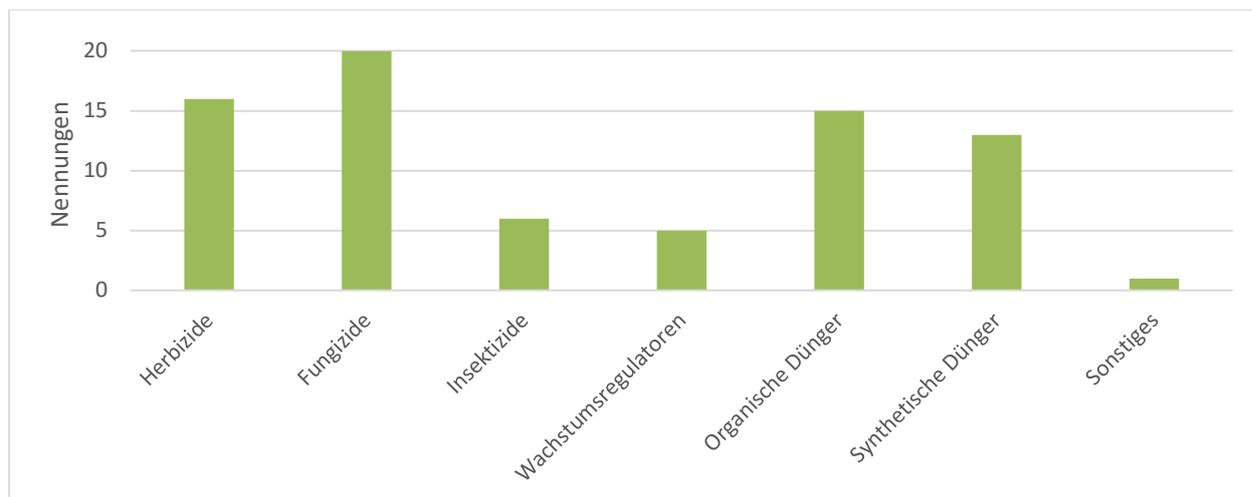


Abbildung 10: Eingesetzte Pestizid- und Düngermittel (n=21).

Auf den Rasenflächen von 20 der 21 befragten Golfplätzen werden hauptsächlich Fungizide aufgetragen. Herbizide finden bei 16 und Insektizide bei 6 Befragten eine Anwendung. Fünf der online-befragten Golfplätze verwenden Wachstumsregulatoren.

Im Gebrauch von Insektiziden, Fungiziden, Herbiziden weist die Mehrzahl der Interviewpartner*innen einen vergleichbaren Einsatz der Schädlingsbekämpfungsmittel vor. Alle Expert*innen, mit der Ausnahme von Wien1, verwenden Fungizide. Die Golfclubs NÖ1 und NÖ2 verwenden einen Kombinationsfungizid mit den Wirkstoffen Pyraclostrobin und Boscalid. Der Golfclub NÖ2 verwendet weitere Fungizide mit den Wirkstoffen Tebuconazol und Fludioxonil. Tebuconazol kommt auch in der Anwendung auf einem Golfclub in OÖ2 vor. Die Golfanlage Wien1 trägt ebenfalls ein Fungizid auf, jedoch sind dessen Inhaltsstoffe nicht bekannt. Die Golfclubs NÖ1, Wien1, NÖ2 und ÖO1 verwenden je nach Bedarf Herbizide. Die Greenkeeper*innen in NÖ1 setzen ein Insektizid unbekannter Wirkstoffe sowie einen Wachstumsregulator mit dem Wirkstoff Trinexapac-ethyl ein. Letzteres nutzt auch der Golfclub NÖ2, um das Höhenwachstum für die optimale Spielqualität zu regulieren.

Die Tabelle 10 fasst die Pestizidwirkstoffe, welche auf den Golfplätzen der Interviewpartner*innen aufgetragen werden, zusammen.

Tabelle 10: Einsatz unterschiedlicher Pestizidwirkstoffe von den interviewten Golfplätzen.

Pestizidwirkstoff/GC	Pyraclostrobin&Boscalid (Kombinationsfungizid)	Tebuconazol (Fungizid)	Fludioxonil (Fungizid)	Trinexapac-ethyl (Wachstumsregulator)
NÖ1	x			x
NÖ2	x	x	x	x
OÖ2		x		

Menge an Schädlingsbekämpfungsmitteln und betroffene Golfplatzelemente

Bezüglich der Mengenverteilung von Pestiziden auf den Golfplatzelementen, wurden auch Daten im Zuge des Fragebogens erhoben. Dazu wurden jedoch keine spezifischen Mengenangaben erfasst. Hierbei liegt der Fokus auf den Flächen auf denen vermehrter bzw. verminderter Einsatz von Pestiziden zu Stande kommt. Folgende Abbildung 11 fasst die Ergebnisse, abhängig von der mengenmäßigen Reihung, zusammen.

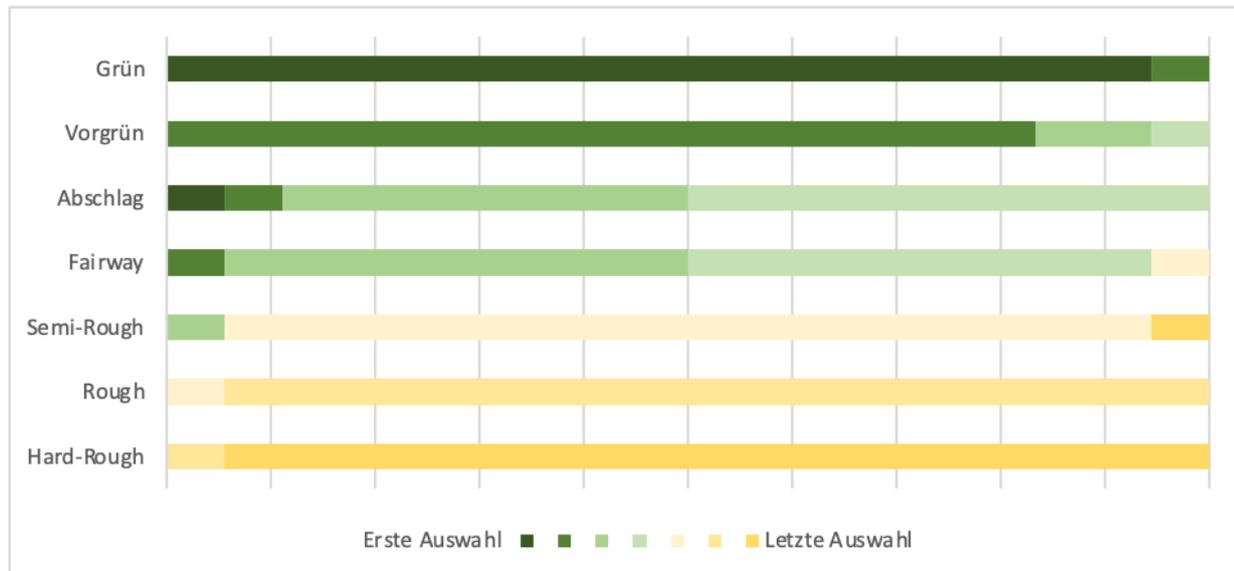


Abbildung 11: Pestizidausbringungsmenge der online-befragten Golfplätze (n=18).

Die Grüns sind laut der Umfrage dem höchsten Pestizideinsatz ausgesetzt. Auf den Vorgrüns und den Abschlägen wird die zweithöchste Pestizidmenge eingesetzt. Auf den Fairways werden hingegen kleinere Pestizidmengen, als auf den zuvor genannten Flächen ausgetragen. Mengenmäßig sind das Semi-Rough, das Rough sowie das Hard-Rough am geringsten vom Pestizidaustrag betroffen.

Auch die Interviewpartner*innen wurden bezüglich der ausgebrachten Pestizidmenge befragt. Auf der Golfanlage NÖ1 kommen 1,5 kg/ha des Kombinationsfungizids mit den Wirkstoffen Pyraclostrobin und Boscalid sowie 4 L/ha Herbizide und 5 L/ha Insektizide zum Einsatz. Die Wirkstoffe der Herbizide und Insektizide sind nicht bekannt. Diese Schädlingsbekämpfungsmittel werden laut dem Golfclub vorwiegend auf den Grüns, Fairways und Abschlägen ausgebracht.

Der Golfplatz OÖ2 gibt an, 3-mal im Jahr auf den Grüns und Abschlägen jeweils 1 L/ha des Fungizids mit dem Wirkstoff Tebuconazol aufzutragen.

Dasselbe Pilzbekämpfungsmittel wird auch auf den Grüns des Golfplatzes NÖ2 in einer Menge von 1L/ha verwendet. Des Weiteren wird diese Fläche mit 0,75 kg/ha des bereits genannten Kombinationsfungizides sowie 3 L/ha eines Pilzbekämpfungsmittels mit dem Wirkstoff Fludioxonil

versorgt. Auf dem Fairway sowie Abschlag wird hierbei ebenfalls das Tebuconazol-haltige Fungizid in der jeweiligen Menge von 1L/ha sowie 0,9L/ha aufgetragen.

4.5 Einflussnahme von Bodeneigenschaften und Pflanzen auf die Grundwasserqualität

Wie in Kapitel 2.5 bereits beschrieben, können unterschiedliche Bodentypen, wie Schluff-, Sand-, Lehm- oder Tonböden auf Golfplätzen vorkommen. Die nachstehende Abbildung 12 stellt die Ergebnisse des Fragebogens zur Frage der vorherrschenden Bodenart auf den jeweiligen Golfplätzen dar. Die online-befragten Golfplätze haben oft mehrere Bodenarten als vorherrschend eingestuft, weshalb die Anzahl der Bodenarten (30) größer als die Anzahl der zu untersuchenden Golfplätze ($n = 20$) ist. Die Abbildung 12 zeigt, dass Lehm- und Sandboden am häufigsten bei den befragten Golfanlagen vorkommen.

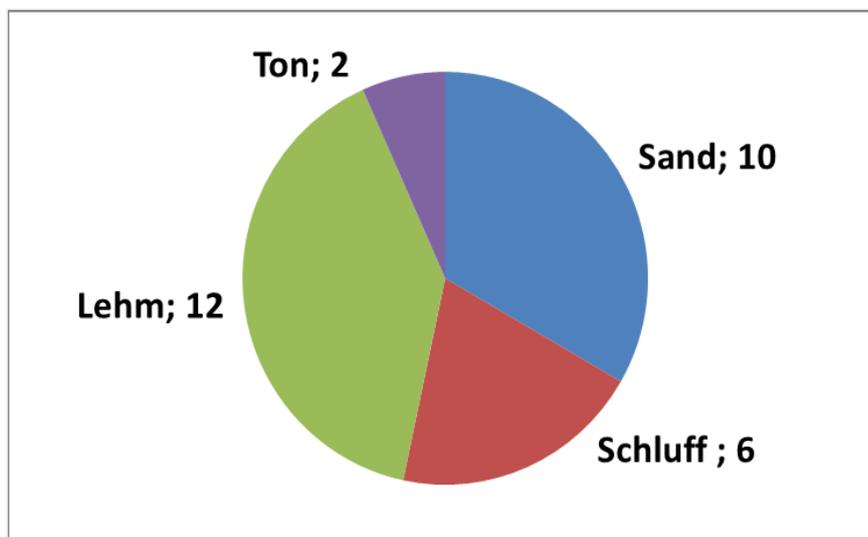


Abbildung 12: Vorherrschende Bodenarten auf den online-befragten Golfplätzen ($n=20$).

Laut den Greenkeeper*innen sind die Golfclubs Tirol1 und OÖ1 vorwiegend auf Sand- und Tonböden errichtet. Der Golfplatz OÖ2 nennt Lehm-, Ton- und Schluff als die vorherrschenden Bestandteile des Bodens auf den beispielbaren Flächen. Laut NÖ1 befinden sich die Fairways, Vogrüns, Roughs und Grünumgebung auf lehmhaltigen Böden. Derselbe Golfplatz beschreibt, dass die Grüns auf Sand angesät sind und bei den Abschlägen Sand in die Lehmböden eingefräst und dann angesät wurden.

Die Auswertung der Pflegemaßnahmen, welche für den Rasen gesetzt werden, ist in Abbildung 13 dargestellt. Die Werte beziehen sich nur auf die Antworten des Fragebogens.

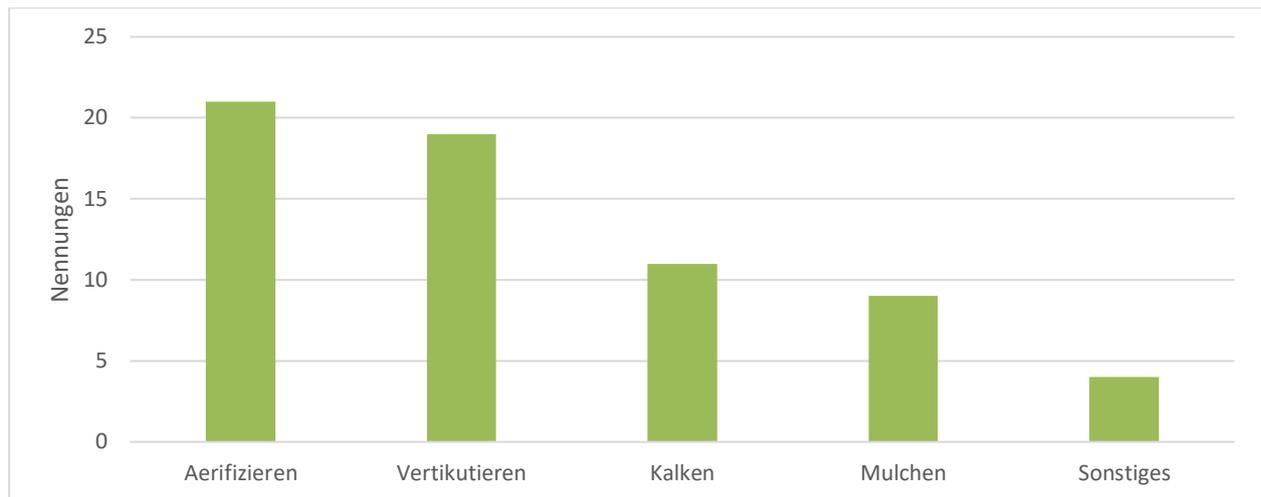


Abbildung 13: Getroffene Pflegemaßnahmen der teilgenommenen Golfplätze für Boden und Rasen (n=21). Zu den am häufigsten genannten Bodenbearbeitungsmaßnahmen zählen Aerifizieren und Vertikutieren, wobei Aerifizieren sowohl beim Fragebogen, als auch bei den Expert*innen-Interviews von jeder Golfanlage als eingesetzte Bearbeitungsmaßnahme genannt wurde. Kalken wird bei 11 und Mulchen bei 9 der 21 teilgenommenen Golfclubs angewendet.

Bodenverdichtung

Vier von sechs interviewten Greenkeeper*innen sprechen von Problemen mit Bodenverdichtung auf den beispielbaren Flächen, welchen mit Aerifizieren des Bodens entgegengewirkt wird. Da beim Aerifizieren große Löcher in den Boden gebohrt werden und das den Spielbetrieb einschränken kann, kommt auf dem Golfplatz NÖ2 während der Saison eine Belüftung mit Nägeln zum Einsatz. Die interviewten Greenkeeper*innen aerifizieren meist 1- bis 3-mal pro Jahr. Fünf von sechs Golfplätzen geben an, mit Vertikutieren zu arbeiten. Zwei der sechs Golfanlagen setzen Topdressing ein.

Herausforderungen in der Rasenpflege

Herausforderungen des Pflegemanagements haben fast alle interviewten Golfplatzbetreiber*innen im ähnlichen Ausmaß. Häufig wird die Witterung als größte Herausforderung in der Golfplatzpflege genannt. Laut den Greenkeeper*innen gibt es verstärkte Wetterextreme in Folge von längeren Hitze- und Regenperioden. Dies führt laut ihnen zu einem höheren Wasserbedarf und einer höheren Rasenkrankheitsanfälligkeit. Die Golfclubs NÖ1 und NÖ2 nennen im konkreten Probleme mit *Schneeschnitzel*. Der Greenkeeper*innen des Golfclubs NÖ1 beschreiben noch weitere negative biotische Faktoren, wie die *Wiesenschnake*, *Engerlinge* und Vögel, die nach *Futterraupen* suchen und damit beträchtlichen Schaden verursachen.

Maßnahmen zur Vermeidung von Pilzkrankheiten

Die Auswertung des Fragebogens ergibt, wie bereits in Kapitel 4.2 erwähnt, dass 17 von 21 teilgenommenen Golfplätzen in den letzten Jahren vermehrt Probleme mit Krankheitserregern, Schädlingen und/oder Schadorganismen aufgefallen sind. Die Befragung mittels Fragebogen hat

außerdem ergeben, dass 9 der 21 Golfanlagen vermehrt Probleme mit Pilzkrankungen haben. Die Ergebnisse der gesetzten vorbeugenden Maßnahmen gegen Pilzbefall finden sich in Abbildung 14.

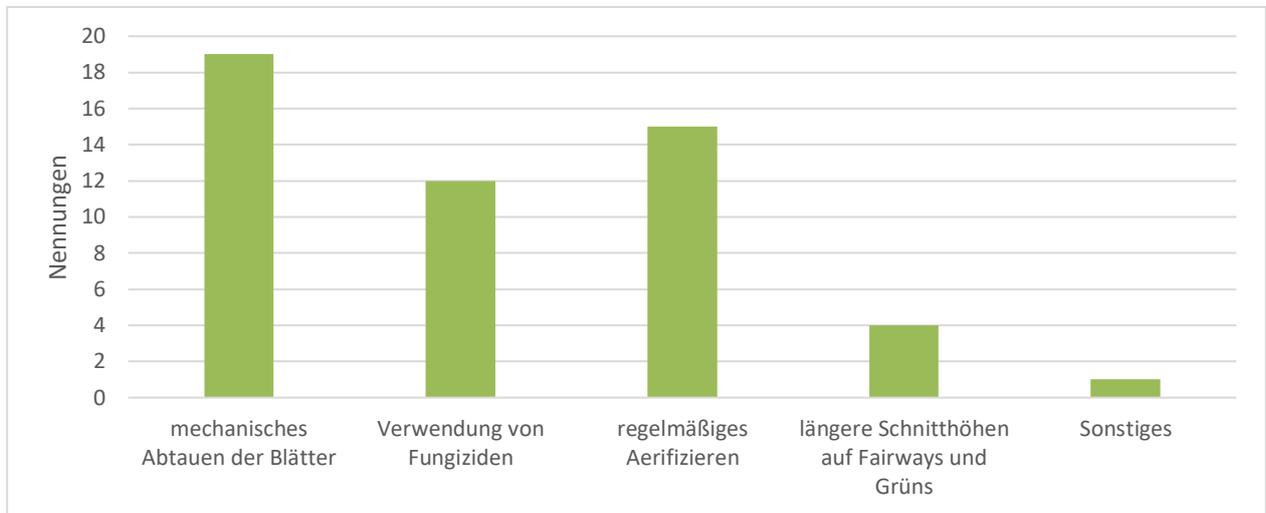


Abbildung 14: Getroffene Maßnahmen der online-befragten Golfclubs zur Vermeidung von Pilzkrankheiten (n=20).

Die am häufigsten genannte Maßnahme ist das mechanische Abtauen der Blätter. Dabei wird der Tau auf Pflanzen beseitigt, da durch Taubildung Pilzbefall begünstigt wird. Auch regelmäßiges Aerifizieren des Bodens ist von 15 der 20 Online-Befragten gewählt worden. Von den 20 Golfclubs setzen 12 Fungizide ein und 4 achten auf eine längere Schnitthöhe der Fairways und Grüns.

Trockenstress und Vernässung

Die Auswertung des Fragebogens ergibt, dass 13 der 21 befragten Golfplätze vermehrt Wassermangel aufgrund fehlenden Niederschlags haben. Bei 8 von 21 Golfanlagen treten großflächige Verbrennungen auf Fairways oder Grüns auf. Etwa ein Viertel der Golfplätze hat vernässte Flächen aufgrund zu hohen Niederschlags.

Kommt es auf den Golfanlagen zu Hitze- und Dürreperioden setzen die Teilnehmer*innen des Fragebogens folgende Maßnahmen in Abbildung 15 ein, um den negativen Auswirkungen auf den Rasen und Boden entgegenzuwirken.

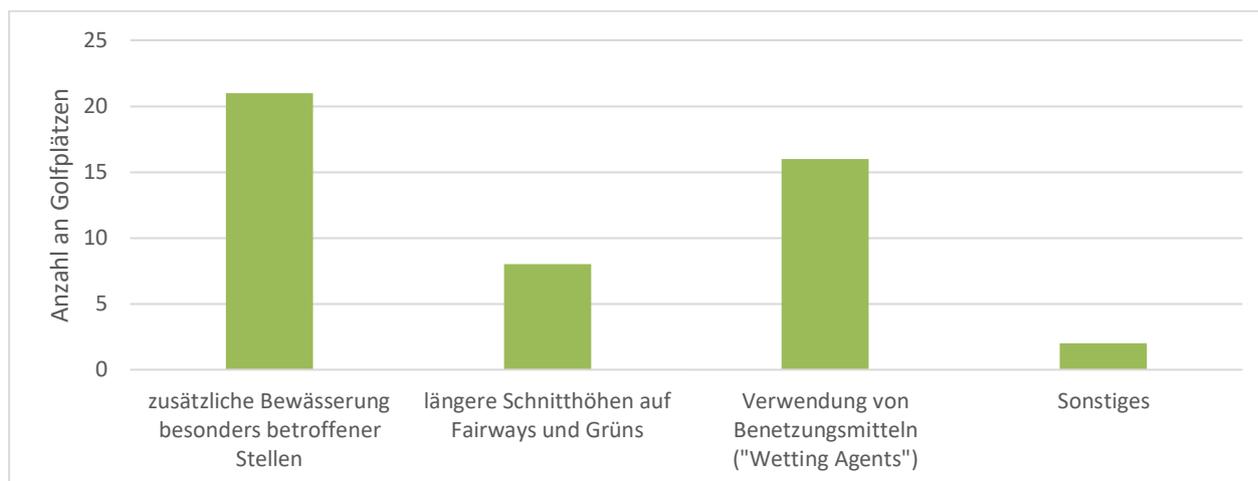


Abbildung 15: Getroffene Maßnahmen der online-befragten Golfclubs bei Hitze- und Dürreperioden (n=21).

Wenn man Abbildung 15 mit Abbildung 14 vergleicht fällt auf, dass längere Schnitthöhen auf Fairways und Grüns als Maßnahme sowohl bei Hitze- und Dürreperioden als auch zur Vermeidung von Pilzkrankheiten eingesetzt werden. Besonders betroffene Stellen werden auf allen befragten Anlagen zusätzlich bewässert. Wie in Abbildung 13 erkennbar, verwenden 16 von 21 Teilnehmer*innen des Fragebogens Benetzungsmittel, sogenannte *Wetting-Agents*, um die Wasserspeicherfähigkeit des Bodens zu erhöhen.

Fünf der sechs interviewten Greenkeeper*innen haben in den letzten Jahren vermehrt Trockenstress auf den beispielbaren Flächen festgestellt. Der Golfplatz NÖ1 setzt ab April monatlich *Wetting-Agents* auf den Grüns, Fairways und Abschlägen ein. Die Golfplätze NÖ2 und OÖ2 spritzen diese ebenfalls.

Die Golfclubs Tirol1 und OÖ1 verzichten während Hitzeperioden auf Aerifizieren sowie Vertikutieren und mähen so wenig wie möglich. Besonders das Grün, welches normalerweise fast täglich gemäht wird, soll während Hitzeperioden nur alle zwei Tage geschnitten werden, so der Golfclub Tirol1. Der Golfplatz NÖ2 setzt auf die Anpassung des Düngeplans, wobei dann vermehrt Flüssigdünger statt Granulat ausgebracht wird. Sollten die betroffenen Flächen zu trocken werden, wird komplett auf Düngung verzichtet, meint NÖ2. Beim Großteil der Expert*innen-Interviews liegt das Augenmerk auf den vorsorglichen Einsatz von Pflege- und Bodenbearbeitungsmaßnahmen.

Probleme mit Vernässung der beispielbaren Flächen haben zwei der sechs interviewten Golfanlagen, wobei diese bei dem Golfplatz Tirol1 nur vereinzelt auftreten. Grund für die Vernässung des Rasens beim Golfclub Wien1 ist das schlecht ausgebaute Drainagesystem auf den Grüns.

4.6 Gegenwärtige sowie zukünftige Maßnahmen zum Erhalt der Grundwasserqualität

Kontrollmessungen vom Grundwasser und Boden

Die nachfolgende Abbildung 16 illustriert die Auswertung des Online-Fragebogens in Bezug auf das Grundwasser. Hierfür wurden die Teilnehmer*innen befragt, ob Güteparameter im Grundwasser ihrer Golfanlage gemessen werden.

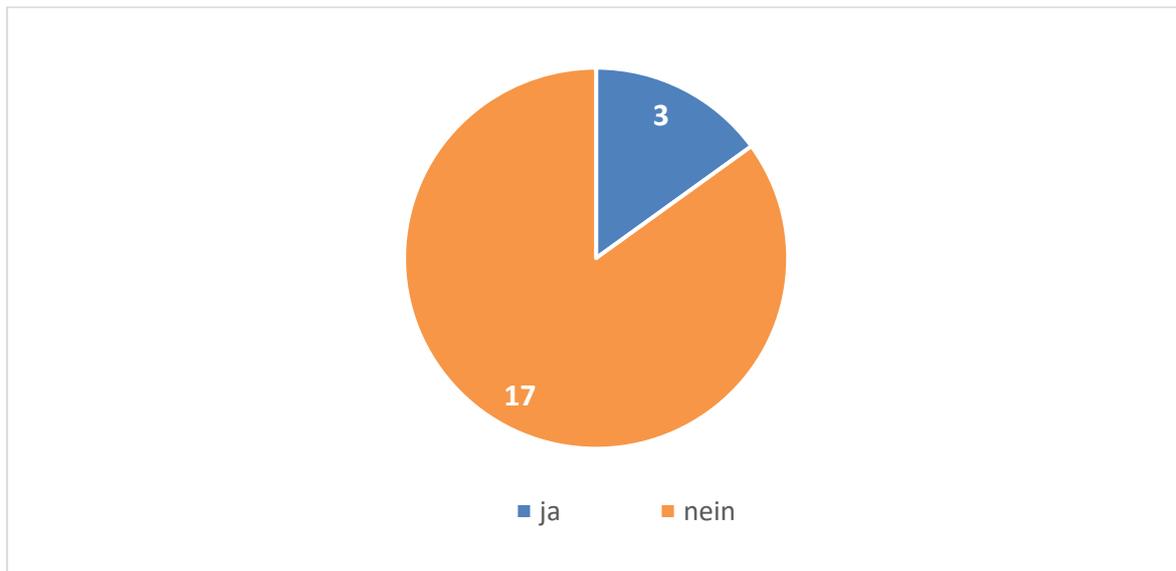


Abbildung 16: Messung der Güteparameter im Grundwasser der online-befragten Golfclubs (n=20).

Bei 3 der 20 Golfanlagen finden Grundwassermessungen statt wohingegen 17 Befragte angegeben haben keine durchführen zu lassen.

Konkrete Pläne für den zukünftigen Erhalt der Grundwasserqualität nannten während der Expert*innen-Interviews zwei der sechs Golfclubs. Bei dem Golfclub NÖ1 soll es zu Monitoringzwecken eine neue Wetterstation geben, um vor allem die Feuchtigkeit des Bodens messen zu können. Der Golfclub Wien1 plant die Investition in ein neues Bewässerungssystem. Die Greenkeeper*innen der Golfclubs OÖ1, Tirol1 sowie NÖ1 möchten den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln reduzieren oder gänzlich damit aufhören. Der Golfclub NÖ2 gibt bekannt, jedes Jahr zwei Bodenproben zu entnehmen, um den tatsächlichen Bedarf an Dünger und Pestizidmengen ermitteln zu können. Zusätzlich werden in NÖ2 auch jährlich drei Grundwasserkontrollen durchgeführt. Ähnlich handhaben das die Golfclubs Wien1, OÖ1 und Tirol1, welche regelmäßige Grundwasser- und Bodenproben analysieren lassen. Der Golfclub OÖ1 muss seine Untersuchungen alle fünf Jahre durchführen, während die restlichen Golfclubs diese 2-mal im Jahr umsetzen. Der Golfverein Tirol1 erwähnt auch, dass die Golfanlage in der Nähe eines Flusses situiert ist und zum Schutz dessen die Entnahme von Grundwasserproben verpflichtend ist. Der Golfclub OÖ2 entnimmt ebenfalls Bodenproben zur Messung der

Feuchtigkeit unter dem Rasen. Der Golfplatz NÖ1 entnimmt hingegen weder Boden- noch Grundwasserproben.

Herausforderungen bezüglich zukünftiger Klimabedingungen

Die Golfclubs, welche am Fragebogen teilgenommen haben, sollten ihre Einschätzung abgeben, ob in Zukunft vermehrt Grassorten mit geringerem Wasserverbrauch zum Einsatz kommen. Dabei ist auf einer Skala von 0 (unwahrscheinlich) bis 10 (äußerst wahrscheinlich) ein ganzzahliger Wert auszuwählen. Die Auswertung ergibt, dass 2 von 20 dies als wahrscheinlich einschätzen, 13 von 20 nehmen dies eher als unwahrscheinlich an. Ein Viertel ist unschlüssig über den vermehrten Einsatz von Grassorten mit geringerem Wasserverbrauch.

Bei der Auswertung des Fragebogens in Bezug auf die Saisondauer. Hat sich diese entweder verlängert oder ist unverändert geblieben. Bei keinem der 21 teilgenommenen Golfplätzen hat sich die Saison verkürzt. Vier von fünf niederösterreichischen Golfplätzen haben angegeben, dass die Saisondauer unverändert geblieben ist. Im Gegensatz dazu geben alle oberösterreichischen sowie vorarlbergischen Golfplätze an, dass sich die Saison verlängert hat. Der interviewte Golfplätze Wien1 spricht von einer längeren Saison und behauptet, dass in fünf bis zehn Jahren eine ganzjährige-Saison möglich sein wird.

Extremwetterverhältnisse werden immer häufiger, so die Einschätzung von vier der sechs interviewten Golfclubs. Der Golfclub NÖ1 sieht besonders die zukünftigen Extremniederschläge problematisch für die Beispielbarkeit des Golfplatzes. Der Golfclub Tirol1 erwartet immer heißer werdende Sommer, wobei dieses Jahr eine Ausnahme mit niederschlagsreicheren Sommermonaten darstellte. Probleme mit zu viel Trockenheit sowie Nässe sieht der Golfclub NÖ2 auch in Zukunft. Dieser benennt den Klimawandel als Ursache für die extreme Witterung und möchte mit einem besseren Bewässerungssystem sowie einer optimierten Dünge- und Pflanzenschutzmittelplanung den Auswirkungen entgegenwirken. Außerdem plant er eine neue Grünkonstruktion, wobei teilweise eine Folie über die Grüns gespannt wird, um die Evaporation des gespeicherten Wassers zu vermindern. Der Golfclub OÖ1 erwartet ebenfalls Herausforderungen mit zu viel Hitze und Nässe. Dieser möchte mit dem Einsatz eines Futtermittels ein Drittel des Wasserverbrauchs der Golfanlage einsparen. Jenes Futtermittel (*Betain*) ist ein multifunktionaler Nährstoff, welcher als eine Art organischer Dünger ausgebracht werden kann. Dabei hilft er den Pflanzenzellen den Wasser- und Energiehaushalt aufrechtzuerhalten und eine Dehydrierung vorzubeugen (AGRANA Beteiligungs-AG, s.a.). Der Golfclub OÖ2 erwartet keine neuen Herausforderungen für die Beispielbarkeit des Golfplatzes bezüglich der zukünftigen Klimaverhältnisse.

5. Diskussion und Schlussfolgerung

5.1 Einflüsse auf die Düngierzusammensetzung und Düngerausbringung

Interessant ist, wie stark die Düngierzusammensetzungen voneinander abweichen bezüglich des NPK-Verhältnisses. Hierfür kann man nur die Interviewergebnisse in Relation mit der Literatur setzen, da im Online-Fragebogen nicht genauer darauf eingegangen werden konnte. Grund für die Abweichungen könnten sein, dass der jeweilige Golfplatz spezifische Ansprüche bezüglich der Nährstoffergänzung hat und deshalb mehr bzw. weniger Stickstoff, Phosphor oder Kalium benötigt werden.

Im Kapitel 2.4 ist die Anzahl an Düngerausbringungen pro Jahr ersichtlich. Vergleicht man diese mit landwirtschaftlichen Flächen, so lässt sich feststellen, dass Golfplätze öfter Dünger ausbringen. Dies ist vorteilhaft, da sich die Jahresdüngermenge besser im Boden verteilen kann, als wenn der Dünger nur 2-mal pro Jahr ausgebracht wird. Die Ergebnisse der Literaturrecherche decken sich mit jenen der Interviews in Bezug auf Düngerausbringung. Der Unterschied liegt darin, in welchen Monaten und in welchem Wochenabstand der Dünger angewendet wird. Die Gesamtanzahl an Düngevorgängen im Jahr stimmt dennoch grob mit dem Literaturergebnis im Kapitel 4.1 überein. Der einzige Ausreißer hierbei ist der Golfclub OÖ1, der 2-mal im Jahr mit einem organischen Dünger arbeitet. Es kann verschiedene Ursachen für eine variierende Düngerausbringung der interviewten Golfplätze geben. Die standortbedingten Witterungsverhältnisse können unterschiedlich sein, die Wachstumsphasen der Grassorten auf den betroffenen beispielbaren Flächen können den Düngerbedarf bestimmen und die Intensität des Golfbetriebes kann zu Unterschieden in der Belastung der beispielbaren Flächen führen. Des Weiteren ist aufgefallen, dass meistens bei trockenen Bedingungen gedüngt wird, damit die Nährstoffe nicht durch nasse Böden oder Regen schneller in das Grundwasser ausgewaschen werden können. Jedoch hat der Golfclub OÖ1 keine bevorzugte Witterung im Kapitel 4.3 angegeben, da sein organischer Dünger wesentlich langsamer die zugeführten Nährstoffe an den Boden abgibt und somit Auswaschungen vermieden werden können.

Die ausgebrachte Düngermenge variiert ebenfalls stark von Golfplatz zu Golfplatz. Diese Abweichungen in der Düngermenge im Kapitel 4.3 wurden nicht erwartet. Der Golfclub OÖ1 braucht wesentlich mehr Dünger als die Golfvereine, die synthetischen Dünger einsetzen. Dies ist auf die Art des Düngers zurückzuführen. Der organische Dünger, den der Golfclub OÖ1 einsetzt, kann in einer großen Menge auf einmal ausgebracht werden. Er wird nur 2-mal im Jahr eingesetzt, weil die Nährstoffe langsamer aufgenommen werden, als bei herkömmlichen organischen Düngern. Der Golfclub Wien1 setzt ebenfalls vorwiegend organischen Dünger in Form von Kompost ein, düngt aber mit anderen Mengen. Der Grund dafür ist die unterschiedliche Zusammensetzung der beiden organischen Dünger.

Insgesamt ist überraschend gewesen, dass innerhalb der sechs interviewten Golfvereine die Düngerszusammensetzung und dessen zeitliche und mengenmäßige Ausbringung variieren und trotzdem alle ausgesagt haben, im Rahmen der Vorschriften die Golfanlage mit Dünger pflegen zu können.

5.2 Organischer Dünger als Chance zur grundwasserschonenden Golfrasenpflege

Während der Erhebung der empirischen Forschungsergebnisse stellte sich heraus, dass vermehrt auf organischen Dünger zurückgegriffen wird. Dies ist ein unerwartetes Ergebnis gewesen, welches nicht ganz mit der Literatur übereinstimmt.

Interessant waren die Auskünfte vom Golfclub OÖ1. Dieser ist bereits zu 80% biologisch. Sein organischer Dünger unterscheidet sich von anderen organischen Düngern darin, dass dieser viel langsamer Nährstoffe an den Boden abgibt und somit zielgerichteter eingesetzt werden kann. Mit dem Einsatz eines Futtermittels gegen Dürreprobleme sowie seines organischen Düngers hat der Golfplatz innerhalb der letzten sechs Jahre positives Feedback erhalten. Der Boden ist laut Aussage gesünder, weniger verfilzt und deutlich weniger Pflanzenschutzmittel werden benötigt, um die Vitalität des Rasens aufrecht zu erhalten.

Der Golfclub Wien1 hat ein Kompostprogramm erstellt, welches 70 % des benötigten Stickstoffs für den Golfplatz liefert. Auf Pflanzenschutzmittel kann seitdem verzichtet werden.

Diese neuen Maßnahmen sind ausschlaggebend für die Zukunft, da auf diesen Golfplätzen der Einsatz von Pestiziden und synthetischem Dünger drastisch gesunken ist und folglich eine Erleichterung für das Grundwasser bedeutet. Außerdem konnte durch diese neuen Bewirtschaftungsmethoden die Aussage der Literaturrecherche, dass keine organischen Dünger auf Golfplätzen eingesetzt werden sollen, da diese die Nährstoffe zu schnell an den Boden abgeben, zum Teil widerlegt werden. Mit den neu generierten Daten aus den zwei zuvor erwähnten Interviews kann gezeigt werden, dass diese Aussage durchaus veraltet ist, da gegenwärtige Methoden aus der Landwirtschaft einen sicheren Einsatz von organischen Düngemitteln gewährleisten können. Dies konnte nachgewiesen werden, da beide Golfplätze Bodenproben in gewissen Abständen ziehen lassen müssen und diese keine Verschlechterungen der Grundwasserqualität aufwiesen.

5.3 Schädlingsbekämpfung auf Golfplätzen

Das Vorkommen von Schadorganismen auf Golfplätzen hat sich durch die Umfrage und die Interviews bestätigt. Das Feld „Sonstige“ in Abbildung 8 wurde bei dem Auftreten von Schadorganismen am zweit öftesten angeklickt, jedoch kann man nicht sagen, auf welche

Schadorganismen sich das bezieht, da im Rahmen des Fragebogens nicht alle Schädlinge genannt wurden.

Die Ergebnisse der Literatur treffen weiterhin zu, jedoch haben sich die Klimaverhältnisse im Laufe der Jahre kontinuierlich verändert. Daher sind mittlerweile auch andere, zuvor weniger aufgetretene oder neue invasive Schadorganismen auf Golfgrasflächen vorzufinden. Es fällt außerdem auf, dass durch den geringen Niederschlag bzw. durch den fehlenden Schneefall im Winter die Vermehrung von Rasenkrankheiten begünstigt wird. Die Schädlinge würden sonst durch das Erfrieren über den Winter an der Ausbreitung gehindert werden.

Auf den Golfplätzen werden vermehrt *Fadenwürmern*, auch *Nematoden* genannt, entdeckt. Vor acht Jahren waren diese noch nicht in Österreich angesiedelt, dies kann auf die durchschnittlich steigenden Temperaturen durch den Klimawandel zurückgeführt werden. Aufgrund der fehlenden tiefen Temperaturen werden die Schädlinge im Winter nicht mehr an ihrer Ausbreitung gehindert. Als Lösung setzt der Golfclub NÖ1 andere *Nematoden* ein, die für den Rasen nicht schädlich sind.

Um das Auftreten von Schadorganismen zu verringern bzw. im Griff zu halten, werden verschiedene Pestizidarten eingesetzt. Der Pestizideinsatz wird laut Kapitel 2.4 auf Golfplätzen auf ein Mindestmaß reduziert und ist deutlich geringer, als auf landwirtschaftlichen Flächen. Interessanterweise treten beim Golfclub Wien1 keine Pilzkrankheiten auf, dieser kann daher auf Fungizide verzichten. Ein Grund dafür ist, dass der eingesetzte Kompost als Dünger zusätzlich auch Pilzkrankheiten vermeiden kann.

Aus dem Vergleich zwischen der Literatur und den empirischen Erhebungen lässt sich schlussfolgern, dass der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln weiterhin nur nach Bedarf und im Mindestmaß erfolgt und somit keine Kontaminierung des Grundwassers durch einen erhöhten Pestizideinsatz befürchtet werden muss. Grundsätzlich gilt aber, dass der Pestizideinsatz trotzdem noch weiter reduziert werden kann. Gerade im Fall von Starkregenereignissen, wie sie in Österreich immer öfter auftreten, können Pestizide und andere Schadorganismen in das Grundwasser ausgewaschen werden, dies hat dann eine Verschlechterung der Wasserqualität zur Folge.

5.4 Potentielle Beeinflussung der Grundwasserqualität durch den Faktor Boden

Wie in Abbildung 12 beschrieben, wurden in der Umfrage mehrere Bodenarten als vorherrschend eingestuft. Besonders interessant ist, dass vorwiegend Sand und Lehm als dominierende Bodenart angegeben wurden. Diese Bodenarten weisen jedoch völlig gegensätzliche Bodeneigenschaften auf, dies hat dann auch unterschiedliche Pflegemaßnahmen zur Folge. Das Ergebnis der Umfrage ist darauf zurückzuführen, dass es auf Golfplätzen beide Bodenarten

häufig gibt. Die nicht beispielbaren Golfflächen bestehen aus Lehm. Der vorherrschende Sandboden auf den beispielbaren Flächen hilft zusätzliche Bodenverdichtungen vermeiden zu können. Das Auftragen einer Rasentragschicht auf den beispielbaren Flächen erhöht das Verschmutzungspotenzial des Grundwassers. Besonders bei hohem Verschmutzungsgraden ist eine Verschlechterung der Grundwasserqualität, trotz Einbau eines Drainagesystems nicht auszuschließen. Somit wirkt sich der Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmittel bei den genannten Böden unterschiedlich stark auf die Grundwasserqualität aus, da durch Sandböden leichter Schadstoffe in das Grundwasser gelangen können als durch Lehmböden.

Die sich verändernden Klimaverhältnisse haben auf Golfplätzen im Bereich des Rasenmanagements drastische Folgen. Die Änderung von Niederschlagsmengen und die verlängerten Trockenperioden haben einen großen Einfluss auf die Vitalität des Rasens. Besonders wird die starke Bodenverdichtung von den intensiv bewirtschafteten Flächen des Golfplatzes von den Interviewpartner*innen hervorgehoben. Vorteilhafterweise handelt es sich, wie man bereits in **Error! Reference source not found.** ablesen konnte, bei den meistgenutzten Bodenbearbeitungsmaßnahmen, dem Aerifizieren und Vertikutieren, um nicht-chemische Pflegemaßnahmen gegen Bodenverdichtungen. Diese können als grundwasserschonend eingestuft werden.

Ebenfalls ist der Pilzbefall auf Golfplätzen durch die sich ständig wandelnden Klimaverhältnisse gestiegen. *Dollarspot* und *Schneesimmel* gelten als sehr häufige Pilzkrankungen, welche sich vor allem durch die geänderten Witterungsbedingungen schneller ausbreiten können. Hohe Niederschlagsmengen bei Extremwetterereignissen können nämlich unter anderem *Schneesimmel* hervorrufen und durch die fehlende Abkühlung in heißen, schwülen Nächten treten immer häufiger *Dollarflecken* auf.

Es wirken sich aber auch andere Stressfaktoren auf den Rasen aus. So wird durch zu viel Mähen und Vertikutieren vermehrtes Pilzaufkommen auf dem Rasen begünstigt. Außerdem wurde in den letzten Jahren vermehrt Wassermangel aufgrund fehlenden Niederschlags festgestellt. In den Sommermonaten ist auf den meisten Golfplätzen mit Verbrennungen auf den Grünflächen zu rechnen. Um den Stress, der auf den Rasen einwirkt, reduzieren zu können, werden verschiedene Maßnahmen gesetzt, welche in Abbildung 11, Abbildung 12 und Abbildung 13 abgelesen werden können. In vielen Fällen kommen *Wetting-Agents* zum Einsatz. Problematisch daran ist, dass diese mit unzureichender Forschung auf den Markt gebracht werden können, da es von Seiten der Behörden an Vorgaben, Grenzwerten und Regulationen mangelt. Deshalb ist es empfehlenswert auf chemische Produkte zu verzichten und auf nicht-chemische

Bodenpflegemaßnahmen, wie Aerifizieren oder das Reduzieren der Schnitthöhen, zurückzugreifen, um den Trockenstress zu reduzieren und das Grundwasser schonen zu können.

Während der Interviews wurde festgestellt, dass Vernässung eine Folge von unzureichend eingebauten Drainagesystemen sein kann. Insbesondere ältere Golfplätze weisen oft unzureichend ausgebaute oder gar keine Drainagesysteme auf. Dies kann dann für die Grundwasserqualität negative Folgen haben.

5.5 Grundwasserschutz heute und in der Zukunft

Grundwasserproben sind auf österreichischen Golfplätzen nicht verpflichtend und nur bei Bedarf gesetzlich vorgeschrieben, wenn sich z.B. ein Golfplatz an einem Standort befindet, wo das Wasser unter Schutz steht. Dennoch führt der Großteil der online-befragten Golfclubs keine Proben durch (siehe Abbildung 14). Dieses Ergebnis ist überraschend, angesichts der Tatsache, dass regelmäßige Proben als Überwachungsinstrument dienen können, einen schonenden Umgang mit dem Grundwasser aufzeigen können und Golfplätze dadurch Missverständnisse oder Vorurteile bezüglich der Beeinträchtigung des Grundwassers auflösen könnten. Des Weiteren helfen Boden- und Grundwasserproben eine optimale Pestizid- und Düngermenge festzulegen, was vorteilhaft für die Rasenpflege ist. Die Erhebung dieser Proben stellt verständlicherweise einen zusätzlichen Arbeitsaufwand dar, doch die Vorteile davon würden überwiegen.

Ein weiterer erwähnenswerter Punkt ist die Vorbereitung auf die zukünftige Qualität des lokalen Grundwassers. Einerseits kommt es darauf an, ob sich ein Golfplatz zukünftige Maßnahmen zugunsten der Grundwasserqualität leisten kann und, ob bautechnische Maßnahmen in Bezug auf den Standort und das Alter des Golfplatzes möglich sind. Andererseits stellt sich die Frage, ob die Golfplätze sich der Erhaltung des Zustandes der lokalen Grundwasserqualität und deren Bedeutung für die Trinkwassergewinnung bewusst sind. Ein gesetzeskonformer Umgang mit Düng- und Pflanzenschutzmitteln ist der erste Schritt. Dennoch können weitere Maßnahmen, wie bspw. Boden- und Grundwasserproben sowie ein reduzierter Pestizideinsatz in Hinblick auf den Klimawandel bedeutend sein.

5.6 Auswirkungen des Klimawandels auf Golfplätze in Österreich

Die Fragebogenergebnisse stimmen mit den in der Literaturrecherche gesammelten Daten überein, da die verlängerte Saisondauer mit dem durchschnittlichen Anstieg der Temperatur der letzten Jahrzehnte in Verbindung gebracht werden kann. Im Gegensatz dazu haben vorwiegend die in Niederösterreich online-befragten Golfplätze keine Änderung in der Saisonlänge verzeichnet. Dies korreliert nicht mit den gewonnenen Daten aus den Interviews. Diese Abweichungen können durch die Größe des Bundeslands Niederösterreich erklärt werden. Die

genauen Standorte der Golfplätze werden vermutlich stark variieren. Niederschläge, Sonneneinstrahlung, aber auch die Auffassung der verschiedenen Greenkeeper*innen können ausschlaggebend für die widersprüchlichen Aussagen sein.

Durch das sich verändernde Klima in Österreich kommt es auch immer häufiger zu Extremwetterereignissen. Extremniederschläge und Dürren im Sommer werden vor allem als besonders wahrscheinlich und unangenehm eingestuft. Durch diese könnte die Bespielbarkeit der Golfflächen eingeschränkt werden. Gegenmaßnahmen werden bereits jetzt schon auf vielen Golfplätzen getroffen. Das Errichten von nachhaltigeren und effektiveren Bewässerungssystemen, die Optimierung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteleinsatz und neue Grünkonstruktionen, welche die Evatranspiration verringern sollen, sind nur einige von vielen möglichen grundwasserschonende Maßnahmen, die in Zukunft getroffen werden könnten.

Die Literaturrecherche ergab, dass durch das Anpflanzen neuer Grassorten, vor allem durch das Anpflanzen von Gräsern der C4-Pflanzen, wassersparende Maßnahmen gesetzt werden können, weil dadurch Evapotranspirationsverluste verringert werden könnten (siehe Kapitel 2.5). Umso überraschender waren jedoch die Antworten des Fragebogens. Die Mehrzahl der Greenkeeper*innen war eher skeptisch gegenüber der Frage, ob zukünftig neue Gräser auf österreichischen Golfplätzen angebaut werden könnten. Sie sehen dieses Szenario als eher unwahrscheinlich. Dieses Resultat war unerwartet, da die Literaturrecherche ergab, dass der Anbau von C4-Gräsern erfolgsversprechend sein könnte. Hervorzuheben ist jedoch, dass die verwendete Literaturquelle 1997 veröffentlicht wurde, seitdem hat sich im Bereich des Rasenmanagements einiges getan und andere vielversprechende Wassereinsparungsmethoden, wie beispielsweise *Wetting-Agents*, wurden entwickelt. Außerdem darf nicht vergessen werden, dass nur ein Bruchteil (21 Golfclubs) aller österreichischer Golfclubs bei jenem Online-Fragebogen teilgenommen haben, dadurch lassen sich keine allgemein gültigen Aussagen über die Anwendung von Wassereinsparungsmethoden in der Zukunft tätigen.

5.7 Aufgetretene Schwierigkeiten

Innerhalb dieser Arbeit sind einige Einschränkungen bemerkbar geworden. Die empirische Datenerhebung wurde vor allem durch die COVID-19 Pandemie eingeschränkt, da viele Golfplätze wegen des Lockdowns verfrüht in die sogenannte Winterpause gegangen sind. Dadurch hat sich gezwungenermaßen eine etwas geringere Rücklaufquote bei den angefragten Interviewpartner*innen ergeben. Außerdem war auch die Teilnehmer*innenzahl beim Fragebogen geringer als ursprünglich erhofft. Durch die Zusammenarbeit mit der Austrian Greenkeeper Association konnten zwar alle 157 Golfplätze in Österreich kontaktiert werden, schlussendlich haben aber nur 21 Golfplätze an der Umfrage teilgenommen. Auffällig nach Abschluss der Literaturrecherche war, dass ein Mangel an Quellen zu österreichischen

Golfplätzen im Zusammenhang mit der Grundwasserqualität zu verzeichnen war. Im Laufe der Auswertung der qualitativen und quantitativen Ergebnisse ist zudem bemerkbar geworden, dass eine Vielzahl an Golfplätzen keine Boden- oder Grundwasserproben ziehen lassen müssen, andere hingegen schon. Dies führte zu einer unausgeglichenen Informationsbasis. Außerdem war es durch die verschiedenen und teils ungenauen Angaben der interviewten Greenkeeper*innen schwer korrekte Aussagen über die eingesetzten Düngemengen zu treffen. Nach mehrmaliger Rücksprache mit den interviewten Greenkeeper*innen konnten Ungenauigkeiten beseitigt werden.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen dieser Arbeit wurde versucht, die Auswirkungen der Pflegemaßnahmen österreichischer Golfplätze auf die Grundwasserqualität zu untersuchen. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, dass durch geeignete Maßnahmen und neue Düngereinsatzmethoden Golfplätze noch grundwasserschonender aufgebaut werden können, als sie es schon sind. Wenn sich Greenkeeper*innen an die gesetzlich vorgegebenen Richtlinien für den Dünger- und Pestizideinsatz halten, sind Auswaschungen in das Grundwasser unwahrscheinlich. Dies impliziert, dass die Pflegemaßnahmen auf Golfplätzen im Allgemeinen keinen negativen Einfluss auf den Zustand der Grundwasserqualität haben.

Jedoch kommen Extremwetterereignisse immer häufiger vor, aufgrund des sich verändernden Klimas. Somit kann eine Auswaschung von Pestiziden und Düngemitteln besonders auf den intensiv bewirtschafteten Flächen einer Golfanlage nicht ausgeschlossen werden, da hier eine Rasentragschicht eingesetzt wird, welche die Auswaschung von Schadstoffen durchaus begünstigen kann. Deswegen sollte das Golfplatzmanagement dahingehend angepasst werden, dass vor allem Pestizide zukünftig sparsamer eingesetzt werden. Bei Düngemitteln muss eine langsame Zersetzung gewährleistet sein, damit eine Auswaschung im vornherein ausgeschlossen werden kann. Auch die vorsorgliche Bearbeitung des Bodens und Rasens ist essentiell für eine grundwasserschonende Pflege der bespielbaren Flächen einer Golfanlage.

Im Laufe der Auswertung des empirischen Teils dieser Arbeit konnte außerdem festgestellt werden, dass die gesammelten quantitativen und qualitativen Ergebnisse, mit denen der Literaturrecherche Großteils übereinstimmen. Vereinzelt Ausreißer und Ausschnitte der Ergebnisse der Literaturrecherche konnten mit Hilfe der gesammelten Informationen aus der empirischen Datenerhebung widerlegt werden. Es wurde festgestellt, dass durch neue Bewirtschaftungsmethoden, wie dem Auftragen eines bestimmten organischen Düngers oder dem Erstellen eines Kompostplans, organischer Dünger genauso gezielt aufgetragen werden kann, wie synthetische Dünger. Zwei der sechs interviewten Golfplätze konnten durch die neue Anwendungsformen Verfilzungen im Boden stark verringern. Die Literatur hingegen gab die Empfehlung ab, dass grundsätzlich auf die Applikation von organischem Dünger verzichtet werden soll, da dieser nicht zielgerecht aufgetragen werden könne. Mit diesen neu generierten Daten kann deshalb behauptet werden, dass Aussagen aus der Literatur durchaus veraltet sind, da die gegenwärtigen Methoden aus dem landwirtschaftlichen Sektor einen sicheren Einsatz von organischen Düngemitteln gewährleisten können. Aus diesen neuen Erkenntnissen ergibt sich neuer Forschungsbedarf im Bereich von organischen Düngemitteln und deren Langzeitwirkung. So könnten die gewonnenen Erkenntnisse durch weitere Forschung ergänzt und weitergeführt werden.

7. Literaturverzeichnis

- Ages (2020): Pflanzenschutzmittel - Verwendungsstatistik: Umsetzung der EU-VO 1185/2009 hinsichtlich landwirtschaftlicher Verwendung von Pflanzenschutzmitteln in Österreich. <https://www.ages.at/themen/landwirtschaft/pflanzenschutzmittel/forschung/pflanzenschutzmittel-verwendungsstatistik/> (16.12.2020).
- AGRANA Beteiligungs-AG (s.a.): Betain. <https://www.agrana.com/produkte/betain> (14.12.2020).
- GENOMXPRESS SCHOLÆ (2015): Moderne Ansätze der Photosyntheseforschung: Die Evolution von C4-Pflanzen vorhersagen. GENOMXPRESS SCHOLÆ. 4: 6-12. Hrsg.: Max-Planck-Institut für molekulare Pflanzenphysiologie, Geschäftsstelle PLANT 2030, Potsdam, ISSN 2190-524X.
- Anonym (s.a.): Eutrophierung (Überdüngung). <https://www.pflanzenforschung.de/de/pflanzenwissen/lexikon-a-z/eutrophierung-ueberduengung-1697> (16.12.2020).
- BGBI. Nr.531/1994 Bundesgesetz über den Verkehr mit Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln - Düngemittelgesetz - DMG (idF. v. 08.12.2020).
- BMLFUW (2017): Richtlinie für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland: Anleitung zur Interpretation von Bodenuntersuchungsergebnissen der Landwirtschaft. 7. Auflage, Hrsg.: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien.
- BMLRT (2018) Bundesministerium Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (2018): Wasserrechtsgesetz 1959 (WRG 1959). https://www.bmlrt.gv.at/wasser/wasseroesterreich/wasserrecht_national/wasserrechtsgesetz/WRG1959.html (08.12.2020).
- 91/676/EWG (1991) Richtlinie des Rates vom 12. Dezember 1991 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen, ABl. L 375 vom 31.12.1991, S. 1.
- Compo-Expert (2018): Ratgeber Golfrasen [Onlineversion]. https://www.compo-expert.com/sites/default/files/2020-03/RG_Golfrasen_DE_2018.pdf (7.11.2020).
- Fürnweiger, E. (2016): EMAS - Zertifizierung von Golfplätzen. Habilitationsschrift, Universität für Bodenkultur Wien. https://www.golfclub-koenigsfeld.de/fileadmin/user_upload/DGV-Fachinformation_Golfplatzpflege.pdf (5.12.2020).
- GMGK (2020): Archive GK. <https://www.golfmanager-greenkeeper.de/greenkeeper-online/archiv-gk/alle.html> (15.12.2020).
- Kostka, S.; Lung, G. (2012): Wetting Agents (Teil 1) Versprechen und Realität. <https://www.golfmanager-greenkeeper.de/greenkeeper-online/fachbeitraege-greenkeeper/fachwissen/allgemein/wetting-agents-teil-2-versprechen-und-realitaet.html> (15.12.2020).
- KPMG (2010): Golf Participation Report for Europe 2010: Golf Advisory Practice in EMA [Onlineversion]. https://www.golfbenchmark.com/golf_participation_in_europe_2010 (5.12.2020).
- KPMG (2011): Golf Participation Report for Europe 2011: Golf Advisory Practice in EMA [Onlineversion]. <https://www.eigca.org/uploads/documents/originals/Golf%20Participation%20on%20Europe%202011.pdf> (5.12.2020).

-
- KPMG (2013): Golf Participation Report for Europe 2013: Golf Advisory Practice in EMA [Onlineversion]. <https://www.eigca.org/uploads/documents/originals/KPMG%20Golf%20Participation%20in%20Europe%202013.pdf> (5.12.2020).
- KPMG (2016): Golf Participation Report for Europe 2016: Golf Advisory Practice in EMEA [Onlineversion]. <https://wearegolf.org/wp-content/uploads/2019/01/golf-participation-report-for-europe-2016.pdf> (5.12.2020).
- KPMG (2018): Golf Participation Report for Europe 2018: Golf Advisory Practice in EMEA [Onlineversion]. <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/xx/pdf/2018/11/golf-participation-report-for-europe-2018.pdf>. (5.12.2020).
- KPMG (2019): Golf Participation Report for Europe 2019: Golf Advisory Practice in EMEA [Onlineversion]. http://www.gegf.eu/wp-content/uploads/2019/10/KPMG_Golf_Participation_Report_for_Europe_2019.pdf (5.12.2020).
- Krčmář, D., Marschalko, M., Yilmaz, I.; Patschová, A.; Chalupková, K., Kovács, T. (2014): Potential pollution risk in natural environment of golf courses: an example from Rusovce (Slovakia). *Environ Earth Sci* 72: 4075-4084. Online: <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3296-4> (16.12.2020).
- Leinauer, B. (1997): Einfluß der Bewässerungsart auf Wasserverbrauch, Trockenstreß und Regenerationsverhalten einiger Rasengrasarten. Stuttgart: Verlag Ulrich E. Grauer.
- Licht, B.; Biber, M.; Schneider, H. (2013): Leitlinien zum Integrierten Pflanzenschutz (IPS) für eine zielgerichtete und nachhaltige Golfplatzpflege. 2. Auflage. Wiesbaden: Deutscher Golf Verband e.V. (DGV).
- Neururer, H. (2013): Aktuelle Hinweise für umweltschonende Golfplatzpflege im Jahre 2013 Wien: Österreichischer Golfverband und die österreichische Arbeitsgemeinschaft für integrierten Pflanzenschutz.
- RL 2000/60/EG (2000) Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmen für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik - Wasserrahmenrichtlinie – WRRL (idF. v. 22.12.2000) ABI Nr. L 327/2000.
- Sattelberger, R.; Hauzenberger, I. (2001): Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und Biozid-Produkten im nicht-land- und forstwirtschaftlichen Bereich. Wien: Umweltbundesamt GmbH.
- Schneider, H.; Licht, B.; Bocksch, M.; Lung, Dr. G. und Biber, M. (2012): DGV-Fachinformation [E-Book]. 1. Aufl., Wiesbaden.
- Schulz, H. (1998): Golf + Naturschutz: Bewässerung von Golfanlagen; Schonender Umgang mit Wasser. Wiesbaden: Deutscher Golf Verband e.V. (DGV).
- Shuman, L. M. (2001): Phosphate and Nitrate Movement Through Simulated Golf Greens. *Water, Air, and Soil Pollution* 129: 305-318.
- Statista Research Department (2020a): Anzahl der Golfvereine in Österreich nach Bundesländern am 31. Dezember 2019. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/789703/umfrage/golfvereine-in-oesterreich-nach-bundeslaendern/> (7.11.2020).
- Statista Research Department (2020b): Mitglieder in Golfvereinen in Österreich bis 2019. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/218245/umfrage/anzahl-der-golfspieler-in-oesterreich/> (6.11.2020).
- Umweltbundesamt (2009): Gemeinsame Umsetzungsstrategie zur Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG): Leitfaden zur Beurteilung von Zustand und Trend im Grundwasser.

<https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/themen/wasser/wrrl/eu-leitfadennr-18-grundwasser.pdf> (08.12.2020).

Umweltbundesamt GmbH (s.a.): EU-Wasserrahmenrichtlinie: Zentrale Zielsetzungen in der europäischen Wasserpolitik. <https://www.umweltbundesamt.at/umweltthemen/wasser/wrrl> (08.12.2020).

BGBl. II Nr. 385/2017 Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über das Aktionsprogramm zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen - Nitrat-Aktionsprogramm Verordnung – NAPV (idF. v. 18.12.2017).

BGBl. II Nr. 98/2010 Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über den guten chemischen Zustand des Grundwassers - Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser - QZV Chemie GW (idF. v. 30.08.2019).

BGBl. II Nr. 100/2004 Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, mit der Bestimmungen zur Durchführung des Düngemittelgesetzes 1994 erlassen werden – Düngemittelverordnung (idF. v. 08.12.2020).

WIFI (2020): Pflanzenschutzmittel-Sachkundenachweis. <https://www.wifi.at/kursbuch/handwerk-weitere-gewerbe/landschaftsgaertner/pflanzenschutz/pflanzenschutzmittel-sachkundenachweis> (15.12.2020).

8. Anhang

8.1 Interviewleitfaden der Expert*innen-Interviews

Einstieg

1. Wie lange arbeiten Sie schon als Greenkeeper? Oder wie lange üben Sie schon Ihre Tätigkeit in der Golfbranche aus?
2. Was gehört zu Ihren täglichen Aufgaben?

Themenblock A: Metadaten über den befragten Golfplatz

3. Wie groß ist die Golfanlage (in Hektar) und wie viel Loch hat diese?
4. In welchem Bezirk befindet sich die Golfanlage?
5. Wie viele Mitglieder zählt der Golfverein?
6. Wie viele Personen sind in der Golfanlage angestellt und wie viele sind davon Greenkeeper?

Themenblock B: Dünger und Pestizideinsatz auf österreichischen Golfplätzen

7. Welche Arten von Dünger setzen Sie ein? (Verwenden Sie organischen oder synthetischen Dünger?) Wenn möglich benennen Sie diese bzw. die Düngerzusammensetzung.
8. In welchen Monaten und wie oft bringen Sie den Dünger aus? Welche Witterung wird dabei bevorzugt?
9. Welche Menge an Dünger wird pro Hektar eingesetzt? Auf welchen Flächen wird der Dünger ausgebracht?
10. Welche Arten von Pestiziden, Insektiziden, Fungiziden, Herbiziden und Schädlingsbekämpfung setzen Sie ein?
11. Welche Mengen an Pestiziden, Insektiziden, Fungiziden, Herbiziden und Schädlingsbekämpfungsmittel werden pro Hektar ausgebracht? Auf welchen Flächen werden diese Mittel eingesetzt?
12. Ändert sich der zuvor genannten Einsatzmittel während des Jahres? Wenn ja, inwiefern?
13. Was sind die größten Herausforderungen bezüglich der Rasenpflege?

Themenblock C: Boden- und Rasenpflege

14. Welche Bodenbearbeitungsmaßnahmen kommen auf den beispielbaren Flächen bei Ihnen zum Einsatz?
15. Haben Sie Probleme mit Bodenverdichtung auf den beispielbaren Flächen? Falls ja, welche Maßnahmen setzten Sie, um diese zu verringern?
16. Kommen Rasenkrankheiten bei Ihnen vermehrt vor? Wenn ja, kennen Sie die Ursachen?
17. Haben Sie in den letzten Jahren vermehrt Dürreprobleme (Trockenstress) oder überdurchschnittlich nasse Böden (Vernässung) auf den beispielbaren Flächen bemerkt?
18. Inwiefern ändern sich die Bodenbearbeitungs- und Pflegemaßnahmen bei Trockenstress und/oder Vernässung?
19. Sind Ihnen in den letzten Jahren Neophyten und Neobiota untergekommen? Wenn ja, wirkt sich die Ansiedlung der invasiven Arten positiv oder negativ auf die Pflege der beispielbaren Flächen aus?

20. Welche Herausforderungen erwarten Sie für die Beispielbarkeit des Golfplatzes bezüglich der zukünftigen Klimaverhältnisse?

Schluss

21. Planen Sie in Zukunft Maßnahmen zum Erhalt bzw. Verbesserung des aktuellen Zustands der Grundwasserqualität? Wie zum Beispiel ausgebaute Monitoring- und Drainagesysteme, die Entnahme von Boden- und Grundwasserproben sowie mehr/weniger Dünger bzw. Pflanzenschutzmittel einzusetzen.

8.2 Fragebogen der Online-Umfrage

Wassermanagement auf Golfplätzen

Diese Befragung wird im Rahmen eines Interdisziplinären Projekts des Bachelorstudiums UBRM an der Universität für Bodenkultur Wien durchgeführt. Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

1. In welchem Bundesland liegt Ihr Golfclub?

2. Anzahl der Mitglieder:

3. Anzahl der Löcher:

- 9
- 18
- 27
- 36

4. Größe der Anlage in Hektar:

5. Anzahl der Greenkeeper:

Vollbeschäftigte/Teilbeschäftigte (z. B. 3/5)

6. Wie lange ist der Platz auf Sommergrüns bespielbar?

Saisonbeginn - Saisonende

7. Wie hat sich die Saisondauer in den letzten Jahrzehnten entwickelt?

- kürzer
- unverändert
- länger

8. Was ist die vorherrschende Bodenart auf Ihrem Golfplatz?

- Sand
- Schluff
- Lehm
- Ton

9. Wieviel Wasser wird durchschnittlich pro Jahr zur Bewässerung des Platzes
gebraucht?

Angabe in Kubikmeter

10. Wie hat sich der Wasserverbrauch in den letzten Jahrzehnten entwickelt?

- gestiegen
- unverändert
- gesunken

11. Verfügt der Golfplatz über eine automatische Bewässerungsanlage?

- ja
- nein

12. Wenn ja, welche Flächen werden bewässert?

Abschläge

Fairways

Grüns

Sonstiges

13. Woher wird das Wasser für die Bewässerung bezogen?

Seen, Teiche

Bäche, Flüsse

Grundwasser

Trinkwasser

Sonstiges

14. Welche Ereignisse sind in den letzten Jahren vermehrt aufgetreten?

Wassermangel aufgrund fehlenden Niederschlags

Vernässung aufgrund zu hohem Niederschlags

Pilzkrankungen (Rasen)

großflächige Verbrennungen auf Fairways oder Grüns

keine

Sonstiges

15. Sind Ihnen in den letzten Jahren vermehrt Probleme mit Krankheitserregern/Schädlingen/Schadorganismen aufgefallen?

ja

nein

16. Wenn ja, welche Probleme sind aufgetreten?

- Dollarflecken
- Rotspitzigkeit
- Schneeschimmel
- Kleearten
- Ehrenpreis & Vogelmiere
- Löwenzahn
- Wiesenschnaken
- Haarmücken
- Erdraupen

Sonstiges

17. Welche Maßnahmen werden während Hitze- und Dürreperioden getroffen?

- zusätzliche Bewässerung besonders betroffener Stellen
- längere Schnitthöhen auf Fairways und Grüns
- Verwendung von Benetzungsmitteln ("Wetting Agents")

Sonstiges

18. Welche sind die bewässerungsintensivsten Monate?

- April
- Mai
- Juni
- Juli
- August
- September
- Oktober
- November

19. Kommt es in diesen Monaten zu Engpässen bei der Bewässerung?

- ja
- nein

20. Gibt es Möglichkeiten bei Engpässen alternativ Wasser zu beziehen?

- ja
- nein

21. Wenn ja, woher kann das Wasser bezogen werden?

Seen, Teiche

Flüsse, Bäche

Grundwasser

Leitungswasser

Wassertanks

Sonstiges

22. Welche Maßnahmen werden getroffen um die Entstehung von Pilzkrankheiten in besonders niederschlagsreichen Perioden zu verhindern?

Verwendung von Fungiziden

regelmäßiges Aerifizieren

längere Schnitthöhen auf Fairways und Grüns

durch mechanisches Abtauen der Blätter

zusätzliche Drainagierung

23. Welche Art(en) von Pestiziden und Düngemittel verwenden Sie?

- Herbizide
 - Fungizide
 - Insektizide
 - Roxentizide
 - Wachstumsregulatoren
 - Organische Dünger
 - Synthetische Dünger
 -
- Sonstiges

24. Bitte reihen Sie die folgenden Golfplatzelemente nach der Menge des ausgebrachten Pestizides:

Reihen Sie von 1 (am meisten verwendet) bis 7 (am wenigsten verwendet)

Grün

Vorgrün

Fairway

Abschlag

Semi-Rough

Rough

Hard-Rough

25. Bitte reihen Sie die folgende Golfplatzelemente nach der Menge des ausgebrachten Düngers:

Reihen Sie von 1 (am meisten verwendet) bis 7 (am wenigsten verwendet)

Grün

Vorgrün

Fairway

Abschlag

Semi-Rough

Rough

Hard-Rough

26. Messen Sie Güteparameter im lokalen Grundwasser?

ja

nein

27. Wenn ja, welche der folgenden Parameter können im lokalen Grundwasser gemessen werden?

Nitrat

Kalium

Phosphat

Pestizide

Sonstiges

28. Welche Pflegemaßnahmen werden für den Rasen gesetzt?

Aerifizieren

Vertikutieren

Kalken

Mulchen

Sonstiges

29. Könnten in Zukunft vermehrt Grassorten mit geringerem Wasserverbrauch zum Einsatz kommen?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Äußerst unwahrscheinlich

Äußerst wahrscheinlich

9. Eidesstattliche Erklärung

Wir versichern, dass diese wissenschaftliche Arbeit selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und wir uns auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient haben.

Wien, am 9.2.2021, Amendola, Biagio; Lazic, Tanja; Menz, Alexandra; Svoboda, Marlies; Vrljanovic, Tea;

Unterschrift:

M. Svoboda

Menz

Tea Vrljanović

Tanja Lazic Biagio Amendola