

FORSCHUNGSBERICHT AGRARTECHNIK

des Fachausschusses Forschung und Lehre der
Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI (VDI-MEG)

503

Christoph Manns

Untersuchung der Eignung von Kräutern zur Sodenproduktion

Dissertation

Witzenhausen 2011

Universität Kassel/Witzenhausen
Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften
Fachgebiet Agrartechnik
Prof. Dr. Oliver Hensel

Untersuchung der Eignung von Kräutern zur Sodenproduktion

Dissertation
zur Erlangung des akademischen Grades
eines Doktors der Agrarwissenschaften (Dr. agr.)

von
Christoph Manns
aus Burghaun

2011

Die vorliegende Arbeit wurde vom Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften der Universität Kassel als Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades „Doktor der Agrarwissenschaften“ angenommen.

Tag der mündlichen Prüfung: 04.11.2011

Erster Gutachter: Prof. Dr. Oliver Hensel

Zweiter Gutachter: Prof. Dr. Wigbert Riehl

Mündliche Prüfer: Dr. Christian Schüler

Prof. Dr. Jens Gebauer

Alle Rechte vorbehalten. Die Verwendung von Texten und Bildern, auch auszugsweise, ist ohne Zustimmung des Autors urheberrechtswidrig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigung, Übersetzung, Mikroverfilmung sowie die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

© 2012

Im Selbstverlag: Christoph Manns

Bezugsquelle: Universität Kassel, FB Ökologische Agrarwissenschaften
Fachgebiet Agrartechnik
Nordbahnhofstraße 1a
37213 Witzenhausen

Vorwort

Diese Arbeit entstand im Rahmen meiner Forschungstätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachgebiet Agrartechnik des Fachbereiches Ökologische Agrarwissenschaften der Universität Kassel in Witzenhausen im Zeitraum von April 2007 bis März 2011. Das Ziel dieser Dissertation war es die Eignung von Kräutern zur Sodenproduktion zu untersuchen. Hierbei wurden mit mehreren Kräuterarten umfangreiche Untersuchungen in Bezug eines Wurzelschnittes, der Neubildung des Aufwuchses und Wurzelmasse getätigt.

Die in dieser Arbeit behandelten Versuche wurden von mir an den unterschiedlichsten Orten getätigt. So wurden das Forschungsgewächshaus der Universität Kassel in der Nordbahnhofstraße, das Gelände der Versuchs- und Demonstrationsanlage für Bewässerungs- und Solartechnik des Fachgebietes Agrartechnik sowie die Labore der Fachgebiete Agrartechnik und Ökologischer Land- und Pflanzenbau für die hier beschriebenen Versuche umfangreich genutzt.

Auf dem Weg zum Entstehen der vorliegenden Arbeit habe ich von zahlreichen Menschen Unterstützung erfahren. Aus diesem Grund möchte ich mich an dieser Stelle recht herzlich bedanken. Mein Dank gilt meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. O. Hensel für die Betreuung und die umfassende Unterstützung. Auch möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. W. Riehl, meinem zweiten Gutachter, für die Betreuung dieser Arbeit und der vielen nützlichen Impulse, die zum Entstehen dieser Arbeit beigetragen haben, recht herzlich danken. Ganz besonders möchte ich mich bei Herrn Dr. U. Richter bedanken, der mir bei vielen Fragestellungen und Problemlösungen, in dieser Arbeit, fachkundig zur Seite stand.

Den Kolleginnen und Kollegen des Fachgebietes Agrartechnik möchte ich für die herzliche Atmosphäre und das sehr angenehme Arbeitsklima in all den Jahren danken. Auch möchte ich mich bei Herrn H. Tostmann, dem Werkstattleiter des Fachgebietes Agrartechnik, für die Hilfe zur Lösung der, in dieser Arbeit beinhaltenden Technik bedanken. Den zuverlässigen HIWIS des Fachgebietes Agrartechnik, die mich während der Ausführungen meiner praktischen Untersuchungen unterstützten, möchte ich auch meinen ganz besonderen Dank für ihren Einsatz aussprechen. Den Teams des Forschungsgewächshauses und der „Grünen Schachtel“ spreche ich ein Dankeswort für die bereitwilligen Unterstützungen

während meiner Experimente aus. Insbesondere Danke ich meiner Familie, die mir während des Studiums und auch bei dieser Arbeit stets zur Seite stand und somit ebenfalls einen wesentlichen Beitrag zum Entstehen dieser Arbeit geleistet hat.

Inhalt

1	Einleitung.....	15
2	Stand des Wissens	19
2.1	Kräuter	19
2.1.1	Landwirtschaftliche Bedeutung der Kräuter	19
2.1.2	Kräuter aus dem Versuch	20
2.2	Gräser	40
2.2.1	Ruchgras (<i>Anthoxanthum odoranthum</i> L.).....	40
2.2.2	Zittergras (<i>Briza media</i> L.).....	42
2.2.3	Wiesen-Kammgras (<i>Cynosurus cristatus</i> L.)	43
2.2.4	Deutsches Weidelgras (<i>Lolium perenne</i> L.).....	44
2.2.5	Wiesen-Rispengras (<i>Poa pratensis</i> L.).....	45
2.2.6	Ausläufer-Rotschwingel (<i>Festuca rubra rubra</i> L.)	47
2.2.7	Horstrotschwingel (<i>Festuca nigrescens</i> L.).....	48
2.3	Wurzeln.....	49
2.3.1	Wurzelanatomie	49
2.3.2	Bewurzelungen.....	50
2.3.3	Wurzelsysteme von dicotylen und monocotylen Pflanzen.....	52
2.3.4	Wurzelcharakteristik der Kräuter	54
2.3.5	Wurzelcharakteristik bei Gräsern	55
2.4	Rasen	55
2.4.1	Zierrasen	56
2.4.2	Gebrauchsrasen	56
2.4.3	Strapazierrasen	57
2.4.4	Landschaftsrasen (Extensivrasen)	58
2.5	Fertigrasen und vergleichbare Vegetationsstücke	59
2.5.1	Fertigrasen	59
2.5.2	Rasensoden	60
2.5.3	Einzelstücke bzw. Vegetationsstücke.....	60
2.6	Fertigrasenproduktion und Verlegung.....	60
2.6.1	Produktionsstandort Fertigrasen	60
2.6.2	Ernte.....	61
2.6.3	Lagerung/Transport.....	62
2.6.4	Verlegung	62
2.7	Sodenschneider in der Fertigrasenproduktion	63
2.7.1	Sodenschneider als Kleingerät.....	63
2.7.2	Sodenschneider als Großgerät.....	64
3	Eigene Untersuchungen	66
4	Material und Methoden	67
4.1	BBCH Monografie nach H. HACK et al. (1992).....	67
4.2	Klimadaten	68
4.3	Versuch Wurzelkürzungen	70
4.3.1	Methode zur Bestimmung der Wurzeltrockenmasse	70
4.3.2	Vorversuch	71
4.3.3	Hauptversuch	72
4.4	Untersuchungen zum Anwuchsverhalten von Kräutersoden	75

4.4.1	Versuchsaufbau	77
4.4.2	Versuchsdurchführung	78
4.4.3	Anlage Gewächshaus	81
4.5	Versuch der Aufwuchsermittlung	84
4.6	Versuch mit Geweben zur Stabilisierung von Kräutersoden	84
4.6.1	Versuchsvorbereitungen	85
4.6.2	Datenahme Erhaltungszustand	85
4.6.3	Datenahme Zugfestigkeit der Gewebe	86
4.7	Versuch mit Untergräsern zur Stabilisierung von Kräutersoden	86
4.7.1	Versuchsvorbereitungen	86
4.7.2	Probenahme	87
4.8	Konstruktion eines Kräutersodenschneiders	88
4.8.1	Anbau/Aufhängung	88
4.8.2	Rahmen	88
4.8.3	Werkzeuge	89
4.9	Statistische Auswertung der Versuche	90
5	Ergebnisse	91
5.1	Wurzelkürzungsversuch	91
5.1.1	Bestimmung des BBCHs nach H. HACK et. al. (1992)	91
5.1.2	Bestimmung der Wurzelmasse	93
5.1.3	TM-Oberbewuchs	97
5.2	Anwuchsermittlung von Kräutersoden	100
5.2.1	Ertragsversuch	101
5.2.2	Anwurzelung	109
5.3	Versuch Untergräser zur Stabilisierung von Kräutersoden	110
5.3.1	Beurteilungen des BBCH nach H. HACK et. al. (1992)	111
5.3.2	BBCH, einzelne Kräuterarten in einzelnen Gräsergruppen	113
5.3.3	Ergebnisse zur Messung der Trockenmasse	116
5.4	Versuch Gewebe zur Stabilisierung von Kräutersoden	120
5.4.1	Erhaltungszustand der Gewebe	120
5.4.2	Reißfestigkeit der Gewebe	121
5.5	Ergebnisse zur Entwicklung eines Kräutersodenschneiders	122
5.5.1	Geräterahmen	122
5.5.2	Werkzeuge	123
5.5.3	Gewichtsauflastung	125
5.5.4	Ergebnisse der Anwendung des Sodenschneiders	125
6	Diskussion	128
6.1	Versuch Wurzelkürzung	128
6.1.1	Wurzeltrockenmasse gesamt	128
6.1.2	Wurzelzuwuchs	132
6.1.3	Zusammenfassung	133
6.2	Oberbewuchs Versuch Wurzelkürzung	133
6.2.1	Entwicklungsstadien der Kräuter	133
6.2.2	Trockenmasse des Oberbewuchses	134
6.2.3	Zusammenfassung	136
6.3	Untersuchungen zur Anwuchsermittlung von Kräutersoden	136
6.3.1	Entwicklungsstadien der Pflanzen	136

6.3.2	Trockenmasse des Oberbewuchses	138
6.3.3	Zusammenfassung	139
6.4	Anwurzelung von Kräutersoden	139
6.5	Versuch Untergräser zur Stabilisierung von Kräutersoden	141
6.5.1	Entwicklungsstadien der Kräuter und Gräser	141
6.5.2	Trockenmassebestimmung	142
6.6	Gewebe zur Stabilisierung von Kräutersoden	143
6.6.1	Erhaltungszustand der Gewebe	143
6.6.2	Reißfestigkeit der Gewebe	144
6.6.3	Zusammenfassung	144
6.7	Kräutersodenschneider	145
6.8	Übergreifende Diskussion zur Sodenherstellung	146
7	Zusammenfassung	150
8	Summary	152
9	Literaturverzeichnis	154
10	Anhang	161

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Scharfgabe	21
Abbildung 2: Eibisch	23
Abbildung 3: Beifuß	25
Abbildung 4: Zichorie	27
Abbildung 5: Hornklee	29
Abbildung 6: Spitzwegerich	32
Abbildung 7: Kleine Bibernelle.....	34
Abbildung 8: Wiesensalbei	36
Abbildung 9: Kleiner Wiesenknopf.....	38
Abbildung 10: Aufbau der Wurzel.....	49
Abbildung 11: Sodenschneider Kleingerät.....	64
Abbildung 12: Sodenschneider Großgerät	65
Abbildung 13: Klimadaten 2009.....	69
Abbildung 14: Klimadaten 2010.....	70
Abbildung 15: Rahmen nach TURGEON (1972).....	77
Abbildung 16: Vierbeinbock nach TURGEON (1972).....	78
Abbildung 17: Versuchsanlage der Soden, Vorzuchtsort Freiland.....	80
Abbildung 18: Versuchsanlage der Soden, Vorzuchtsort Gewächshaus.....	82
Abbildung 19: Wurzeltrockenmasse, Kräuter nach Schnitttiefe	93
Abbildung 20: Wurzeltrockenmasse, gesamter Wurzelballen.....	94
Abbildung 21: Wurzeltrockenmasse, unterer Wurzelballen	96
Abbildung 22: Trockenmasse, Oberbewuchs der Kräuter nach Schnitttiefe	97
Abbildung 23: Trockenmasse, Oberbewuchs einzelne Kräuter nach Schnitttiefe.....	99
Abbildung 24: Trockenmasse gesamt 1. Schnitt, nach Vorzuchtsort.....	105
Abbildung 25: Trockenmasse gesamt 2. Schnitt, nach Vorzuchtsort.....	106
Abbildung 26: Trockenmasse, einzelne Kräuter, 1. Schnitt, nach Vorzuchtsort	107
Abbildung 27: Trockenmasse, einzelne Kräuter, 2. Schnitt, nach Vorzuchtsort	108
Abbildung 28: Entwurzelwiderstand der Kräutersoden	109
Abbildung 29: Trockenmasse gesamt, Kräuter und Gräser.....	116
Abbildung 30: Trockenmasse gesamt, der Kräuter in Gräsergruppen.....	117
Abbildung 31: Reißfestigkeit der Gewebe	121
Abbildung 32: Zichorie Wurzelschnitttiefe 6 cm.....	129
Abbildung 33: Trockenmasse Oberbewuchs, Beifuß, Anbau mit Gräsern.....	173

Abbildung 34: Trockenmasse Oberbewuchs, Eibisch, Anbau mit Gräsern	174
Abbildung 35: Trockenmasse Oberbewuchs, Wiesensalbei, Anbau mit Gräsern	175
Abbildung 36: Trockenmasse Oberbewuchs, Zichorie, Anbau mit Gräsern	176
Abbildung 37: Trockenmasse Oberbewuchs, Kleine Bibernelle, Anbau mit Gräsern	177
Abbildung 38: Trockenmasse Oberbewuchs, Hornklee, Anbau mit Gräsern	178
Abbildung 39: Trockenmasse Oberbewuchs, Kleiner Wiesenknopf, Anbau mit Gräsern	179
Abbildung 40: Trockenmasse Oberbewuchs, Schafgarbe, Anbau mit Gräsern	180
Abbildung 41: Trockenmasse Oberbewuchs, Spitzwegerich, Anbau mit Gräsern	181

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Bewurzelung sprossbürtiger Wurzeln, monokotyle Pflanzen	51
Tabelle 2-2: Bewurzelung, Wurzeltiefe, Wurzelbildung behandelter Kräuter	54
Tabelle 2-3: Bewurzelung, Grundachsentyp, Wurzeltiefe behandelter Gräser	55
Tabelle 4-1: BBCH, Makrostadien des Pflanzenaufwuchses.....	68
Tabelle 4-2: Schnitttiefenvarianten des Versuches Wurzelkürzungen.....	72
Tabelle 4-3: Materialien, Materialstärken, Maschenweiten behandelter Gewebe.....	85
Tabelle 4-4: Zustandsstufen des Erhaltungsgrades der Gewebe.....	86
Tabelle 5-1: BBCH, Kräuter nach Schnitttiefe	91
Tabelle 5-2: BBCH, Kräuter, Vergleich der Vorzuchtsorte der Soden	101
Tabelle 5-3: BBCH, Kräuter, 1. Schnitt.....	103
Tabelle 5-4: BBCH, Kräuter, 2. Schnitt.....	104
Tabelle 5-5: BBCH, Vergleich Entwicklungsstadien von Kräutern u. Gräsern	111
Tabelle 5-6: BBCH, Kräuter bei den einzelnen Gräsergruppen	112
Tabelle 5-7: Erhaltungszustand der Gewebe	120
Tabelle 6-8: Kräuter und deren Wurzelbildungen	133
Tabelle 10-9: RSM 2.4 Gebrauchsrassen-Kräuterrassen.....	161
Tabelle 10-10: RSM 7.1.2 Landschaftsrassen-Standard mit Kräutern	162
Tabelle 10-11: RSM 8.1, Tabelle 2 - Kräuter.....	163
Tabelle 10-12: Wurzeltrockenmasse gesamt	165
Tabelle 10-13: Wurzeltrockenmasse, gesamter Wurzelballen, einzelne Kräuter.....	165
Tabelle 10-14: Wurzeltrockenmasse, unterer Wurzelballen, einzelne Kräuter	166
Tabelle 10-15: Trockenmasse, gesamter Oberbewuchs von Kräutern und Gräsern	166
Tabelle 10-16: Trockenmasse, gesamter Oberbewuchs, Kräuter, nach Schnitttiefe	167
Tabelle 10-17: Trockenmasse des Oberbewuchses, einzelne Kräuter, nach Schnitttiefe ..	167
Tabelle 10-18: Trockenmasse, gesamter Oberbewuchs Kräuter, 1. Schnitt.....	168
Tabelle 10-19: Trockenmasse, gesamter Oberbewuchs Kräuter, 2. Schnitt.....	168
Tabelle 10-20: Trockenmasse des Oberbewuchses, einzelne Kräuter, 1. Schnitt.....	168
Tabelle 10-21: Trockenmasse, gesamter Oberbewuchs Kräuter, Anbau mit Gräsern.....	169
Tabelle 10-22: Trockenmasse des Oberbewuchses, einzelne Kräuter, 2. Schnitt.....	169
Tabelle 10-23: Wurzelwiderstand von Kräutersoden	170
Tabelle 10-24: Versuch Gewebe zur Stabilisierung von Kräutersoden, Zugkraftversuch ..	170
Tabelle 10-25: Trockenmasse der Kräuterarten, Anbau mit Gräsern.	171
Tabelle 10-26: BBCH einzelner Kräuterarten, Anbau mit Gräsern	182

Abkürzungsverzeichnis

A	Ausläufer, Rhizome und Kriechtriebe
Anz.	Anzahl
Ao	Anthoxanthum odoratum
BBA	B iologische B undesanstalt für Land und Forstwirtschaft
BBCH	BBCH Schema der B iologische B undesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Bundessortenamt und C hemische Industrie ab.
Be	Beifuß
Bi	Kleine Bibernelle
Bm	Briza media
BSA	B undessortenamt
BWP	Box Whisker Plots
bzw.	beziehungsweise
Cc	Cynosurus cristatus
DIN	Deutsche Industrie-Norm
E	Einwaage
Ei	Eibisch
F	Flach- bis Mitteltiefwurzler, meist weniger als 50 cm tief
Fl.	Freiland
FLL	Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung, Landschaftsbau
FM	Frischmasse
Fn	Festuca nigrescens
Fr	Festuca rubra rubra
G	Rohasche, abgekühlt
Gw.	Gewächshaus
Hk	Hornklee
HxBxT	Höhe x Tiefe x Breite
IVA	I ndustrieverband A grar
k.A.	keine Angabe
Kap.	Kapitel
Kat.	Kategorie
Lp	Lolium perenne
Mges	Masse, gesamt
MS	mineralische Substanz

MT	Masse, trocken
N	Norden
NN	Normalnull
NO	Nordosten
NW	Nordwesten
n	Anzahl
O	Osten
PE	Polyethylen
Pp	Poa pratensis
p-Wert	Signifikanzwert
Rr	Fertigrasen (Rollrasen)
RSM	Regelsaatgutmischung
S	Süden
Sa	Wiesensalbei
Sc	Schafgarbe
Sp	Spitzwegerich
SO	Südosten
ST	Norm für Baustahl
SW	Südwesten
TM	Trockenmasse
Vol.-%	Volumenprozent
W	Westen
Wk	Kleiner Wiesenknopf
WT	Wurzeltiefe
WTM	Wurzeltrockenmasse
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil
Zi	Zichorie
x	mal
X	nicht besetzt

Einheiten

°C	Celcius
kg	Kilogramm
kW	Kilowatt

m	Meter
N	Newton

1 Einleitung

Kräuter erfüllen in der Natur und in Kulturlandschaften wichtige Funktionen z.B. zur Förderung von Nutzinsekten aufgrund von Nachbarschaftswirkungen auf andere Pflanzen (K. v. HEYNITZ/G. MERCKENS, 1987). Dabei tragen sie in Form von Blütenausbildungen für eine Wertsteigerung der Ästhetik von Kulturgrasland, Gärten und Parkflächen bei. Bei landwirtschaftlichem Grünland sorgen sie für Schmackhaftigkeit (F. BRÜNNER/J. SCHÖLLHORN, 1972) von Futter und weisen bestimmte Inhaltsstoffe auf (E. GESSL, 1985), welche für die Zoopharmakognose (R. RAMAN/S. KANDULA, 2008) von landwirtschaftlichen Nutztieren eine Rolle spielen. Durch das Vorhandensein von Kräutern zählen Pflanzengesellschaften von Kulturgrasland zu den artenreichsten Biotypen Mitteleuropas (C. P. HUTTER et al., 1993). Die Artenvielfalt war lange Zeit eine selbstverständliche Eigenschaft dieser Standorte und ein Nebenprodukt von traditioneller Bewirtschaftung (R. OPPERMANN/H. U. GUJER, 2003). Mit erhöhter Nutzungsintensität sinkt die Artenvielfalt in den Beständen (E. STÖGER et al., 2003).

Um diesem Trend entgegenzuwirken, steht den Landwirten momentan nur die Methode der Aussaat zur Neuetablierung von Kräutern in modernen Kulturgrasstandorten zur Verfügung. Eine Aussaat von Kräutern bei Neuansaat bzw. in bereits vorhandene Bestände ist jedoch generell als problematisch zu betrachten. Pflanzen, die bei Alleinkultur nach ein bis 2 Jahren nach der Saat blühen und fruchten, benötigen dazu in dichten Grasnarben die mehrfache Zeit (E. KLAPP, 1965, zitiert aus LINKOLA 1935, 1937; RABOTNOW, 1954). Da Kräuter infolge der enormen Schnellwüchsigkeit von modernen Züchtungen von Gräserarten, wie z.B. dem Deutschen Weidelgras (*Lolium perenne*), diesen in ihrer Wuchsleistung unterlegen sind, ist eine Etablierung als schwierig anzusehen (G. BRIEMLE, 1997; E. KLAPP/W. O. v. BOBERFELD, 1990), wie bereits bei Gräsersaatmischungen mit Kräuteranteilen aus der Praxis bekannt ist. Bei Neuansaat müssen zeitlich getrennte Aussaattermine wahrgenommen werden, um konkurrenzschwachen Kräuterarten einen Wuchsvorsprung zu geben (C. P. HUTTER et al., 1993). Die Einbringung von Kräutern mittels Saat in bereits bestehende Grasnarben kann nur durch Verletzung der Altnarbe (z.B. in Form von geegten oder gefrästen Streifen bzw. punktuell) erfolgen (C. P. HUTTER et al., 1993). Es ist zu beachten, dass je stärker die Narbenverletzung ist, desto größer ist auch die Etablierungschance für einzubringende Kräuter (G. BRIEMLE, 1997). Es besteht auch hier der große Nachteil des raschen Wuchsdrucks der schon vorhandenen Gräser durch vegetative

oder generative Vermehrung (D. AICHELE/H. SCHWEGLER, 1973; E. KLAPP/W. O. v. BOBERFELD, 1990). Aufgrund der genannten Probleme bei der Aussaat von Kräutern bedarf es einer neuen Technik, welche die Etablierung in Kulturgrasland ermöglicht.

Eine mögliche Option wäre hierbei die Entwicklung von Kräutersoden. Kräutersoden würden durch den Voranbau, wie er bei Fertigrasen üblich ist, bei der Etablierungsmaßnahme in eine geschlossene Vegetationsnarbe, schon zu Beginn gegenüber der Aussaat höhere Entwicklungsstadien von Spross und Wurzel aufweisen. Hierdurch könnte eine höhere Chance einer dauerhaften Etablierung gegeben sein. Für naturnahe Gärten, öffentliches Grün, Dachgärten, Extensivflächen, Böschungen und wenig belastete Rasenflächen wird seit kurzer Zeit eine spezielle Art von Rollrasen als langsam wachsender Wildblumenrasen angeboten (G. SCHWAB, 2009). In diesem Wildblumenrasen befinden sich Anteile von Gräsern (G. SCHWAB, 2009), so dass der Aufwuchs einer Wiesensode ähnlich ist. Untersuchungen zur Entwicklung von Soden ohne die Verwendung hoher Grassanteile fehlen jedoch bisher.

Ziel dieser Arbeit war es daher, die Potentiale verschiedener Kräuterarten zur Erstellung von reinen Kräutersoden zu evaluieren. Dabei wurde zu einem eine Adaptierung vorhandener Technik zur Fertigung von Rasensoden vorgenommen, zum anderen die aus der Erntetechnik entstehenden Anforderungen an die Kräuter untersucht.

Viele Kräuterarten, so auch die in dieser Arbeit behandelten, weisen tiefwurzelnde Pol- oder Sprosswurzelsysteme auf. (L. KUTSCHERA 1960, L. KUTSCHERA/ E. LICHTENEGGER, 1992; L. KUTSCHERA/M. SOBOTIK, 1992). Es ist fraglich, ob das Schälen und Verpflanzen reiner, dichter Kräuterbestände möglich ist. Durch die technisch und auch wirtschaftlich begrenzten Möglichkeiten, die Tiefe des Unterschneidens der Soden beim Schälvorgang den Pflanzenwurzeln anzupassen, kann davon ausgegangen werden, dass wichtige, lebensnotwendige Wurzelorgane, wie z.B. Wurzelhaube und –haare, nach dem Schnitt im Substrat des Anzuchtbeetes verbleiben und ein erfolgversprechendes Anwachsen bestimmter Kräuter nicht oder nur sehr erschwert erfolgen kann. Unbekannt ist bei diesem Vorgang die Neubildung von Wurzelmasse der Kräuter nach dem Schnitt und dem Pflanzverfahren. Durch eigene Versuche sollen die Möglichkeiten einer erfolgreichen Verpflanzung von Kräutersoden untersucht werden.

Im Kapitel 2 *Stand der Wissenschaft und Technik* erfolgt eine Dokumentation über die Produktionsweise von Fertigrasen und die hierfür einzusetzende Technik. Zusätzlich werden in diesem Kapitel die für die Kräutersoden vorgesehenen Kräuterarten und Gräserarten dargestellt und diejenigen Faktoren beschrieben, welche für die Versuchsgestaltung eine Rolle spielen. Die in den einzelnen Versuchen angewandten Methoden werden im Kapitel 4 genannt. Die Darstellung der einzelnen Versuche zur Entwicklung von Kräutersoden findet ebenfalls im Kapitel 4 statt. Hier werden die Untersuchungen des Wurzelschnitt- und des Anwurzelungsverhaltens der verschiedenen Kräuterarten und deren Auswirkungen auf den Aufwuchs von Kräutersoden behandelt. Des Weiteren werden Untersuchungen zu einem kombinierten Anbau der Kräuter mit Gräsern und Versuche mit Geotextilien beschrieben. Die Ergebnisse der einzelnen Versuche werden im Kapitel 5 dargestellt und die gewonnenen Daten im Kapitel 6 diskutiert. Anschließend erfolgt eine Diskussion über die Möglichkeiten des Einsatzes von Kräuterfertigrasen und dem weiteren Forschungsbedarf.

2 Stand des Wissens

2.1 Kräuter

Der Begriff *Kräuter* ist nicht auf einer wissenschaftlichen Definition begründet. Vielmehr werden unter dem Sammelbegriff *Kräuter* unterschiedlichste Pflanzenarten mit z.T. sehr stark unterschiedlicher Anatomie und Physiologie zusammengefasst. Als Kräuter werden krautige Pflanzen bezeichnet, die im Unterschied zu den Gehölzen nicht oder nur schwach zum Verholzen neigen (BROCKHAUS, 1990). Auch werden oftmals Heil- und Gewürzpflanzen als Kräuter bezeichnet (DUDEN, 2001). Kräuter können in ein-, zwei- oder mehrjährige Pflanzen unterteilt werden. Gegen Ende der Vegetationsperiode sterben einjährige Kräuter ab. Zwei- und mehrjährige Kräuter können den Winter durch bodennahe, unterirdische oder im Wasser untergetauchte Sprosstteile überstehen (BROCKHAUS, 1990). Die Hauptverbreitung von Kräutern befindet sich in ariden und semiariden Gebieten der warmen Klimazonen und in sommerwarmen Gebieten der gemäßigten und kalten Klimazonen (MEYER, 1975).

2.1.1 Landwirtschaftliche Bedeutung der Kräuter

Umgangssprachlich werden sämtliche Pflanzen in Kulturgrasbeständen, die nicht zu der Gruppe der Gräser oder der Kleeartigen gehören, unter den Sammelbegriff *Kräuter* gefasst (K. BUCHGRABER/G. GINDL, 2004). Hierbei handelt es sich um dicotyle Pflanzen. Der Anteil von Kräutern sollte in den Pflanzenbeständen von Kulturgrasland ca. 10-30 % (K. BUCHGRABER/G. GINDL, 2004), ohne Anteile von Wucherunkräutern und Giftpflanzen, betragen (E. GESSL, 1985). Viele Kräuter haben in ihrem Jungstadium einen höheren Nährstoffgehalt als Gräser (F. BRÜNNER/J. SCHÖLLHORN, 1972). Bei den meisten Arten von Kräutern handelt es sich um Arzneipflanzen, welche ätherische Öle und Geschmacksstoffe beinhalten (E. GESSL, 1985). Somit tragen sie, wegen ihres Gehaltes an Geschmackstoffen, zur Schmackhaftigkeit des Futters bei und wirken gesundheitsfördernd (H. HERRMANN/U. MEYER-ÖTTING, 1981). Viele Kräuterarten verbessern das Futter durch ihren hohen Gehalt an Eiweiß, Mineralstoffen und Spurenelementen (H. LOCHNER/J. BREKER, 2007). Sie weisen eine hohe Verdaulichkeit auf und garantieren eine gute Futteraufnahme (E. GESSL, 1985). Kräuter altern langsamer als Gräser und verlieren bei verzögerter Nutzung weniger an Futterwert (E. GESSL, 1985). Kräuterreiches Kulturgrasland

liefert bei geringer Düngung höhere Erträge als grasreiche Bestände (P. MANUSCH/E. PIERINGER, 1995).

Einige Kräuterarten vermindern die Futterqualität, weil sie Giftstoffe enthalten (H. LOCHNER/J. BREKER, 2007). Auch wertvolle Kräuter dürfen im Wirtschaftsgrünland nicht bestandsvorherrschend sein (E. GESSL, 1985), da diese bei der Konservierung von Halmfutter durch eine schlechtere Trocknung und hohe Bröckelverluste Schwierigkeiten bereiten (H. HERRMANN/U. MEYER-ÖTTING, 1981).

2.1.2 Kräuter aus dem Versuch

Vor Beginn der Versuche erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Fachgebiet *Biologisch Dynamische Landwirtschaft* der Universität Kassel, Fachbereich *Ökologische Agrarwissenschaften*, sowie mit Veterinärmedizinern eine Literaturrecherche zur Auswahl von diversen Kräutern zur Behandlung landwirtschaftlicher Nutztiere. Hierbei wurden die in dieser Dissertation behandelten Kräuter ausgewählt. Ein Teil stellen klassische Wiesenkräuter, wie sie im Kulturgrasland zu finden sind, dar. Die in den einzelnen Versuchen eingesetzten Kräuter waren:

- | | |
|-----------------------|--------------------------------|
| • Schafgarbe | <i>Achillea millefolium</i> L. |
| • Eibisch | <i>Althea officinalis</i> L. |
| • Beifuß | <i>Artemisia vulgaris</i> L. |
| • Wegwarte | <i>Cichorium intybus</i> L. |
| • Hornklee | <i>Lotus corniculatus</i> L. |
| • Spitzwegerich | <i>Plantago lanceolata</i> L. |
| • Kleine Bibernelle | <i>Pimpinella saxifraga</i> L. |
| • Wiesensalbei | <i>Salvia pratensis</i> L. |
| • Kleiner Wiesenknopf | <i>Sanguisorba minor</i> SCOP. |

Schafgarbe (*Achillea millefolium* L.)

Schafgarbe, auch unter den Volksnamen Gemeine Schafgarbe, Tausendblatt, Schafsrippe, Garbenkraut, Ziegen- und Margarethenkraut bekannt, gehört zur Familie der *Asteraceae* (Korbblütengewächse) (G. BRIEMLE, 1997).

Morphologie

Es handelt sich um ein grün überwinterndes (G. BRIEMLE, 1997) und ausdauerndes Kraut (F. BIANCHINI/F. CORBETTA, 1978), welches eine Wuchshöhe von 20 bis 50 cm aufweisen kann (G. BRIEMLE, 1997). Die länglich zwei- bis dreifach fiederteiligen Blätter (G. BRIEMLE, 1997) sind grundständig langgestielt und sitzend (F. BIANCHINI/F. CORBETTA, 1978). Der Blütenstand wird von Trugdolden gebildet (P. SCHAUENBERG/F. PARIS, 1970). Diese enthalten einige weibliche Zungenblüten von weiß-rötlicher Farbe und maximal 20 gelbe, zwittrige Röhrenblüten (F. BIANCHINI/F. CORBETTA, 1978). Die Blütezeit erstreckt sich über einen Zeitraum von Juni bis Oktober (S. KIRSTEN, 2006b). Eine Bestäubung findet bei Schafgarbe selbst oder als Fremdbestäubung statt. Je Pflanze werden 3000 bis 4000 Samen gebildet (G. BRIEMLE, 1997), welche eine Größe von 1 mm aufweisen (F. BIANCHINI/F. CORBETTA, 1978). Die Fortpflanzung gestaltet sich vegetativ, aber auch, mit Hilfe von Wind- und Ameisenausbreitung, generativ (G. BRIEMLE, 1997). Keimzeit ist im Frühjahr, bei einer Keimdauer von rund 10 bis 30 Tagen und einer Keimtiefe von ca. 3 cm (BRIEMLE, 1997).



Abbildung 1: Scharfgabe (F. LOSCH, 1914)

Die Wurzeltiefe kann bis zu 100 cm betragen, so dass Schafgarbe als Tiefwurzler bezeichnet werden kann. Zudem ist Schafgarbe ein Wurzelkriecher mit einem langen

unterirdischen Rhizomsystem (G. BRIEMLE, 1997). Die Wurzelstränge sind schnurartig-drahtig und spärlich mit Faserwurzeln besetzt. Die Pflanze weist einen Wurzelstock auf. Die Primärwurzel ist jedoch früh absterbend, so dass sich sprossbürtige Wurzeln bilden. Diese sind sehr zahlreich und meist senkrecht oder bogenförmig tiefstrebend und seltener waagrecht ausgebreitet (L. KUTSCHERA, 1960).

Standort und Verbreitung

Als Wuchsstandort werden tiefgründige, lehmige Böden von der Ebene bis in 1800 m Höhe über NN bevorzugt (G. BRIEMLE, 1997). Die ursprünglich aus dem Kaukasus stammende Schafgarbe (P. SCHAUBENBERG/F. PARIS, 1970) ist eine sehr häufige Pflanze in Europa, die ihr Verbreitungsgebiet von der Küste des Mittelmeeres bis zum arktischen Zirkel hat (F. BIANCHINI/F. CORBETTA, 1978). Als Vorkommen sind gedüngte Wiesen und Weiden aller Art anzusehen, so dass sie eine Charakterart der *Arrhenatheretalia* (Wirtschaftsgrünland) ist (G. BRIEMLE, 1997).

Das Vorkommen erstreckt sich auf folgende Pflanzengesellschaften:

- *Mesobromion* (Kalktrockenrasen)
- *Nardo-Callunetea* (Ginsterheiden und Borstgrasrasen)
- *Festuco-Cynosuretum* (Rotschwengel-Straußgraswiesen)
- *Lolio-Cynosuretum* (Weidelgrasweiden)
- *Arrhenatheretum* (Tal-Glatthaferwiesen)
- *Arrhenatheretum montanum* und *Polygono-Trisetion* (Berg-Glatthafer- und Goldhaferwiesen)
- *Bromion racemosi Calthion* (Dotterblumenwiesen)
- *Molinion* (Pfeifengraswiesen)
- *Scheuchzerio-Caricetea fuscae* (Kleinseggenwiesen)
- *Agropyro-Rumicion crispici* (Tritt- und Flutrasen) (E. KLAPP, 1965)

Nutzen und Bedeutung

Als Nektarpflanze für Bienen und Fliegen und als Fraßpflanze für Raupen aus den Familien der Spanner und Bärenspinner findet die Schafgarbe in der Natur ihre Verwendung. Als Äsungsfläche ist sie bei Feldhasen beliebt (G. BRIEMLE, 1997).

Schafgarbe ist in jungem Zustand ein wertvolles, sehr gern gefressenes Futterkraut. Bei einem nicht zu hohem Bestandsanteil ist sie eine geschätzte, würzig schmeckende und gesundheitsfördernde Futterpflanze (G. BRIEMLE 1997), welche die Fresslust und die

Verdauung fördert (E. GESSL, 1985). In älterem Zustand wird Schafgarbe leicht hartstängelig und weist nur einen mäßigen Blattertrag auf. Daher wird sie bei Weiden mit spätem Auftrieb leicht überständig (G. BRIEMLE, 1997).

Schafgarbe ist eine Heilpflanze. Die Verwendung erfolgt in der Regel als Tee gegen Verdauungsstörungen, Appetitmangel, Blähungen, Magen- und Darmkrämpfe und Gallensteine. Schwindel, Übelkeit, Augenleiden, Nasenbluten, Menstruationsbeschwerden, Blutungen und Migräne können auch behandelt werden. Frischgepresster Pflanzensaft kann zur Blutreinigung angewandt werden. (G. BRIEMLE, 1997). In der Tiermedizin findet eine Verwendung als Ganzpflanze statt (D. BOWN, 1995).

Eibisch (*Althea officinalis* L.)

Echter Eibisch wird auch als Samtpappel (G. BRIEMLE, 1997) oder Weiße Malve (P. SCHAUBENBERG/F. PARIS, 1970), Adewurzel, Alte Eh und Alter Tee bezeichnet und gehört zur Familie der *Malvaceae* (Malvengewächse) (V. RENAUD, 2007).

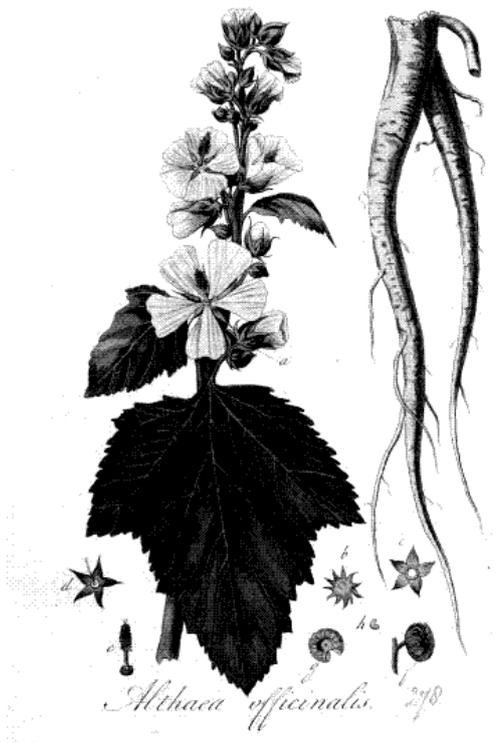


Abbildung 2: Eibisch (J. Kops, 1822)

Morphologie

Eibisch ist ein ausdauerndes Kraut (F. BIANCHINI/F. CORBETTA, 1978), das eine Wuchshöhe von ca. 1,50 m aufweisen kann (V. RENAUD, 2007). Der aufrecht stehende Stängel ist nur wenig verzweigt und weist große gestielte, wechselständig angeordnete Blätter auf (F. BIANCHINI/F. CORBETTA, 1978). Die grau-grünen, flaumigen Blätter (V. RENAUD, 2007) sind an der Basis breit geformt und eiförmig zugespitzt (F. BIANCHINI/F. CORBETTA, 1978). Sie weisen drei bis fünf gekerbte Lappen auf (V. RENAUD, 2007) und sind unregelmäßig gezahnt (F. BIANCHINI/F. CORBETTA, 1978). Die ganze Pflanze bis hin zu den Kelchblättern ist mit weichem und samtigem Filz überzogen. Die achselständigen Blüten stehen einzeln oder zu mehreren gehäuft und sind von blass-roter oder auch weißer oder hellvioletter Farbgebung (F. BIANCHINI/F. CORBETTA, 1978). Die Blütezeit erstreckt sich über einen Zeitraum von Juni bis August (S. KIRSTEN, 2006). Die Frucht ist von den Kelchblättern umgeben und besteht aus 10 bis 18 einsamigen Teilfrüchten (F. BIANCHINI/F. CORBETTA, 1978). Die Vermehrung von Eibisch kann vegetativ durch Horstteilung oder durch Samen erfolgen (V. RENAUD, 2007).

Eibisch weist zu Beginn eine fleischige, spindelförmige und senkrecht stehende Wurzel auf (F. BIANCHINI/F. CORBETTA, 1978). Diese wird durch einen waagrecht kriechenden, fingerdicken und ästigen Wurzelstock ersetzt. Aus einer Wurzel entstehen meist mehrere aufrechte und einfache oder wenig verzweigte Stängel (H. P. DÖRFLER/G. ROSELT, 1990).

Standort und Verbreitung

Eibisch ist eine Pflanze, die feuchte und salzhaltige Böden bevorzugt (F. BIANCHINI/F. CORBETTA, 1978). Der Standort sollte fruchtbare, sandige und durchlässige Eigenschaften aufweisen. Gemäßigtes Klima, sonnige und halbschattige Standorte werden bevorzugt (V. RENAUD, 2007). Das Vorkommen von Eibisch erstreckt sich über Europa, Asien, Nordamerika und Australien (J. HOUDRET, 2008). Stellenweise kann Eibisch auf feuchten Wiesen, im Ufergebüsch und auf Viehweiden vorgefunden werden. Er wird landwirtschaftlich kultiviert (H. DÖRFLER/G. ROSELT, 1990).

Nutzen und Bedeutung

Eibisch ist eine Heilpflanze (V. RENAUD, 2007). So weist die Wurzel des Eibisch einen hohen Gehalt an Schleimstoffen mit 10 bis 20 % auf, welche reizmildernd auf entzündete

Schleimhäute wirken (D. FROHNE, 2006). Auch die Blätter können verwendet werden, jedoch ist der Schleimgehalt bis zu 10 % geringer (M. BOCKSCH, 1998). Als Hausmittel wird Eibisch traditionell bei Entzündungen der Speiseröhre, des Magens und des Darmes, bei Durchfall und Entzündungen der Harnwege verwendet (I. AICHBERGER et al., 2006).

Beifuß (*Artemisia vulgaris* L.)

Beifuß ist unter den Volksnamen Echter Beifuß, Gemeiner Beifuß, Wilder Wermut, St. Johanniskraut, Bucke (G. BRIEMLE, 1997) bekannt. Er gehört zur Familie der *Asteraceae* (Korbblütengewächse) (G. BRIEMLE, 1997).



Abbildung 3: Beifuß (W. Hood Fitch, 1924)

Morphologie

Die Wuchshöhe dieser sommergrünen Schaftpflanze kann ca. 50 bis 140 cm betragen. Die Blätter sind ein- bis zweifach gefiedert und mit lanzettlichen 3 bis 8 mm breiten Abschnitten versehen. An der Oberseite ist die Farbgebung dunkelgrün. Unterseitig sind die Blätter weiß-wollig und am Grunde geöhrt. Die Abschnitte der oberen Stängelblätter sind tief gesägt. Die Blütezeit erstreckt sich über einen Zeitraum von Juli bis September, wobei eine Selbstbestäubung stattfindet. Die Fortpflanzung ist vegetativ, kann aber auch durch Samen, mit Hilfe von Wind- und Klebeverbreitung, erfolgen. Eine Pflanze kann 50.000 bis 70.000

Samen aufweisen. Die Keimzeit ist im spätem Frühjahr und Vorsommer mit einer Keimdauer von bis zu 200 Tagen. Beifuß ist ein Lichtkeimer (G. BRIEMLE, 1997).

Die Wurzeltiefe dieses Tiefwurzlers kann bis zu 100 cm Tiefe erreichen (G. BRIEMLE, 1997). Er treibt einen mehrköpfigen, ästigen Wurzelstock ohne Ausläufer aus (C. P. DÖRF-
LER/G. ROSELT, 1990). Pflanzen der *Artemisia*-Arten weisen eine sehr dichte Durchwurzelung auf. Die Durchwurzelung ist bei manchen Arten tiefreichend, bei anderen Arten sehr dicht, und mit vegetativer Ausbreitung verbunden. (L. KUTSCHERA, E. LICHTENEGGER, 1992).

Standort und Verbreitung

Als Kulturbegleiter (G. BRIEMLE, 1997) ist Beifuß in ganz Europa verbreitet (P. SCHAUENBERG/F. PARIS, 1970). Typische Standorte sind Unkrautfluren, Ruderalstellen, Wege, Schutt- und Müllplätze. Er ist eine Charakterart der *Artemisitea* (Stickstofffluren) (G. BRIEMLE, 1997). An den Boden werden keine großen Ansprüche gestellt. Bevorzugt werden frische bis feuchte und nährstoffreiche Böden. Bis zu einer Höhe von 800 m über NN kann Beifuß angetroffen werden (G. BRIEMLE, 1997).

Sein Vorkommen in Kulturgrasland erstreckt sich nach E. KLAPP (1965) an folgenden Standorten:

- *Lolio-Cynosuretum* (Weidelgrasweiden)
- *Arrhenatheretum* (Tal-Glatthaferwiesen)
- *Molinion* (Pfeifengraswiesen)
- *Agropyro-Rumicion crispi* (Tritt-und Flutrasen)

Nutzen und Bedeutung

Beifuß stellt eine Fraßpflanze für Raupen aus den Familien der Glasflügler, Spanner und Eulen dar (G. BRIEMLE, 1997). Beifuß enthält ein an Cineol reiches ätherisches Öl und einen Bitterstoff. (P. SCHAUENBERG/F. PARIS, 1970). Die Pflanze wurde früher als Nervenmittel oder auch gegen Menstruationsstörungen verwendet. Zudem fördert Beifuß die Verdauung und macht schwerverdauliche, fette Speisen bekömmlich (G. BRIEMLE, 1997). Weiteren Gebrauch findet Beifuß gegen Durchfall, als harn- und schweißtreibendes Mittel und bei Wurmbefall (D. BOWN, 1995).

Zichorie (*Cichorium intybus* L.)

Die Zichorie wird auch als Wegwarte, Wegweiser, Wegleuchte, Wegwächter, Wilde Zichorie oder Sonnenwirbel bezeichnet. Sie gehört zur Familie der *Asteraceae* (Korbblütengewächse) (G. BRIEMLE, 1997).



Abbildung 4: Zichorie (F. LOSCH, 1914)

Morphologie

Die vierkantigen blaugrünen Triebe (V. RENAUD, 2007) der sommergrünen Schaftpflanze (G. BRIEMLE, 1997), die mehrjährig ausdauernd ist (F. BIANCHINI/F. CORBETTA, 1978), werden 30 bis 120 cm hoch (G. BRIEMLE, 1997). Der steife, geriefte Stängel (G. BRIEMLE, 1997), welcher hohl ist, erhebt sich von einer grundständigen Blattrosette (F. BIANCHINI/F. CORBETTA, 1978). Die Stängelblätter sind breit-lanzettlich, ganzrandig oder entfernt gezähnt und halbstängelumfassend. Die Grundblätter sind dagegen fiederspaltig gesägt und löwenzahnähnlich. Sie weisen eine dunkelgrüne Farbgebung auf und sind unterseitig besonders auf den Nerven rauhaarig (G. BRIEMLE, 1997). Die großen, meist hellblauen Blütenkörbchen sitzen einzeln, zu zweien oder dreien am Stängel (F. BIANCHINI/F. CORBETTA, 1978). Die Blütezeit erstreckt sich von Juli bis August. Die Bestäubung erfolgt durch Insekten (G. BRIEMLE, 1997). Die Fortpflanzung ist vegetativ, findet aber auch durch

Samen mittels Wind- und Klebeverbreitung statt, wobei die Keimdauer 10 bis 30 Tage beträgt (G. BRIEMLE, 1997).

Ein Kennzeichen der Zichorie ist der starke Wurzelstock und eine lange Pfahlwurzel (F. BIANCHINI/F. CORBETTA, 1978). Die Wurzel reicht bis in 100 cm Tiefe, so dass die Zichorie als Tiefwurzler bezeichnet werden kann (G. BRIEMLE, 1997). Der Wurzelaufbau der Zichorie ist pfahlförmig und durch eine vortretende Polwurzel gekennzeichnet. Die Bodendurchwurzelung ist zylinder- bis kegelförmig. Sie ist mitteldicht bis dicht und mitteltief bis tief. Die Grundachse ist gestaucht, die Basis befindet sich ca. 1 bis 3 cm unter der Flur.

Der Durchmesser der Grundachse kann bis über 12 oder teilweise 17 mm betragen. Die basalen Verzweigungen weisen einen Durchmesser bis 7 mm und mehr auf. Die Länge beträgt bis über 4 cm. Die Polwurzel ist ausdauernd und pfahl- bis strangförmig und meist senkrecht abwärts wachsend. Der Durchmesser kann bis über 12 mm betragen. Die Länge der Polwurzel kann bis ca. 160 cm und mehr betragen. Die Verzweigungen der Wurzel reichen bis über die 4. Ordnung hinaus (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1992).

Standort und Verbreitung

Tiefgründige und sandig humose Böden sowie sonnige Lagen im gemäßigten Klima werden als Standort bevorzugt (V. RENAUD, 2007). Die Zichorie kann bis zu einer Höhe von 900 m über NN und auf mäßig trockenen, stickstoffreichen Lehmböden angetroffen werden (G. BRIEMLE, 1997). Als Vorkommen von Zichorie können Straßen und Wegesränder, lückige Unkraut- und Trittrasen und Schuttplätze (G. BRIEMLE, 1997), sowie Weiden und Böschungen (F. BIANCHINI/F. CORBETTA, 1978) in ganz Europa (P. SCHAUENBERG/F. PARIS, 1970) genannt werden. Sie stellt eine Charakterart des *Artemisietaea* (Stickstoff-Krautfluren) dar (G. BRIEMLE, 1997).

Das Vorkommen der Zichorie in Kulturgrasland erstreckt sich nach E. KLAPP (1965) auf:

- *Lolio-Cynosuretum* (Weidelgrasweiden)
- *Arrhenatheretum* (Tal-Glatthaferwiesen)

Nutzen und Bedeutung

Vor rund 100 Jahren erfolgte die Kultivierung der Zichorie zur Produktion von Ersatzkaffee aus Zichorienwurzeln. Sie stellt eine Nektarpflanze für Bienen und Schwebfliegen dar. Auch

ist Zichorie als Äsungsfläche beim Reh beliebt (G. BRIEMLE, 1997). Die Zichorie ist eine Heilpflanze. Sie wirkt appetitanregend, sekretionsanregend und stuhlfördernd und hat einen guten Einfluss auf die Gallensekretion. Zichorie wird auch homöopathisch bei Erkrankungen von Leber und Galle verwendet (G. BRIEMLE, 1997). Auch mindert sie die Gefahr einer Tympanie von Rindern. Jedoch wirkt sich der bittere Geschmack bei zu hohen Dosierungen im Futter auf den Milchgeschmack aus (M. ENSBERG et al., 2002).

Hornklee (*Lotus corniculatus* L.)

Hornklee, unter den Volksnamen Hornschotenklee, Weckblume, Frauenschühlein, Goldener Klee oder Gelbe Schoten bekannt, gehört zur Familie der *Leguminosae* (Schmetterlingsblüten-Gewächse) (G. BRIEMLE, 1997).



Abbildung 5: Hornklee (J. Kops, 1822)

Morphologie

Die mehrjährige, in Wildformen ausdauernde und anspruchslose (E. KLAPP, 1945) sommergrüne Horstpflanze weist eine Wuchshöhe von 10 bis 30 cm auf (G. BRIEMLE, 1997). Bogig aufsteigende Stängel, welche markig oder engröhrig sind, gehören zu den äußeren Kennzeichen (G. BRIEMLE, 1997) dieser Futterpflanze. Die Blätter weisen fünf ovale Fiedern auf, wobei das untere Blattpaar dicht am Stängel von den übrigen drei Blättern deutlich

entfernt ist. Die Pflanze bewurzelt und bestockt sich mit den Jahren sehr stark (E. KLAPP, 1945). Die Blütezeit erstreckt sich über einen Zeitraum von Mai bis August. Diese findet durch eine Bestäubung durch Insekten statt. Die Fortpflanzung erfolgt über Samen. Die Keimzeit dieses Lichtkeimers kann als ganzjährig angesehen werden, wobei die Keimdauer 10 bis 30 Tage beträgt (G. BRIEMLE, 1997).

Die Wurzeltiefe dieses Rohbodenbesiedlers und Bodenverbesserers kann bis 60 cm betragen (G. BRIEMLE, 1997), die kräftige Wurzel kann jedoch auch eine Tiefe von 100 cm erreichen. Nahe der Bodenoberfläche wird eine Ausdehnung von 56 cm Durchmesser und eine verhältnismäßig starke Entwicklung der oberen flachstreichenden Wurzelgruppe erreicht. Bei dem Wurzelbild handelt es sich um einen vielköpfigen Erdstock mit einer langenzapfenförmigen und senkrecht oder schräg absteigenden Primärwurzel. Diese bildet am oberen Teil mehrere Seitenwurzeln aus und entwickelt darunter meist einige tiefstrebende Wurzelstränge. Das Wurzelsystem von Hornklee kann daher in eine flachstreichende und eine tiefstrebende Wurzelgruppe unterteilt werden. Die Seitenwurzeln erster Ordnung sind häufig mit langen Seitenwurzeln zweiter Ordnung besetzt. Der Faserwurzelbesatz ist mäßig bis reich. Die vorhandenen Wurzelknöllchen sind von rundlicher Gestalt (L. KUTSCHERA, 1960).

Standort und Vorkommen

Als Wuchsstandorte werden warme, nährstoff- und basenreiche, lockere Lehmböden in Lehm- und Kalkgebieten bevorzugt. Das natürliche Vorkommen von Hornklee erstreckt sich auf Wirtschaftsgrünland, insbesondere auf Heuwiesen und Halbtrockenrasen. Er ist eine Charakterart des *Arrhenatheretalia* (Wirtschaftsgrünland) (G. BRIEMLE, 1997). Typische Standorte von Hornklee sind hierbei:

- *Mesobromion* (Kalktrockenrasen)
- *Nardo-Callunetea* (Ginsterheiden und Borstgrasrasen)
- *Festuco-Cynosuretum* (Rotschwingel-Straußgrasweiden)
- *Lolio-Cynosuretum* (Weidelgrasweiden)
- *Arrhenatheretum* (Tal-Glatthaferwiesen)
- *Arrhenatheretum montanum* und *Polygono-Trisetion* (Berg-Glatthafer- und Goldhaferwiesen)
- *Bromion racemosi Calthion* (Dotterblumenwiesen)
- *Molinion* (Pfeifengraswiesen)
- *Scheuchzerio-Caricetea fuscae* (Kleinseggenwiesen)
- *Agropyro-Rumicion crispici* (Tritt- und Flutrasen) (E. KLAPP, 1965)

Nutzen und Bedeutung

Hornklee dient Bienen und Tagfaltern als Nektarpflanze. Er ist eine Fraßpflanze für Raupen aus den Familien der Bärenspinner, Widderchen, Dickkopffalter, Bläulinge und Spanner (G. BRIEMLE, 1997).

Hornklee ist eine gute Futterpflanze für Wiesen, Weiden und im Feldfutterbau. Er ist besonders für trockene und kalkreiche Böden geeignet. Im Vergleich zu Rotklee ist Hornklee viel nährstoffreicher, jedoch nicht sehr massewürdig. Seine Vorzüge bestehen in der Ausdauer (bis zu 20 Jahre) (G. BRIEMLE, 1997) und Anspruchslosigkeit (E. KLAPP, 1945).

Aufgrund der kondensierten Tannine wird die Milchproduktion von Kühen angeregt und die Gefahr einer Typanie eingeschränkt (M. ENSBERG et al., 2002). Zur Grünfütterung muss der Hornklee möglichst vor der Blüte geschnitten werden, da dieser einen bitterschmeckenden Farbstoff enthält (P. SCHAUENBURG/F. PARIS, 1970). Bei einer Verfütterung von großen Mengen kann es zu einer Gelbfärbung sowie einem bitteren und salzigen Geschmack von Kuhmilch kommen. (M. ENSBERG et al., 2002).

Spitzwegerich (*Plantago lanceolata* L.)

Der Spitzwegerich, auch bekannt unter den Volksnamen Lanzettblättriger Wegerich, Heilwegerich, Siebenrippe und Aderblatt, ist eine der bekanntesten Heilpflanzen (M. BOCKSCH, 1998). Er gehört zur Familie der *Plantaginaceae* (Wegerich-Gewächse) (G. BRIEMLE, 1997).

Morphologie

Die Blätter dieser ausdauernden (F. BIANCHINI/F. CORBETTA, 1978), grün überwinternden Pflanze befinden sich in grundständiger Rosette. Im Pflanzenbestand sind diese jedoch hochgezogen und lanzettlich, ganzrandig mit 5 bis 7 parallelen Nerven ausgebildet. Die Wuchshöhe kann 10 bis 40 cm betragen. Die Blütezeit erstreckt sich über einen Zeitraum von April bis September. Eine Bestäubung findet als Selbst- und Fremdbestäubung z.B. durch Wind statt. Die Fortpflanzung kann durch Samen, mittels einer Klebverbreitung, aber auch vegetativ erfolgen. Es befinden sich ca. 1000 bis 2000 Samen je Pflanze. Die Keimzeit erstreckt sich über einen Zeitraum von Sommer bis Herbst, mit einer Keimdauer von 10 bis

30 Tagen. Spitzwegerich zählt zu den Lichtkeimern, so dass eine Keimung bis 0,5 cm tief in der Erde erfolgt (G. BRIEMLE, 1997).



Abbildung 6: Spitzwegerich (F. LOSCH, 1914)

Die Wurzeltiefe kann bis 60 cm Bodentiefe erreichen. (G. BRIEMLE, 1997) Die Bodendurchwurzelung von Spitzwegerich erfolgt zylinder- bis kegelförmig und mitteldicht sowie mitteltief. Die Grundachse ist gestauch, kurzästig verzweigt und befindet sich knapp unter der Flur oder in Flurhöhe mit einem Durchmesser von 4 bis 9 mm und teilweise bis 12 mm. Diese Verzweigungen fehlen im oft Grasland, entstehen aber im Ackerland bereits im 1. bis 2. Jahr. Die Länge beträgt bis zu 2 cm und mehr. Die Polwurzeln von Spitzwegerich sind auf feuchten Standorten nach einigen Monaten abgestorben und auf trockenen Standorten erst nach Jahren absterbend oder ausdauernd. Diese sind pfahlförmig und deutlich vorwüchsig, werden jedoch im basalen Teil durch eine Längsschrumpfung verkürzt. Der Durchmesser der Polwurzeln kann bis über 6 mm betragen. Die Länge weist bis 110 cm und mehr auf. Die Seitenwurzeln haben einen Durchmesser bis 2 mm und eine Länge bis über 70 cm. Die Verzweigungen reichen bis zur 4. bzw. bis zur 5. Ordnung. Die zahlreichen Sprosswurzeln sind spärlich, wenn die Polwurzel schwach entwickelt oder abgestorben ist. Sie weisen einen Durchmesser von 0,5 bis 4 bzw. 5 mm und eine Länge bis 60 bzw. 90 cm auf (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1992).

Standort und Verbreitung

Bevorzugte Standorte des Spitzwegerichs befinden sich in tiefgründigen, nährstoffreichen und sandigen Lehmböden bis zu einer Höhe von 1800 m über NN (G. BRIEMLE, 1997) innerhalb kühl gemäßigten Klimazonen (K. HILLER/M. F. MELZIG, 2005). Das natürliche Vorkommen erstreckt sich vor allem auf mäßig gedüngtem Wirtschaftsgrünland, in Parkrasen, an Wegen und Plätzen. Er gilt als Charakterart des *Molinio-Arrhenatheretea* (Mähwiesen- und Weidegesellschaften) (G. BRIEMLE, 1997). Das Vorkommen in Kulturgrasland von Spitzwegerich befindet sich in Pflanzenbeständen von:

- *Mesobromium* (Kalktrockenrasen)
- *Nardo-Callunetea* (Ginsterheiden und Borstgrasrasen)
- *Festuco-Cynosuretum* (Rotschwengel-Straußgrasweiden)
- *Lolio-Cynosuretum* (Weidelgrasweiden)
- *Arrhenatheretum* (Tal-Glatthaferwiesen)
- *Arrhenatheretum montanum* und *Polygono-Trisetion* (Berg-Glatthafer- und Goldhaferwiesen)
- *Bromion racemosi Calthion* (Dotterblumenwiesen)
- *Molinion* (Pfeifengraswiesen)
- *Scheuchzerio-Carceta fuscae* (Kleinseggenwiesen)
- *Agropyro-Rumicion crispi* (Tritt- und Flutrasen) (E. KLAPP, 1965)

Nutzen und Bedeutung

Spitzwegerich dient Kleininsekten als Nektarpflanze und Raupen der Familien Edelfalter, Spanner und Eulen als Fraßpflanze. Spitzwegerich ist das beim Weidevieh beliebteste Futterkraut. In geringen Bestandsanteilen ist er sehr wertvoll und gesundheitsfördernd (G. BRIEMLE, 1997).

Spitzwegerich ist eine Heilpflanze und kann speziell zur Wundheilung, bei Hautrissen, Schnitten, Wespenstichen und Tierbissen, Anwendung finden. Desweiteren kann auch eine Behandlung bei Hautleiden, Kopf-, Zahn- und Ohrenschmerzen (G. BRIEMLE, 1997), sowie bei Durchfall, Bronchitis, Asthma, Heuschnupfen, Reizhusten und Magengeschwüren erfolgen (D. BOWN, 1995).

Kleine Bibernelle (*Pimpinella saxifraga* L.)

Die Kleine Bibernelle gehört zur Familie der *Apiaceae* (Doldengewächse) (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1992).

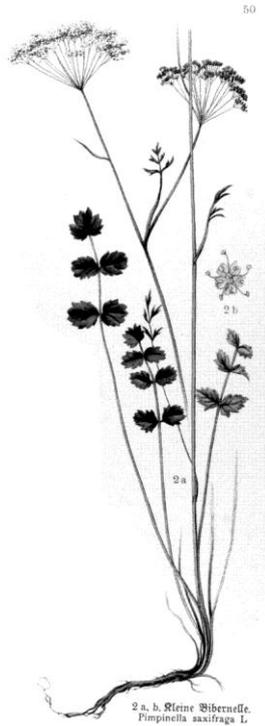


Abbildung 7: Kleine Bibernelle (F. LOSCH, 1914)

Morphologie

Diese mehrjährige, krautige (G. FISCHER, 1984) und ausdauernde Pflanze erreicht eine Wuchshöhe von 15 bis 60 cm (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1992). Der Spross ist jedoch hierbei wenig massenwürdig (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1992). Die Blätter der Kleinen Bibernelle sind verschiedenartig, kahl und derb mit breiten Segmenten ausgebildet (P. SCHAUBENBERG/F. PARIS, 1970). Sie ist einzeln wachsend oder bildet mittelgroße Büschel (L. L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1992). Der Blütezeitraum erstreckt sich von Juni bis September (T. BRENDLER, et al., 2003). Die Vermehrung erfolgt durch Samen (G. FISCHER, 1984).

Die Wurzeltiefe dieser Polwurzelsaude kann bis zu über 250 cm betragen. Die sehr tiefe Bodendurchwurzelung erfolgt in Strängen, welche zylinder- bis kegelförmig sind und schütter bis mitteldicht. Die Grundachse, welche bis 3 cm unter der Flur liegt, ist gestaucht und

kurzästig verzweigt. Ihr Durchmesser beträgt 5 bis 20 mm. Sie weist grundständige Verzweigungen mit einem Durchmesser von 2 bis 13 mm und eine Länge bis 3,5 cm auf. Die Polwurzel ist ausdauernd, strang- bis pfahlförmig und stark vorwüchsig. Sie weist einen Durchmesser bis 15 bzw. 20 mm und eine Länge bis über 400 cm auf. Im basalen Teil finden sich Seitenwurzeln. Daneben sind oft zahlreiche höckerförmige Ansatzstellen abgestorbener Wurzeln vorhanden. Die Verzweigungen reichen bis über die 4. bzw. die 5. Ordnung hinaus (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1992).

Standort und Verbreitung

Als Wuchsstandort bevorzugt die Kleine Bibernelle trockene Kalkböden. Jedoch ist sie generell in Europa sehr häufig (P. SCHAUBENBERG/F. PARIS, 1970) auf sonnigen Hängen, Wiesen, Ufern, Schutthalden und lichten Wäldern anzutreffen (G. FISCHER, 1984). Das Vorkommen der Kleinen Bibernelle auf Kulturgrasland erstreckt sich über folgende Pflanzengesellschaften:

- *Mesobromion* (Kalktrockenrasen)
- *Nardo-Callunetea* (Ginsterheiden und Borstgrasrasen)
- *Festuco-Cynosuretum* (Rotschwengel-Straußgrasweiden)
- *Lolio-Cynosuretum* (Weidelgrasweiden)
- *Arrhenatheretum* (Tal-Glatthaferwiesen)
- *Arrhenatheretum montanum* und *Polygono-Trisetion* (Berg-Glatthafer- und Goldhaferwiesen)
- *Bromion racemosi Calthion* (Dotterblumenwiesen)
- *Molinion* (Pfeifengraswiesen)
- *Agropyro-Rumicion crispici* (Tritt- und Flutrasen) (E. KLAPP, 1965)

Nutzen und Bedeutung

Die Kleine Bibernelle ist ein bitter und scharf schmeckendes Kraut mit harntreibenden und schleimlösenden Eigenschaften. Sie fördert die Verdauung, löst Krämpfe und erhöht bei Milchvieh den Milchfluss (D. BOWN, 1995). Zudem weist die Pflanze diuretische und entzündungswidrige Wirkungen auf (G. FISCHER, 1984).

Wiesensalbei (*Salvia pratensis* L.)

Wiesensalbei ist im Volksmund bekannt als Wilder Salbei, Hahnenkamm, Brandele, Katzenschweif oder Stinker. Er gehört zur Familie der *Lamiaceae* (Lippenblütler) (G. BRIEMLE, 1997).



Abbildung 8: Wiesensalbei (J. Kops, 1822)

Morphologie

Als sommergrüne Horstpflanze wächst der Wiesensalbei mit armbütigem Stängel bis zu einer Wuchshöhe von 30 bis 60 cm heran (G. BRIEMLE, 1997). Die grundständigen Blätter sind herzförmig, faltig und gezähnt, wobei es nur wenige kleine Stammblätter gibt (F. BIANCHINI/F. CORBETTA, 1978). Die blauen bzw. blauvioletten Blüten sind in Wirteln angeordnet und bilden somit eine eigenständige Ähre (F. BIANCHINI/F. CORBETTA, 1978). Sie weisen eine Länge von ca. 2 cm auf (P. SCHAUENBERG/F. PARIS, 1970).

Die Blütezeit erstreckt sich über einen Zeitraum von April bis August, wobei die Bestäubung durch Insekten erfolgt. (G. BRIEMLE, 1997). Die Fortpflanzung erfolgt durch eine Klebeverbreitung der Samen oder kann vegetativ vonstattengehen. Die Keimzeit dieses Lichtkeimers ist ganzjährig, bei einer Keimdauer von zu 100 Tagen (G. BRIEMLE, 1997).

Wiesensalbei kann eine Wurzeltiefe von bis zu 100 cm erreichen und zählt zu den Tiefwurzlern (G. BRIEMLE, 1997). Hierbei wird eine Polwurzel gebildet. Die Bodendurchwurzelung ist zylinderförmig, mitteldicht und tief bis sehr tief. Die Grundachse ist gestaucht

bis schwach verlängert und unterirdisch nahe der Flur gelagert. Diese wächst oft zusammen mit dem basalen Teil der Polwurzel und zeigt sich durch Spaltung der Polwurzel ausdauernd und pfahlförmig mit einer Länge bis zu 230 cm und mehr. Der Durchmesser kann bis zu 30 mm betragen. Die Seitenwurzeln am basalen Teil sind meist dünn und kurz. Am mittleren Wurzelteil finden sich mehrere, erstarkend und oft bogig abwärts wachsende Seitenwurzeln mit einem Durchmesser von über 2,5 mm und einer Länge bis zu 180 cm und mehr. Die Verzweigung reicht bis zur 5. Ordnung (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1992).

Standort und Verbreitung

Der Wiesensalbei wächst als wärmeliebender Rohbodenpionier vorzugsweise auf mäßig oder frischem bis trockenem, kalkreichem und humosem Lehmboden in bis zu 1000 m Höhe über NN (G. BRIEMLE, 1997). Seine Verbreitung erstreckt sich über ganz Europa (P. SCHAUENBERG/F. PARIS, 1970). Als natürliche Standorte werden Kalkmagerrasen, Halbtrockenrasen, sonnige Wegesränder und Böschungen genannt. Er ist eine Charakterart des *Festuco-Brometea* (Kalkmagerrasen) (G. BRIEMLE, 1997). In Kulturgrasland erstreckt sich sein Vorkommen auf:

- *Mesobromion* (Kalktrockenrasen)
- *Festuco-Cynosuretum* (Rotschwengel-Straußgrasweiden)
- *Lolio-Cynosuretum* (Weidelgrasweiden)
- *Arrhenatheretum* (Tal-Glatthaferwiesen)
- *Arrhenatheretum montanum* und *Polygono-Trisetion* (Berg-Glatthafer- und Goldhaferwiesen)
- *Bromion racemosi Calthion* (Dotterblumenwiesen)
- *Molinion* (Pfeifengraswiesen) (E. KLAPP, 1965)

Nutzen und Bedeutung

Wiesensalbei spielt als Nektarpflanze für Insekten, z.B. für Tagfalter und Hummeln, eine Rolle. Er ist jedoch eine schlechte Futterpflanze, da er vom Weidevieh wegen des aufdringlichen Geruches und der harten Stängel verschmäht wird. Im Heu zerbröseln die Blätter, so dass nur die holzigen Stängel übrig bleiben. (G. BRIEMLE, 1997)

Wiesensalbei ist eine Heilpflanze. Seine Wirkung ist bedeutend schwächer als bei dem echten Salbei (*Salvia officinalis*) (R. WILLFORT, 1979). Die Blüten werden bei Mandelentzündungen, Halsleiden, Eiterherden der Zähne sowie Entzündungen des Rachens und

der Mundhöhle zum Gurgeln verwendet. Bei längerem Kranklager kann Salbeiessig zum Einreiben schmerzender Körperstellen verwendet werden (G. BRIEMLE, 1997). Für landwirtschaftliche Nutztiere findet der Wiesensalbei seine Anwendung zur Anregung von Fresslust, bei Verdauungsstörungen, Entzündungen im Verdauungstrakt, Durchfall, übermäßigem Schwitzen, Entzündungen der Maul- und Rachenschleimhaut und Husten (I. AICHBERGER et al., 2006).

Kleiner Wiesenknopf (*Sanguisorba minor* Scop.)

Der Kleine Wiesenknopf, auch unter den Namen Steinpetersilie und Pimpinelle bekannt, gehört zur Familie der *Rosaceae* (Rosengewächse) (V. RENAUD, 2007).



Abbildung 9: Kleiner Wiesenknopf (J. Kops, 1822)

Morphologie

Die Blütenstängel der mehrjährigen, sehr winterharten, krautigen Pflanze weisen eine Wuchshöhe von 20 bis 60 cm auf (V. RENAUD, 2007). Die rötlichen, kantigen und verzweigten Triebe können aufrecht stehen oder niederliegen (V. RENAUD, 2007). Die gefiederten und gezähnten Blätter, die eine Rosette bilden, setzen sich aus 5 bis 10 Paar Fiedern und einer Fieder an der Blattspitze zusammen (F. BIANCHINI et al., 1978). An der

Spitze der Blütenstängel befinden sich kleine kugelige Blütenköpfe (F. BIANCHINI/F. CORBETTA, 1978). Die Blüten erscheinen in einem Zeitraum von April bis Juni (V. RENAUD, 2007) bzw. Juni bis September (T. BRENDLER et al., 2003) in grünen und purpurroten Ähren (V. RENAUD, 2007). Die Vermehrung kann vegetativ oder durch Samen erfolgen (V. RENAUD, 2007).

Die verzweigten Polwurzeln des kleinen Wiesenknopfes können eine Tiefe von 160 cm und mehr erreichen (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1992). Die Bodendurchwurzelung ist zylinderförmig bis kegelstumpfförmig und mitteldicht sowie tief. Die Grundachse ist gestaucht, kurzästig verzweigt und senkrecht stehend bis schräg aufwärts gerichtet. Sie weist einen Durchmesser von 4 bis 8 mm und Verzweigungen mit einer Länge bis über 3 bzw. 5 cm auf. Die Polwurzel ist ausdauernd und hat einen Durchmesser von 2 bis 8 mm und eine Länge von bis zu 160 cm und mehr. Die Seitenwurzeln weisen Durchmesser von 0,3 bis 2 mm auf. Einige sind erstarkend und meist bogig abwärts mit einem Durchmesser von 3 bis 5 mm wachsend. Die Verzweigung der Wurzel reicht bis über die 3. und teilweise bis zur 4. Ordnung. Das Polwurzelsystem besteht aus einem starken Gerüst mit reicher Feinverzweigung (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1992).

Standort und Verbreitung

Kleiner Wiesenknopf bevorzugt sandigen, tiefgründigen, trockenen und kalkhaltigen Boden. Er ist in gemäßigten Klimazonen an Licht- und Halbschattstandorten zu finden (V. RENAUD, 2007). Das Vorkommen dieser Pflanze erstreckt sich über Europa, Asien und Teilen Afrikas (I. SCHMIDT, 2004). Der Kleine Wiesenknopf stellt auch eine Charakterart von Kalk-Trocken- und Halbtrockenrasen (Kalkmagerwiesen) (*Brometalia erecti*) (C. P. HUTTER et al., 1993) dar. Das Vorkommen des Kleinen Wiesenknopfes erstreckt sich auf folgenden Standorten:

- *Mesobromion* (Kalktrockenrasen)
- *Nardo-Callunetea* (Ginsterheiden und Borstgrasrasen)
- *Festuco-Cynosuretum* (Rotschwengel-Straußgrasweiden)
- *Lolio-Cynosuretum* (Weidelgrasweiden)
- *Arrhenatheretum* (Tal-Glatthaferwiesen)
- *Arrhenatheretum montanum* und *Polygono-Trisetion* (Berg-Glatthafer- und Goldhaferwiesen)
- *Bromion racemosi Calthion* (Dotterblumenwiesen)
- *Molinion* (Pfeifengraswiesen) (E. KLAPP, 1965)

Nutzen und Bedeutung

Durch seine hohen Gerbstoffmengen wird der Kleine Wiesenknopf gerne gefressen und ist als Futterpflanze geschätzt (E. GESSL, 1985). Er ist schmackhaft für Schafe und Kühe und gibt einen angenehmen Geschmack an die Butter weiter (M. ENSBERG et al., 2002). Seine Inhaltsstoffe dienen der Stillung von Blutungen, dem Hemmen von Entzündungen, der Förderung von Wundheilungen und dem Abtöten vieler krankheitserregender Organismen (D. BOWN, 1995).

2.2 Gräser

Die Gräser, welche innerhalb der in dieser Arbeit beschriebenen Versuchsanlage mit Kräutern behandelt werden, werden in diesem Kapitel ebenfalls beschrieben. Es handelt sich größtenteils um Untergräser, nur die Grasart Deutsches Weidelgras (*Lolium perenne* L.) stellt eine Obergrasart dar. Folgende Gräser wurden im Versuch angebaut:

- Ruchgras (*Anthoxanthum odoratum* L.)
- Zittergras (*Briza media* L.)
- Wiesen-Kammgras (*Cynosurus cristatus* L.)
- Ausläufer-Rotschwingel (*Festuca rubra rubra* L.)
- Horstrotschwingel (*Festuca nigrescens* L.)
- Deutsches Weidelgras (*Lolium perenne* L.)
- Wiesen-Rispengras (*Poa pratensis* L.)

2.2.1 Ruchgras (*Anthoxanthum odoratum* L.)

Ruchgras ist unter den Namen Waldmeistergras, Weiße Schmele und Wittschwanz bekannt. Es gehört zur Familie der *Gramineae* (Süßgräser) (G. BRIEMLE, 1997).

Morphologie

Diese sommergrüne (G. BRIEMLE, 1997), kleine und blattarme Horstpflanze (E. KLAPP/W. O. v. BOBERFELD, 1990) weist eine Wuchshöhe von 15 bis 40 cm auf. Das Blatt ist 2 bis 6 mm breit, blaugrün und bitterschmeckend. Am Blattgrund ist es mit Öhrchen und Haarkranz und einem Blatthäutchen mit 1 bis 2 mm Länge versehen, welches gestutzt und gezähnt ist. Der Blütezeitraum erstreckt sich von April bis Juni. Die Bestäubung erfolgt als

Wind- und Selbstbestäubung. Die Fortpflanzung erfolgt durch Samen, wobei die Keimzeit ganzjährig ist (G. BRIEMLE, 1997).

Die Wurzeltiefe von Ruchgras beträgt ca. 30 cm, so dass es zu den Flachwurzlern zählt (G. BRIEMLE, 1997). Es weist eine gestauchte Grundachse mit 1 bis 2 mm Dicke auf, welche dichte und allseitige Horste bildet. Die Bewurzelung ist kegelstumpfförmig und dicht. Sie kann flach und mitteltief stattfinden. Die Wurzeln sind hierbei mittelstark verzweigt (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1982).

Standort und Verbreitung

Typische Standorte von Ruchgras sind magere Berg- oder Moorwiesen, Extensivweiden und lichte Laubwälder. Ruchgras ist eine Charakterart des *Molino-Arrhenatheretea* (Mähwiesen und Weidegesellschaften). Das Vorkommen erstreckt sich bis in 2000 m Höhe über NN. Basen- und kalkarme sowie modrig-humose Lehmböden werden bevorzugt. Es ist ein Magerkeitszeiger (G. BRIEMLE, 1997), das bei vermehrter Düngung und Pflege des Bodens wertvolleren Gräsern weicht (A. PETERSEN, 1988).

Nutzen und Bedeutung

Als Fraßpflanze für Raupen aus Familien der Wurzelbohrer und Bräunlinge findet Ruchgras bei Insekten Verwendung (G. BRIEMLE, 1997). Die Qualität von Wiesenruchgras wurde in der Vergangenheit in der Landwirtschaft stark überschätzt (A. PETERSEN, 1988). Ruchgras ist ein wenig ergiebiges Untergras von nur geringem Nährwert, da es kleine blattarme Horste aufweist, die schon zur Zeit der Heuwerbung fruchten und strohig sind (G. BRIEMLE, 1997). Durch seinen Kumaringeruch (Duftstoff des Waldmeisters) geben schon kleine Mengen Ruchgras auch dem schlechtesten Heu den Duft guten Grases (A. PETERSEN, 1988). Aus diesem Grunde findet es unter anderem auch als Würze für Getränke, Schnupftaback und als Kräuterkissen (E. KLAPP/W. O. v. BOBERFELD, 1990) Verwendung. Der Wirkstoff Kumarin ist in großen Dosen schädlich (E. KLAPP/W. O. v. BOBERFELD, 1990). Wegen des bitteren Geschmacks und des besonders im Heu starken Geruchs nach Kumarin wird es weder grün noch getrocknet gern gefressen. Der typische Heugeruch wird aber nicht in erster Linie durch das Kumarin verursacht, sondern von einer Gärung, welche vom Heubazillus hervorgerufen wird (G. BRIEMLE, 1997).

2.2.2 Zittergras (*Briza media* L.)

Zittergras wird auch als Bäbergras, Bömmeltjes, Wanzengras, Zitterherzl, Zitterläuse oder Zittermännl (E. KLAPP/W. O. v. BOBERFELD, 1990) bezeichnet und umfasst ca. 10 Arten. Es gehört zur Familie der *Gramineae* (Süßgräser) (E. KLAPP/W. O. v. BOBERFELD, 1990).

Morphologie

Zittergras ist ein ausdauerndes (D. AICHELE/H. W. SCHWEGLER, 1973), kleinhorstiges und ertragsarmes (E. KLAPP/W. O. v. BOBERFELD, 1990) 20 bis 50 cm hohes Untergras (D. AICHELE/H. W. SCHWEGLER, 1973). Es wächst in lockeren Horsten (A. PETERSEN, 1988) und ist schwach bestockend (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1982). Durch die feinen Blätter und zierlichen Blütenstände (E. KLAPP/W. O. v. BOBERFELD, 1990) wirkt es lockerrasig (L. KUTSCHERA, 1982).

Ganz kurze Rhizome kennzeichnen das Wurzelbild (E. KLAPP/W. O. v. BOBERFELD, 1990). Auf feuchtem Sand kann es mit langen Ausläufern angetroffen werden (D. AICHELE/H. W. SCHWEGLER, 1973). Die Bewurzelung erfolgt aus einer unterirdischen, kriechenden und langgliedrigen Grundachse, welche kurze und laubtriebfreie Abschnitte aufweist. Die Grundachse hat eine Dicke von 0,3 bis 0,5 mm. Die Bewurzelung kann als kegelstumpfförmig, dicht und mitteltief beschrieben werden. Die Wurzeln sind schnurartig bis schwach drahtig und mittelstark verzweigt (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1982).

Standort und Vorkommen

Zittergras ist auf trockenen Wiesen, mageren Rainen, an Waldrändern und in lockeren Rasenflächen anzutreffen (D. AICHELE/H. W. SCHWEGLER, 1973). Sein Vorkommen erstreckt sich auf Grünland fast jeder Feuchtigkeitslage. Auf frischen und feuchten Böden ist es ein Zeiger für Nährstoffarmut. Wenn sich die Verhältnisse der Nährstoffversorgung bessern, verschwindet es bis auf Spuren (A. PETERSEN, 1988). Durch Kulturmaßnahmen befindet es sich somit stellenweise im Rückgang (D. AICHELE/H. W. SCHWEGLER, 1973).

Nutzen und Bedeutung

Durch die Höhe des Futterwertes ist Zittergras in der Landwirtschaft geduldet. Es zeigt jedoch verbesserungsbedürftige Wiesen an. (D. AICHELE/H. W. SCHWEGLER, 1973). Als

Heu wird es gern gefressen und im Bergland auch abgeweidet. Es gilt jedoch als nicht ansaatwürdig (E. KLAPP/W. O. v. BOBERFELD, 1990).

2.2.3 Wiesen-Kammgras (*Cynosurus cristatus* L.)

Wiesen-Kammgras, auch als Hundsschwanz, Muschigras, Wierengras, Goldspitze (G. BRIEMLE, 1997) und Herdgras bezeichnet, gehört zur Familie der *Gramineae* (Süßgräser) (E. KLAPP/W. O. v. BOBERFELD, 1990).

Morphologie

Dieses sommergrüne (G. BRIEMLE, 1997), ausdauernde, mit kleinen und blattarmen Horsten (E. KLAPP/W. O. v. BOBERFELD, 1990) versehene Gras erreicht eine Wuchshöhe von 30 bis 60 cm (G. BRIEMLE, 1997). Das Blatt ist schmal, unten glänzend und oberseits gerieft. Der Blattgrund weist ein Häutchen auf. Die Blütezeit erstreckt sich über einen Zeitraum von Juni bis Juli, wobei eine Selbstbestäubung mit Hilfe von Wind stattfindet. Die Fortpflanzung erfolgt durch Samen, wobei die Keimdauer 10 bis 30 Tage beträgt (G. BRIEMLE, 1997). Wiesen-Kammgras treibt erst im zweiten Aufwuchs. Seine Anfangsentwicklung ist langsam und es erreicht seine volle Entwicklung erst im 3. Jahr nach der Ansaat (A. PETERSEN, 1988).

Die Wurzeltiefe von Wiesen-Kammgras, welches kurze unterirdische Ausläufer aufweist, beträgt ca. 30 cm (G. BRIEMLE, 1997). Die Bewurzelung findet aus einer gestauchten bis schwach verlängerten, dichten und einseitig Horste bildenden Grundachse statt. Diese ist oft schräg aufsteigend und von 0,8 bis 1,1 mm dick. Das Wurzelbild ist kegelförmig, oberflächennah und teils aufwärts gerichtet. Die Durchwurzelung ist mitteldicht und flach, nur selten mitteltief. Die Wurzeln sind mittelstark verzweigt (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1982).

Standort und Verbreitung

Gut nährstoffversorgte Weiden und Wiesen bilden den Standort von Wiesen-Kammgras. Es ist eine Charakterart des *Cynosurion cristati* (Weißklee-Weiden). Das Vorkommen erstreckt sich bis in 1700 m Höhe über NN. Die bevorzugten Bodenarten sind humose Lehm- und Tonböden. Wiesenkammgras ist ein Lehmzeiger (G. BRIEMLE, 1997).

Nutzen und Bedeutung

Wiesen-Kammgras ist eine Fraßpflanze für Raupen der Familien der Wurzelbohrer und der Bräunlinge (G. BRIEMLE, 1997).

Dieses Untergras ist für Dauergrünland nur von geringer Bedeutung. Als Weidegras wird es im Wert gern überschätzt. Es kann nur wenig Blattmasse aufweisen (G. BRIEMLE, 1997). Auch verhärten sich die zahlreichen Halme früh, so dass es in diesem Zustand von Weidetieren verschmäht wird. Die Grasart weist einen sehr hohen Gehalt an verdaulichen Nährstoffen auf. Es wird von den Tieren bis auf die harten Fruchthalme gern gefressen. Die hohe Trittfestigkeit wird durch Beweidung noch gefördert. Im außerlandwirtschaftlichen Bereich bietet sich die Ansaat für Sportrasen an (A. PETERSEN, 1988).

2.2.4 Deutsches Weidelgras (*Lolium perenne* L.)

Das Deutsche Weidelgras, auch als Englisch Raygras, Evangelisches Raygras, Spitzgras und Peterskorn bekannt, gehört zur Familie der *Gramineae* (Süßgräser) (G. BRIEMLE, 1997).

Morphologie

Die Wuchshöhe dieser grün überwinterten (G. BRIEMLE, 1997) und ausdauernden (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1982) Horstpflanze beträgt ca. 20 bis 50 cm (G. BRIEMLE, 1997). Das Blatt ist 2 bis 6 mm breit, unten glänzend und oberseits deutlich gerieft. Der Blattgrund zeigt sich mit Öhrchen und einem deutlichem Blatthäutchen. Die Blütezeit erstreckt sich über einen Zeitraum von Mai bis Juli, wobei die Bestäubung mittels Wind- und Selbstbestäubung erfolgt. Die Fortpflanzung ist vegetativ, ist aber auch durch Samen möglich (G. BRIEMLE, 1997).

Die Wurzeltiefe beträgt bis zu 30 cm, so dass es sich um einen Flachwurzler handelt (G. BRIEMLE, 1997). Die Bewurzelung besteht aus gestauchten bis kurz verlängerten Grundachsengliedern mit laubtriebfreien Abschnitten. Die lockere Horste bildende Grundachse, welche ca. 1 mm Dicke aufweist, ist kegelstumpfförmig, dicht und mitteltief bis tief. Die Wurzeln sind mäßig dickschürig und schwach bis mittelstark verzweigt (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1982).

Standort und Verbreitung

Die Verbreitung des Deutschen Weidelgrases erstreckt sich auf Weiden, Vielschnittwiesen, Mähweiden, Trittgemeinschaften und Erdwege. Es handelt sich um eine Charakterart des *Cynosurion cristati* (Weißklee-Weiden). Es kommt bis in 1000 m Höhe über NN vor. Bei der Bodenbeschaffenheit werden stickstoff- und basenreiche Lehm- und Tonböden bevorzugt (G. BRIEMLE, 1997).

Nutzen Bedeutung

Deutsches Weidelgras ist ein wichtiges Gras mit Höchstleistungen, jedoch nur in ozeanischem Klima, auf Weiden und Vielschnittwiesen. Es ist schmackhaft, von hoher Verdaulichkeit, geringem Rohfasergehalt und wird von Tieren sehr gerne gefressen, solange es nicht zur Halmbildung kommt (E. KLAPP, 1965). Durch Tritt, Biss und Vielschnitt wird Deutsches Weidelgras zu einem gesteigerten vegetativen Wachstum angeregt (G. BRIEMLE, 1997). Es bildet dichteste Narben, so dass die Bestände dicht und büstenartig sein können und übt eine stark verdrängende Wirkung auf Mischungspartner aus. Auch durch eine sehr schnelle Jugend- und Frühjahrsentwicklung wirkt Deutsches Weidelgras auf andere Arten stark verdrängend. In Saatgutmischungen sollte es deshalb nur in geringen Mengen enthalten sein (E. KLAPP, 1965). Auf Heuwiesen ist es als Füllgras in den ersten Jahren nach der Ansaat wertvoll. Bei extensiver Nutzung schwindet es rasch (G. BRIEMLE, 1997).

2.2.5 Wiesen-Rispengras (*Poa pratensis* L.)

Wiesen-Rispengras wird auch als Gemeines Gras, Wiesengras, Viehgras oder Spitzgras bezeichnet (G. BRIEMLE, 1997), zählt zu den wertvollsten Gräsern und weist eine Verbreitung über viele Länder auf (A. PETERSEN, 1988). Es gehört zur Familie der *Gramineae* (Süßgräser) G. BRIEMLE, 1997).

Morphologie

Dieses grün überwintende Untergras hat eine Wuchshöhe von 20 bis 60 cm. Das Blatt ist 2 bis 5 mm breit, lang, dunkelgrün und oberseits mit einer Doppelrille ohne Riefen ausgebildet. Das Blattende hat eine Kahnspitze und das jüngste Blatt ist gefaltet. Der Blattgrund ist ohne Ährchen und Häutchen ausgebildet. Die Blütezeit erstreckt sich über einen Zeitraum von Mai bis Juni, wobei die Bestäubung als Wind- und Selbstbestäubung stattfindet. Die Fortpflanzung ist vegetativ, kann aber auch durch Samen erfolgen, wobei die

Keimdauer 10 bis 30 Tage beträgt (G. BRIEMLE, 1997). Durch ein langsames Jugendwachstum ist Wiesen-Rispengras bei Ansaatmischungen am Anfang verdrängungsgefährdet (A. PETERSEN, 1988).

Die Wurzel erreicht bis zu 60 cm Tiefe (G. BRIEMLE, 1997) und wird als ein außerordentlich zartes, reiches und feinverzweigtes Wurzelnetz ausgebildet, wobei die Hauptwurzelmasse oberflächennah gelegen ist. Es bildet unterirdische Ausläufer in unmittelbarer Bodenoberfläche aus, aus deren Knoten reichbestockte Triebe wachsen. Hierdurch werden ein dichter Narbenschluss und eine hohe Trittfestigkeit erzielt (A. PETERSEN, 1988).

Standort und Vorkommen

Das Vorkommen von Wiesen-Rispengras erstreckt sich auf Wiesen, Weiden, Rasen, und Böschungen. Es ist eine Charakterart des *Molinio-Arrhenatheretea* (Mähwiesen und Weidengesellschaften) und ist bis in 2300 m Höhe über NN anzutreffen (G. BRIEMLE, 1997). Wiesen-Rispengras ist sehr anpassungsfähig an Klima und Standort. Hohe Leistungen werden aber nur bei guter Nährstoffversorgung erzielt (A. PETERSEN, 1988). Es bevorzugt lockere und humusreiche Sand- und Lehmböden sowie stark entwässerte Moorböden (G. BRIEMLE, 1997).

Nutzen Bedeutung

Wiesen-Rispengras ist eine Fraßpflanze für Raupen aus den Familien der Bräunlinge und Wurzelbohrer und dient als Äsungsfläche für Feldhasen (G. BRIEMLE, 1997).

Dieses Gras stellt das wichtigste Weide und Wiesengras von trockenen und leichteren Böden dar (G. BRIEMLE, 1997). Es weist einen sehr guten Futterwert auf (G. BRIEMLE, 1997) und wird daher gern gefressen (A. PETERSEN, 1988). Durch unterirdische Ausläufer ist es zur geschlossenen Rasenbildung (G. BRIEMLE, 1997) mit einer guten Belastbarkeit fähig (A. PETERSEN, 1988). Aufgrund der langsamen Jugendentwicklung ist es für Feldfutteranbau ungeeignet (G. BRIEMLE 1997). Als Rasengras findet Wiesen-Rispengras ebenfalls Verwendung (A. PETERSEN 1988).

Rotschwingel (*Festuca L.*)

Rotschwingel gehört zur Familie der *Gramineae* (Süßgräser) und ist ein wichtiges und formenreiches Grünlandgras für Lagen, in denen Deutsches Weidelgras und

Wiesen-Rispengras versagen. Genannt werden sieben Sorten für Futterzwecke und 64 Sorten für Rasen. Rotschwingel ist ein ausdauerndes Untergras (E. KLAPP/W. O. v. BOBERFELD, 1990).

Zwei hauptsächliche Formgruppen werden unterteilt:

- Ausläufer-Rotschwingel (*Festuca rubra rubra* L.)
- Horstrotschwingel (*Festuca nigrescens* L.),
(E. KLAPP/W. O. v. BOBERFELD, 1990)

2.2.6 Ausläufer-Rotschwingel (*Festuca rubra rubra* L.)

Der Ausläufer-Rotschwingel ist auch als Kriechender Rotschwingel bekannt (E. KLAPP/W. O. v. BOBERFELD, 1990).

Morphologie

Es handelt sich um eine ausdauernde Art, welche 20 bis 100 cm Höhe erlangt. Er ist locker horstig bis schwach rasenbildend aufgebaut. (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1982). Kennzeichen sind seine Rhizome und eine große Berasungsfähigkeit. Die breitblättrigen Sorten mit über 2 mm Blattbreite (A. PETERSEN, 1988) falten das Blatt bei Trockenheit und im dichten Bestand meist zusammen. Er ist früh austreibend und mittelspät blühend (E. KLAPP/W. O. v. BOBERFELD, 1990). Die Bewurzelung besteht aus einer unterirdisch kriechenden, langgliedrigen Grundachse mit kurzen laubtriebfreien Abschnitten. Diese ist breit und kegelstumpfförmig. Der Aufbau der Grundachse ist dicht, wobei ihre Tiefe von flach bis tief tendiert. Die Wurzeln sind feindrahtig und stark verzweigt (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1982).

Standort und Vorkommen

Sein Vorkommen erstreckt sich auf „Fettweiden“ und magere Bergweiden, man findet ihn an Rainen, Zäunen, Hecken, Bahndämmen und Wegen von der Küste bis ins Hochgebirge. Als Standort können alle Mineralböden und felsige Standorte genannt werden. Er hat wenig ausgeprägte Feuchtigkeits- und Bodenansprüche (E. KLAPP/W. O. v. BOBERFELD, 1990).

Nutzen und Bedeutung

Der Ausläufer Rotschwingel ist ein geschätztes Untergras, besonders auf Weiden, mit guten Mischungspartnern und in rauen Lagen, in denen Weidelgras versagt (L. KUTSCHE-RAE, LICHTENEGGER, 1982). Der Futterwert dieses Grases ist nicht hoch. Aber es verträgt Biss und Tritt von Weidetieren sehr gut und bildet eine sehr dichte und tragfeste Grasnarbe. Es findet auch Verwendung zur Anlage von Rasen (A. PETERSEN, 1988).

2.2.7 Horstrotschwingel (*Festuca nigrescens* L.)

Horstrotschwingel bildet dichte Horste (K. DÖRTER, 1974). Die Blätter sind schmal und borstig. Sein Erscheinungsbild ist dichthorstig. Horstrotschwingel ist nur im Bergland zu einer dichten Rasenbildung befähigt (E. KLAPP/W. O. v. BOBERFELD, 1990). Er gilt als „Hungertyp“ des Graslandes und wird zur beherrschenden Grasart nur in frischen und armen Lagen (A. PETERSEN, 1988). Es handelt sich um ein Futtergras von mäßigem Wert. Nur auf magerem Grünland in Gebirgslagen ist es von gewisser Bedeutung (K. DÖRTER, 1974). Es weist nur ganz kurze unterirdische Ausläufer auf (K. DÖRTER, 1974). Eine umfangreiche Beschreibung des Wurzelbildes liegt nicht vor.

2.3 Wurzeln

Das Wurzelsystem von Pflanzen hat die Funktionen der Verankerung der Pflanze im Boden und der Aufnahme von Wasser und Nährstoffen, in mineralischer Form (E. STRASBURGER et al., 2008).

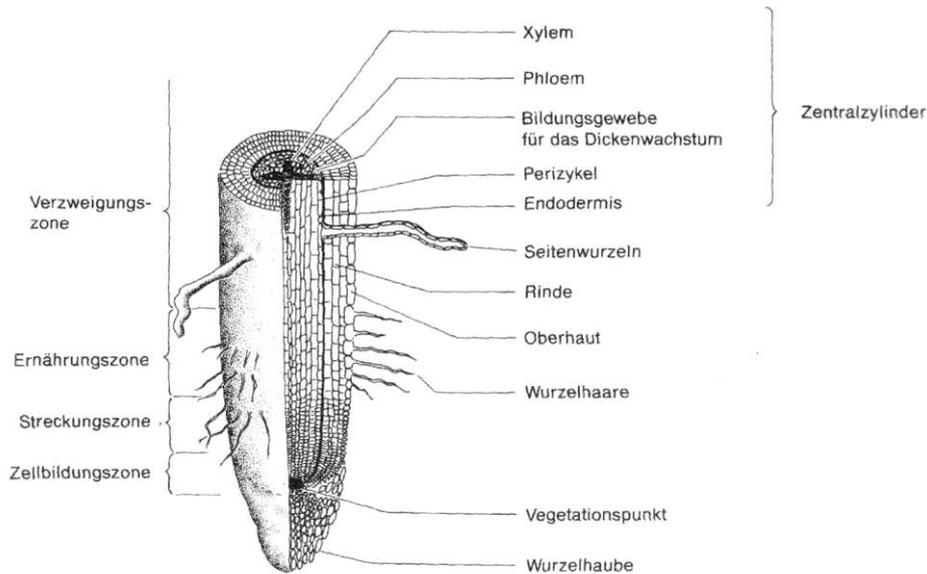


Abbildung 10: Aufbau der Wurzel (K. U. HEYLAND, 1996)

2.3.1 Wurzelanatomie

Wie in Abbildung 10 ersichtlich ist, lässt sich eine Wurzel in Längs- und Querrichtung einteilen. Die Beschreibung erfolgt in Längsrichtung von unten nach oben und waagrecht von außen nach innen.

Wurzeln wachsen nur an ihren äußersten Enden (E. STRASBURGER et al., 2008), so dass die Beschreibung des Wurzelaufbaues in Längsrichtung bei der Wurzelhaube beginnt. Die Wurzelhaube umhüllt den Vegetationspunkt der Wurzelspitze (E. STRASBURGER et al., 2008). Die zwei wichtigsten Aufgaben der Wurzelhaube sind der Schutz der Zellen des Wurzelkörpers vor vorzeitiger Wasser- und Sauerstoffaufnahme von außen und die Steuerung des Richtungswachstums der Wurzel (L. KUTSCHERA/M. SOBOTIK, 1992). Die gleichschichtbildenden Schleimzellen der Wurzelhaube helfen dem Vegetationspunkt beim Überwinden von mechanischen Bodenwiderständen (K. U. HEYLAND, 1996). Das Richtungswachstum der Wurzel wird durch die asymmetrische Verformung der Wurzelhaube gesteuert. Diese Verformung kann durch die Schwerkraft und alle anderen

Umweltbedingungen ausgelöst werden. Die Zellen von Haube und Rhizodermis sind besonders empfindlich gegenüber Umwelteinflüssen (L. KUTSCHERA/M. SOBOTIK, 1992). Anschließend folgt die Zellbildungszone, die ein Bereich mit vermehrter Zellteilung ist. Die nächste Wurzelzone ist die Streckungszone, die eine Länge von ca. 3 bis 10 mm aufweist und in der noch viele Zellteilungen stattfinden (E. STRASBURGER et al., 2008). An der nachfolgenden Wurzelhaarzone befinden sich Ausstülpungen der Oberhaut, auch Rhizodermis genannt, in Form von Wurzelhaaren, die in der Lage sind, in feine Bodenspalten und um feine Bodenkrumen zu wachsen (K. U. HEYLAND, 1996). Hier erfolgt die Aufnahme von Wasser und Nährstoffen (A. GÖTZ/J. KONRAD, 1978). Das Längenwachstum der Wurzel ist mit der Wurzelhaarzone abgeschlossen. Der folgende Wurzelbereich wird Verzweigungszone genannt. Hier findet die Seitenwurzelbildung statt (E. STRASBURGER et al., 2008). Ab diesem Abschnitt dient die Wurzel als Transportorgan (K. U. HEYLAND, 1996).

Bei Betrachtung der Wurzel im Querschnitt, von außen nach innen, bildet die Oberhaut bzw. die Rhizodermis die äußerste Schicht. Darunter befindet sich die derbere, oft schwach verkorkte Hypodermis. Nach ihr folgt die Wurzelrinde (E. STRASBURGER et al., 2008). Die Wurzelrinde übernimmt die Aufnahme und Speicherung von Assimilaten und macht bei jungen Wurzeln den größten Anteil des Wurzelkörpers aus (L. KUTSCHERA/M. SOBOTIK, 1992). Die nachfolgende Endodermis umschließt den Zentralzylinder. Sie ist für den regulierten Stoffaustausch zwischen Wurzel und Boden von großer Bedeutung (K. U. HEYLAND, 1996). Der Zentralzylinder ist die zentrale Bündelung von Leitbahnen (K. U. HEYLAND, 1996), in dem die Festigungs- und Leitelemente der Wurzel, ähnlich der Kabelbauweise, zusammengefasst sind (E. STRASBURGER et al., 2008). Seine Hauptaufgabe ist die Zuleitung von Assimilaten in die Wurzel, sowie die Rückführung in den Spross. Er ist im Vergleich zur Wurzelrinde sehr klein (L. KUTSCHERA/M. SOBOTIK, 1992). Im Zentralzylinder sind Phloem und Xylem enthalten. Das Phloem ist das Leitbündel für Assimilate von oben nach unten. Das Xylem stellt das Leitbündel für Wasser und Nährstoffe von unten nach oben dar (K. U. HEYLAND, 1996). Xylem und Phloem sind durch Parenchymlagen (E. STRASBURGER et al., 2008), welche für das spätere, sekundäre Dickenwachstum verantwortlich sind (K. U. HEYLAND, 1996), getrennt (E. STRASBURGER et al., 2008).

2.3.2 Bewurzelungen

Bewurzelungen von Pflanzen können in sprossbürtige und in polbürtige Ausprägung des Wurzelstockes unterteilt werden.

Sprossbürtige Bewurzelungen

Sprossbürtige Bewurzelungen zeichnen sich durch das Entstehen von Wurzeln an mehreren Stellen des Sprosses aus. Bei frühzeitigem Absterben der Polwurzel kann eine Pflanze ihre Ortsgebundenheit verlieren. Die an vielen Stellen gebildeten sprossbürtigen Wurzeln stellen kein einheitliches System dar, so dass sich die Nährstoffzufuhr verteilt. Das vegetative Ausbreitungsvermögen hängt weitgehend von der Beschaffenheit der Grundachse ab (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1992).

Tabelle 2-1: Bewurzelung von sprossbürtigen Wurzeln von Monokotylen Pflanzen

Grundachsentyp	Ausbildung		
dichter Horst	allseitig		
dichter Horst	einseitig		
dichter Horst	kammförmig		
dichter Horst	brettförmig		
lockerer Horst			
Grundachse oberirdisch kriechend	Kriechtriebe		
Grundachse unterirdisch kriechend	Ausläufer	gestaucht	
Grundachse unterirdisch kriechend	Ausläufer	verlängert	mit langen laubtriebfreien Abschnitten
Grundachse unterirdisch kriechend	Ausläufer	verlängert	Laubtriebe dicht stehend

L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER (1982)

Die Grundachse kann bei z. B. bei dicotylen Pflanzen in folgenden Formen ausgebildet sein:

- Sprossknollen
- Wurzelknollen
- Bulbillen
- Mittelstöcke
- Rhizome
- Ausläufer (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1992)

Polbürtige Bewurzelungen

Bei der polbürtigen Bewurzelung geht eine Hauptwurzel von einer Stelle aus dem Wurzelpol, der dem Sprosspol gegenüber liegt. Diese stellt ein einheitliches, ausdauerndes

System, ohne oder nur mit einer untergeordneten sprossbürtigen Bewurzelung dar. Die Nährstoffzufuhr vom Spross zur Wurzel erfolgt nur an einem Ort, was zur Folge hat, dass sich polbürtige Wurzeln stärker entwickeln als sprossbürtige Wurzeln. Nach der Stärke von Polwurzeln lassen sich fadenförmige, strangförmige, pfahlförmige und rübenförmige Polwurzeln unterscheiden. Polwurzeln werden auch anhand ihrer Grundachsen eingeteilt. Hierbei kann unterteilt werden in unverzweigte Grundachsen, verzweigte Grundachsen, aerokorme Mehrstämme und geokorme Mehrstämme (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1992).

Heterorhizie

Bleiben Pol- und Sprosswurzel bei dicotylen Pflanzen nebeneinander erhalten, kann von einer Heterorhizie gesprochen werden. Umwelteinflüsse können die Bildung der Bewurzelungen fördern oder nahezu gleichwertig nebeneinander bestehen lassen (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1992).

2.3.3 Wurzelsysteme von dicotylen und monocotylen Pflanzen

Es erfolgt eine Unterteilung in dicotyle (zweikeimblättrige) und monocotyle (einkeimblättrige) Pflanzen (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1982; 1992). Je nach Gruppe sind hierbei auch Unterschiede im Wurzelaufbau und in der Form feststellbar.

Wurzeln bei zweikeimblättrigen Pflanzen, Dicotyledoneae

Bei dicotylen Pflanzen bleibt in der Regel die Primärwurzel bestehen und wird zur Hauptwurzel weiter ausgebaut. Diese Erscheinung ist insbesondere bei Pflanzen mit Pfahlwurzeln zu sehen (K. U. HEYLAND, 1996). Von dieser gehen dann Nebenwurzeln erster, zweiter und weiterer Ordnung ab. Alle Hauptwurzeln und die Nebenwurzeln unterliegen dem Einfluss der Schwerkraft und wachsen nach unten (positiver Geotropismus). Dicotyle Pflanzen weisen ein sekundäres Dickenwachstum der Wurzeln auf und verfügen über ringförmige, von Markstrahlen unterbrochene, cambiale Zonen im Zentralzylinder. Die Seitenwurzeln gehen meist aus einem Xylemstrang hervor. Im Laufe des sekundären Dickenwachstums verbinden sich die sekundär gebildeten Xylemleitelemente der Seitenwurzeln mit denen der Mutterwurzel. Die vorhandenen Wurzelknospen dienen der Ausbreitung und Überdauerung der Pflanzen. Auch erfolgt, je nach Pflanzenart, in den Wurzeln die Speicherung von Stärke,

Zucker, Ölen, Gerbstoffen, Farbstoffen in Kristallform, Oxalaten, Eiweißen und Gerbstoffen, welche zum Schutz vor Fäulnis beitragen (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1992).

Bei Pflanzen mit dicotylen Wurzelwerk kann grundsätzlich eine Unterscheidung in sprossbürtige und polbürtige Wurzeln erfolgen (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1992). Die Anordnung der Wurzeln im Boden kann bei dicotylen Pflanzen unterteilt werden in (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1992):

- strangförmiger Wurzeltyp,
- stielkegelförmiger Wurzeltyp,
- zylinderförmiger Wurzeltyp,
- kegelstumpfförmiger Wurzeltyp,
- pilzförmiger Wurzeltyp (nur bei Polwurzeln),
- hantelförmiger Wurzeltyp (nur bei Polwurzeln),
- eiförmiger Wurzeltyp,
- schirmförmiger Wurzeltyp,
- scheibenförmiger Wurzeltyp
- schauerförmiger Wurzeltyp (nur bei Sprosswurzelpflanzen).

Wurzeln von einkeimblättrigen Pflanzen, Monocotyledoneae

Bei monocotylen Pflanzen erfolgt, ähnlich den dicotylen Pflanzen, zunächst die Entwicklung eines primären Wurzelsystems (K. U. HEYLAND, 1996). Die Primärwurzel ist meistens dünn und stirbt bei mehrjährigen Arten innerhalb eines Jahres, höchstens nach drei Jahren ab (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1982) oder wird nur wenig weiter ausgebaut (K. U. HEYLAND, 1996). Daher erfolgt eine frühe Entwicklung der Sprosswurzeln (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1982). Die Dicke der Sprosswurzeln nimmt mit dem Erstarkungswachstum zu (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1982). Der Hauptanteil der Wurzelmasse entwickelt sich zu Beginn der Bestockung aus Knoten, die sich nahe der Bodenoberfläche befinden. Dies führt zur Ausbildung von Wurzelbüscheln, wobei diese von der Bestockung abhängig sind. Jeder Bestockungstrieb legt neue Sekundärwurzeln an (K. U. HEYLAND, 1996). Wurzeln monocotyler Pflanzen fehlt das sekundäre Dickenwachstum. In der Rinde und dem Zentralzylinder können Teilungen und Differenzierungen der Zellen stattfinden. Bei monocotylen Pflanzen ist die Wurzelhaube ein nach außen offenes Gewebe und sehr empfindlich gegenüber äußeren Einflüssen. Die Gewebe der Wurzelkörper entwickeln sich zu Beginn des Wurzelwachstums besonders in den Wurzeln mit dünnen Zentralzylindern in rascher Teilungsfolge, nahe dem Zentrum der Wurzelspitze. Seitenwurzeln entstehen bei grasartigen monocotylen Pflanzen wie *Poaceen* über das Phloem und nicht

wie bei dicotylen Pflanzen über das Xylem. Der Bau der Seitenwurzeln gleicht hier denen der Primärwurzel. Das gleiche gilt für sprossbürtige Wurzeln. Sie gehen bei monocotylen Pflanzen an Stängeln aus dem Leitbündel umgebenden Parenchym hervor, treten frühzeitig neben der Primärwurzel auf und sind bei älteren Pflanzen ausschließlich vorhanden. Monocotyle Pflanzen weisen keine Wurzelknospen entlang der Wurzeln auf, sondern eine Knospe an der Wurzelspitze. Monodicotyle Pflanzen haben ein sprossbürtiges Wurzelsystem. Sie werden nach Grundachsentyphen unterschieden (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1982).

2.3.4 Wurzelcharakteristik der Kräuter

Die in diesem Versuch behandelten Kräuter sind zweikeimblättrige Pflanzen (Dicotyledoneae) und weisen den Grundaufbau des oben beschriebenen Wurzelsystems von dicotylen Pflanzen auf. Die Bewurzelung ist bei drei Kräuterarten sprossbürtig, bei 5 Kräuterarten polbürtig und bei einer Kräuterart (Spitzwegerich) als Heterorhize ausgebildet. (Tab. 2-2)

Tabelle 2-2: Bewurzelung, Wurzeltiefe und Wurzel Ausbildung der im Versuch behandelten Kräuter

Kräuter, deutscher Name	Kräuter, botanischer Name	Bewurzelung	Tiefe in cm	Ausbildung
Schafgarbe	<i>Achillea millefolium</i> L.	sprossbürtig	ca. 100	Rhizom
Eibisch	<i>Althea officinalis</i> L.	sprossbürtig	k.A.	k.A.
Beifuß	<i>Artemisia vulgaris</i> L.	sprossbürtig	ca. 100	Mittelstock
Zichorie	<i>Cichorium intybus</i> L.	polbürtig	ca. 100-160	pfahlförmig
Hornklee	<i>Lotus corniculatus</i> L.	polbürtig	ca. 60-100	vielköpfig
Spitzwegerich	<i>Plantago lanceolata</i> L.	Heterorhizie	ca. 60	k.A.
Kleine Bibernelle	<i>Pimpinella saxifraga</i> L.	polbürtig	ca. 250	strang- bis pfahlförmig
Wiesensalbei	<i>Salvia pratensis</i> L.	polbürtig	ca. 100	pfahlförmig
Kleiner Wiesenknopf	<i>Sanguisorba minor</i> Scop.	polbürtig	ca. 160	k.A.

H. P. DÖRFLER/G. ROSELT (1990); L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER (1992)

2.3.5 Wurzelcharakteristik bei Gräsern

Gräser gehören zur Gruppe der einkeimblättrigen Pflanzen (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1982). Ihre Wurzeln sind sprossbürtig und haben einen besonders hohen Feinwurzelanteil, der eine intensive Krumendurchwurzelung des Bodens ermöglicht. Beispielsweise befinden sich in Kulturgrasbeständen über 90 % an Wurzelmasse in den obersten 10 cm des Bodens (K. U. HEYLAND, 1996). Die in einem Versuch in dieser Arbeit behandelten Gräser weisen diese Merkmale auf Tabelle 2-3).

Tabelle 2-3: Bewurzelung, Grundachsentyp und Wurzeltiefe der im Versuch behandelten Gräser

Kräuter, deutscher Name	Kräuter, botanischer Name	Bewurzelung	Tiefe in cm	Grund- achsentyp
Ruchgras	<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	sprossbürtig	30	gestaucht
Zittergras	<i>Briza media</i> L.	sprossbürtig	k.A.	langgliedrig
Wiesen- Kammgras	<i>Cynosurus cristatus</i> L.	sprossbürtig	30	gestaucht, verlängert
Deutsches Wei- delgras	<i>Lolium perenne</i> L.	sprossbürtig	30	gestaucht, kurz
Wiesen- Rispengras	<i>Poa pratensis</i> L.	sprossbürtig	60	k.A.
Horst- rotschwengel	<i>Festuca nigrescens</i> L.	sprossbürtig	k.A.	k.A.
Ausläufer- Rotschwengel	<i>Festuca rubra rubra</i> L.	sprossbürtig	k.A.	k.A.

L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER (1982)

2.4 Rasen

Rasen kann als eine ständig grüne, dichte Pflanzendecke, zusammengesetzt aus lebenden, ausdauernden, zweijährigen und einjährigen Blütenpflanzen und einjährigen und ausdauernden Gräsern, die alle Rückschnitt zu beliebigen Zeiten sowie das Betreten dulden (J. WOHLSCHLAGER, 1996), definiert werden. Rasen findet in den Bereichen Sport (Fußball, Golf, teilw. Tennis etc.), private Gärten und Gärten und Parks in öffentlichen Bereichen Verwendung (R. LEHR et al., 1997). Die Etablierung von Rasen kann mit der Einsaat oder in Form des Legens von Fertigrasen erfolgen (W. GROSSER/ P. HIMMELHUBER, 1997). Die botanische Zusammensetzung von Rasen variiert je nach Nutzungs- und Standortansprüchen. Der Arbeitskreis Regel-Saatgutmischungen Rasen der Forschungsgesellschaft

Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL) veröffentlicht seit 1978/79 die Regel-Saatgut-Mischungen Rasen in ihrer Schriftreihe (FLL, 2004). Die RSM sind als Regelwerk in den Landschaftsbau-Fachnormen DIN 18917 Vegetationstechnik im Landschaftsbau, Rasen und Saatarbeiten (Ausgabe 8/02) und DIN 18918 Vegetationstechnik im Landschaftsbau verankert (FLL, 2004). Das Saatgut muss bei Gräsern, Kräutern und Leguminosen, die im „Saatgutverkehrsgesetz“ und der „Saatgutverordnung“ nicht aufgeführt worden sind, den Anforderungen der RSM entsprechen. Ebenso muss Fertigrasen, der für Sportrasen vorgesehen ist, unter Verwendung von Gräsern und Sorten der RSM produziert worden sein. (FLL, 2004).

Nach der DIN 18917 Rasen und Saatarbeiten kann Rasen in folgende Nutzungstypen unterteilt werden (R. LEHR et al., 1997):

- Zierrasen
- Gebrauchsrasen
- Strapazierrasen
- Landschaftsrassen (Extensivrasen)

2.4.1 Zierrasen

Zierrasen ist Repräsentationsgrün (R. LEHR et al., 1997) und dient nicht der Nutzung (M. DEGENBECK, 2007). Eine dichte, teppichartige Narbe aus feinblättrigen Gräsern kennzeichnet ihn. Ein physikalisches Merkmal ist eine geringe Belastbarkeit (R. LEHR et al. 1997). Die Bodenvorbereitung und das Feinplanum müssen sehr sorgfältig erfolgen (M. DEGENBECK, 2007). Die Pflegeansprüche sind hoch bzw. sehr hoch (R. LEHR et al., 1997) bis professionell, so dass jährlich 30 bis 60 Schnitte in ca. 2 cm Schnitthöhe erfolgen müssen (W. LOMER/R. KOPPEN, 2009). Hausgärten sind in der Regel für Zierrasen ungeeignet (M. DEGENBECK, 2007). Typische Rasengräser für Zierrasen sind feinblättrige Sorten von *Festuca rubra* und *Lolium perenne* (M. DEGENBECK, 2007). Für Zierrasen wird die Regelsaatgutmischung (RSM) 1.1 Zierrasen angewandt (FLL, 2004).

2.4.2 Gebrauchsrasen

Gebrauchsrasen, auch als Spielrasen bezeichnet (W. LOMER/R. KOPPEN, 2009), findet seine Anwendung in Parks oder anderen kommunalen Einrichtungen als öffentliches Grün,

in Wohnsiedlungen und Hausgärten (R. LEHR et al., 1997). Er weist eine mittlere Belastbarkeit mit mittlerer Dichte und Trittfestigkeit auf (M. DEGENBECK, 2007) und sollte widerstandsfähig gegen Trockenheit sein. Hier können mittlere bis hohe Pflegeansprüche angesetzt werden (R. LEHR et al., 1997). Es sollten jährlich regelmäßig 8 bis 10 Rasenschnitte in einer Schnitthöhe von 3,5 bis 4,5 cm erfolgen (M. DEGENBECK, 2007). In Gebrauchsrasen können Grasarten wie *Lolium perenne*, *Poa pratensis* und *Festuca rubra* vorgefunden werden (M. DEGENBECK, 2007). Für die Anlage einer Gebrauchsrasenfläche können, je nach Standort, verschiedene Regel-Saatgut-Mischungen angewandt werden. In den meisten Fällen wird RSM 2.3 empfohlen (M. DEGENBECK, 2007). Folgende Regel-Saatgut-Mischungen werden für Gebrauchsrasen genannt (FLL, 2004):

- RSM 2.1 (gestrichen)
- RSM 2.2 Gebrauchsrasen Trockenlagen
- RSM 2.3 Gebrauchsrasen, Spielrasen (hat sich als Standard etabliert)
- RSM 2.4 Gebrauchsgräserterrassen (FLL, 2004)

Gebrauchsrasen kommt in den Regelsaatgutmischungen als Variante RSM 2.4 Gebrauchsgräserterrassen vor (FLL, 2004). Das Mischungsverhältnis in Gewichtsprozent von RSM 2.4 ist in Kapitel 10 Anhang, Tabelle 10-9 dargestellt.

2.4.3 Strapazierrasen

Strapazierrasen wird auf Sport und Spielflächen, Liegewiesen und Parkplätzen vorgefunden (R. LEHR et al., 1997). Die Belastbarkeit dieses Rasentypus ist ganzjährig hoch (W. LOHMER/R. KOPPEN, 2009). Dieser Rasen weist mittlere bis sehr hohe Pflegeansprüche auf. Eine Unterteilung erfolgt in Sportplatzrasen und Parkplatzrasen (M. DEGENBECK, 2007).

Bei Sportrasen werden in den RSM *Lolium perenne* und *Poa pratensis* als Grasarten genannt, da diese aufgrund ihrer Rhizome eine Festigung der Rasennarbe erzielen (M. DEGENBECK, 2007). Die Schnitthöhe beträgt hier 3 bis 4 cm bei 12 bis 40 jährlichen Schnitten (M. DEGENBECK, 2007).

Aufgrund hoher Belastungen wird bei Parkplatzrasen oft auf den robusten und schattenverträglichen Rohrschwengel *Festuca arundinacea* zurückgegriffen. Die Schnitthöhe sollte bei 3 bis 7 jährlichen Schnitten 4-6 cm betragen (M. DEGENBECK, 2007).

Folgende Regel-Saatgut-Mischungen finden Verwendung (FLL, 2004):

- RSM 3.1 Sportrasen - Neuanlage
- RSM 3.2 Sportrasen - Regeneration
- RSM 4.1 Golfrasen - Grün
- RSM 4.3 Golfrasen - Abschlag
- RSM 4.4 Golfrasen - Spielbahn
- RSM 5.1 Parkplatzrasen (FLL, 2004)

2.4.4 Landschaftsrassen (Extensivrasen)

Als Landschaftsrassen werden extensiv genutzte oder gepflegte Flächen im öffentlichen und privaten Grün und in der Landschaft bezeichnet. Es können auch Flächen an Verkehrswegen und in Rekultivierungsgebieten als Landschaftsrassen gezählt werden. Es handelt sich um artenreiche und wiesenähnliche Flächen (R. LEHR et al., 1997). Anlagen von Landschaftsrassen erfolgen zum Erosionsschutz und zur Oberflächensicherung z. B. an Böschungen. Landschaftsrassen zeichnet sich durch seine Widerstandsfähigkeit auf extremen Standorten aus. Er dient als Grundlage zur Entwicklung von standortgerechten Biotopen. Im Regelfall sind Landschaftsrassen nicht oder nur wenig belastbar (R. LEHR et al., 1997). Die Pflegeansprüche sind in der Regel als gering bis mittel und mit 0 bis 3 Schnitten im Jahr anzusetzen (FLL, 2004), jedoch in Sonderfällen als sehr hoch zu bezeichnen (M. DEGENBECK, 2007). Die Schnitthöhe beträgt ca. 6 bis 10 cm (M. DEGENBECK, 2007). Vorherrschende Grasarten sind *Festuca ovina*, *Festuca rubra* und je nach Standort weitere Arten (M. DEGENBECK, 2007). Die Pflanzenwahl erfolgt im Gegensatz zu anderen Rasenarten dem Standort angepasst (M. DEGENBECK, 2007).

Für Landschaftsrassen werden folgende Regel-Saatgut-Mischungen angewandt (FLL, 2004):

- RSM 7.1.1 Landschaftsrassen – Standard ohne Kräuter
- RSM 7.1.2 Landschaftsrassen – Standard mit Kräutern
- RSM 7.2.1 Landschaftsrassen – Trockenlagen ohne Kräuter
- RSM 7.2.2 Landschaftsrassen – Trockenlagen mit Kräutern
- RSM 7.3 Landschaftsrassen – Feuchtlagen
- RSM 7.4 Landschaftsrassen – Halbschatten

Tabellen mit den einzelnen Mischungsverhältnissen finden sich im Kapitel 10 Anhang.

2.5 Fertigrasen und vergleichbare Vegetationsstücke

Fertigrasen und vergleichbare Vegetationsstücke stellen den Gegensatz der Rasenanlage durch eine Ansaat dar. Es werden unterschieden:

- Fertigrasen
- Rasensoden aus Nichtanzuchtbeständen
- Vegetationsstücke

2.5.1 Fertigrasen

Fertigrasen findet seinen Einsatz im Landschaftsbau, an erosionsgefährdeten Flächen, auf Sport- und Golfplätzen und in privaten Gärten (G. SCHNOTZ/T. BÜCHNER, 2001) Vorteile von Fertigrasen sind eine relativ schnelle Nutzbarkeit (3 bis 5 Wochen), kein Fremdkrautdruck und eine verkürzte und weniger aufwendige Fertigstellungspflege (M. DEGENBECK, 2007). Das Verfahren ist teurer als eine reguläre Saat (J. WOHLSCHLAGER, 1996), jedoch können Einsparungen bei der Fertigstellungspflege getroffen werden (M. DEGENBECK, 2007). Fertigrasen muss die Anforderungen der DIN 18917 erfüllen. Diese besagt, dass Fertigrasen aus Anzuchtbeständen stammen, gemäht, dichtnarbig und fest zusammenhängend sein muss. Weiterhin muss Fertigrasen für den jeweiligen Anwendungszweck geeignet sein, in der Artenzusammensetzung dem jeweiligen Rasentypus entsprechen und in der prozentualen Artenverteilung ausgewogen sein. Der Anteil an Kräutern und Fremdgräsern ist bei Fertig-Zierrasen auf einen Deckungsgrad von weniger als 2 % und bei Fertig-Strapazier- und Fertig-Gebrauchsrasen auf einen Deckungsgrad von weniger als 3 % begrenzt (R. LEHR et al., 1997). Der Anzuchtboden sollte den Bodengruppen 2 oder 4 nach DIN 18915 entsprechen. Fertigrasen muss die Nennschälstärke von ca. 2 cm aufweisen. Die zulässige Abweichung der Schälstärke beträgt +0,5 cm. Länge und Breite von Fertigrasen müssen gleichmäßig sein (R. LEHR et al., 1997). Fertigrasenrollen können als Kleinrolle der Standardgröße, mit den Abmessungen von 0,40 m Breite und einer Länge von 2,50 m, oder als Großrolle mit Breiten von 0,6 m bis maximal 2,20 m geschält werden (G. SCHNOTZ/T. BÜCHNER, 2001).

Sonderformen des Fertigrasens stellen „Erdfreier Fertigrasen“ und das „Baseler System“ dar. „Erdfreier Fertigrasen“ weist durch Auswaschung kein Substrat in den Soden auf. Auf dieser Weise können Transportkosten minimiert und ein Bodenabtrag der Anzuchtsfläche

vermieden werden. Jedoch weist „Erdfreier Rasen“ eine sehr große Empfindlichkeit gegenüber Austrocknung auf (E. HARDMAN, 2009).

Das „Baseler System“ ist die Produktion von Rasenplatten von 80 cm Breite und 8 cm Stärke mit rund 2 jähriger Anbauzeit. Die Rasenplatten werden für Rasensanierungen bzw. –erneuerungen in Stadien eingesetzt (E. HARDMAN, 2009).

2.5.2 Rasensoden

Hier handelt es sich um Rasenstücke, die aus Nichtanzuchtbeständen als Soden gestochen wurden (R. LEHR et al., 1996). Die Schäldicke und die Stückgröße von Rasensoden muss so gewählt sein, dass der Rasen dicht und zusammenhängend verwurzelt ist (W. LOHMER/R. KOPPEN, 2009).

2.5.3 Einzelstücke bzw. Vegetationsstücke

Einzelstücke bzw. Vegetationsstücke sind kleinere Fertigrasenteile (W. LOMER/R. KOPPEN, 2009). Sie sollen möglichst groß sein und den durchwurzelteten Boden umfassen. Der Boden und der Bewuchs müssen für die Verwendungsstelle standortgerecht sein (R. LEHR et al., 1997).

2.6 Fertigrasenproduktion und Verlegung

2.6.1 Produktionsstandort Fertigrasen

Fertigrasen kann auf allen Bodenarten produziert werden (M. BOCKSCH, 2009). Der Produktionsstandort sollte homogen und ohne große Hangneigungen oder Senken sein (G. SCHWAB, 2009). Es eignen sich sandige und steinfreie Böden, auf denen eine Bewässerung möglich ist (M. BOCKSCH, 2009). In der DIN 18035/4 werden Parameter für die Produktion von Fertigrasen mit einem Tragschichtbau für Sport- und Golfrasen festgelegt. Beispielsweise muss das Anzuchtssubstrat weniger als 12 % Anteile der Bodenkörnung unter 0,025 mm Durchmesser, weniger als 3 %, besser 2 % organische Substanz und den Zusammenhalt der Soden bei der Produktion bzw. der Lieferung aufweisen. Diese Anforderungen werden in Deutschland nur von wenigen anstehenden Böden erfüllt (G.

SCHNOTZ/T. BÜCHNER, 2001). Es ist zu beachten, dass die später produzierte Sode desto instabiler ist, je sandiger das Substrat ist (E. HARDMAN; M. BOCKSCH, 2009). Schwere Böden bedürfen einer Auflockerung (E. HARDMAN, 2009), die mit Quarzsand erfolgen kann (G. SCHNOTZ/T. BÜCHNER, 2001). Sehr steinige Böden beeinträchtigen die Sodenqualität und -stabilität sowie die Effizienz und Nutzungsdauer der eingesetzten Maschinen (G. SCHWAB, 2009). Der Humusgehalt sollte den Bereich von 3 bis 6 % nicht überschreiten. Je sandiger ein Boden ist, je besser ist es, wenn der Gehalt sich bei ca. 3 % befindet. Der pH-Wert sollte im Bereich von 5,6 bis 6,8 liegen, je höher der Sandanteil im Boden ist, desto niedriger sollte der pH-Wert sein (M. BOCKSCH, 2009). Zur Bodenpflege kann eine Gründüngung mit Kulturen wie z.B. Ölrettich, Senf als Dünger und zur Nethodenbekämpfung oder Luzerne erfolgen (G. SCHWAB, 2009). Der Anbau von Klee (*Trifolium pratense* oder *repens*) erfolgt nicht, weil er sich erschwert aus dem Rasenbestand entfernen lässt. Der Fertigrasenanbau kann auch ohne Zwischenkulturen erfolgen (C. SCHADE, 2009).

Fertigrasen benötigt eine Produktionszeit von 10 bis 14 Monaten (M. DEGENBECK, 2007). Eine Ernte kann auch in ca. 9 Monaten erfolgen, wenn zu Beginn der Vegetationsperiode die Aussaat stattfand (M. BOCKSCH, 2009). In dieser Zeit erfolgen Arbeitsschritte von Düngungs- und Pflanzenschutzmaßnahmen, Schröpfschnitte, Aerifizierungen, Vertikutierungen und Bewässerungen (G. SCHWAB, 2009). Das „Baseler System“ benötigt für diesen Zeitraum 2 Jahre (E. HARDMAN, 2009).

2.6.2 Ernte

Das Schälen des Rasens ist zu jeder Tages- und Jahreszeit möglich (G. SCHWAB, 2009). Ausnahmen bestehen nur bei Frost oder völlig durchnässtem Boden (C. SCHADE, 2009). Bei nicht bewässerten Flächen kann Trockenheit hinderlich sein, da durch den Bodenwiderstand ungleichmäßig starke Soden beim Schälen entstehen können (K. HOCHHAUS, 2009). Bei hochsommerlichen Temperaturen sollte der Schälvorgang in der Nacht oder am frühen Morgen erfolgen, um ein Erhitzen der gerollten Soden zu verhindern und Schäden vorzubeugen (G. SCHWAB, 2009). Für den Sodenschnitt können verschiedene Sodenschneidersysteme zur Anwendung gelangen (Siehe 2.7). Die Nennschälstärke der Soden darf nach DIN 18917 höchstens 2,5 cm betragen (R. LEHR et al., 1997), kann aber auch ca. 3 bis 3,5 und maximal ca. 4 cm betragen. (K. HOCHHAUS, 2009). Ein Sonderfall

in der Pflanzrasenproduktion ist das Baseler System. Hier werden für Sportstadien ca. 8 cm starke Soden mit einer Kantenlänge von ca. 80 cm produziert. (E. HARDMAN, 2009).

2.6.3 Lagerung/Transport

Der Transport von Fertigrasen findet nur kurzzeitig gerollt statt (J. WOHLSCHLAGER, 1996), um das Überhitzen des Rasens zu verhindern (R. LEHR et al., 1997). Die Lieferung zum Zwischenhändler oder Endverbraucher muss umgehend stattfinden (G. SCHWAB, 2009), da durch zu lange Transportdauer die Gefahr der Schädigung von Fertigrasen besteht (R. LEHR et al., 1997). Bei Transporten mit größerer Entfernung oder bei hohen Temperaturen kann eine Kühlkette zur Anwendung kommen (G. SCHNOTZ/T. BÜCHNER, 2001). Zur kurzfristigen Lagerung sollten die Soden nicht höher als 100 cm gestapelt, luftdurchlässig abgedeckt (W. LOMER/R. KOPPEN, 2009) und keinesfalls in der Sonne gelagert werden (J. WOHLSCHLAGER, 1996). Gefahren der Schädigung bestehen auch beim Abkippen oder Abwerfen von Fertigrasen (R. LEHR et al., 1997).

2.6.4 Verlegung

Das Verlegen des Rasens kann zu fast jedem Zeitpunkt, außer bei Frost oder gefrorenem Boden erfolgen (W. LOMER/R. KOPPEN, 2009). Voraussetzung für Verlegearbeiten sind ggf. die Entfernung des Altrasens und Bodenvorbereitungen, die einem Saatbett entsprechen (R. LEHR et al., 1997). Die Bodenoberfläche wird vor dem Verlegevorgang geebnet (G. SCHWAB, 2009), aufgeraut (W. LOMER/R. KOPPEN, 2009) und darf dabei nicht betreten werden (M. DEGENBECK, 2007). Eine Stickstoffdüngung kann das Verwurzeln der Soden fördern (R. LEHR et al., 1997). Die Fertigrasensoden sollten eng und im Verbandssystem (G. SCHNOTZ/T. BÜCHNER, 2001) innerhalb von 48 Stunden verlegt werden (M. DEGENBECK, 2007). An Böschungflächen müssen Rasensoden mit mindestens 2 Rasennägeln je m² fixiert werden (R. LEHR et al., 1997). Eine Arbeitskraft kann an einem Tag bis zu 200 m² Fertigrasen verlegen (W. LOMER/R. KOPPEN, 2009). Nach dem Verlegevorgang sollte in die Sodenfugen ein Sand-Erde-Gemisch eingekehrt (W. LOHMER/R. KOPPEN, 2009) und die Fläche gewalzt und bewässert werden (G. SCHNOTZ/T. BÜCHNER, 2001). Die Menge und der Zeitpunkt von Bewässerungsmaßnahmen sollten nach Bedarf mit ca. 20 l/m² oder so, dass die Rasentragschicht mindestens 10 cm Durchfeuchtung aufweist, erfolgen (R. LEHR et al., 1997). Bei richtiger Pflege ist Fertigrasen im Gegensatz zu Saattrasen nach 3 bis 4 Wochen belastbar (M. DEGENBECK, 2007).

Eine Sonderform des Verlegens von Fertigrasen ist die „Sandwichbauweise“. Der Fertigrasen wird, ohne vorher erfolgte Bodenbearbeitung, auf die nichtentfernte Altrasennarbe gesetzt. Bisherige Untersuchungen waren positiv. Langzeitergebnisse liegen bisher nicht vor (G. SCHWAB, 2009).

2.7 Sodenschneider in der Fertigrasenproduktion

Zur Ernte von Fertigrasen, Rasensoden und Einzel- und Vegetationsstücken oder zum Abschälen der Rasenschicht werden Sodenschneider eingesetzt. Bei Sodenschneidern setzt sich das quer zur Fahrtrichtung stehende Messer unter die Rasensode und schneidet diese ab (J. FROHNER et al., 2010). Sodenschneider können nach J. FROHNER et al. (2010) in ihrer Konstruktion folgendermaßen unterschieden werden in:

- Sodenschneider als Kleingerät
- Sodenschneider als Großgerät

2.7.1 Sodenschneider als Kleingerät

Handgeführte Sodenschneider bestehen aus einem Fahrgestell mit Rädern oder Rollen, einer Handführung, einem Motor und der Schneidegarnitur. Der Aufbau eines bis ca. 4 kW starken luftgekühlten Einzylinder-Viertakt-Ottomotors erfolgt stehend, quer (*KALINKE CLASSEN*; *KOMTEK*) oder längs (*HUSQVARNA*) zur Fahrtrichtung auf einem Fahrgestell. Der Motor treibt das Schneideschar in oszillierenden Bewegungen in Fahrtrichtung und den Fahrantrieb an. Zur Fortbewegung weisen Sodenschneider Einzelräder (*KOMTEK*) oder gummibesetzte Rollen (*KALINKE CLASSEN*) mit Zweirad- oder Vierradantrieb (*GROUNDSMAN*) auf.

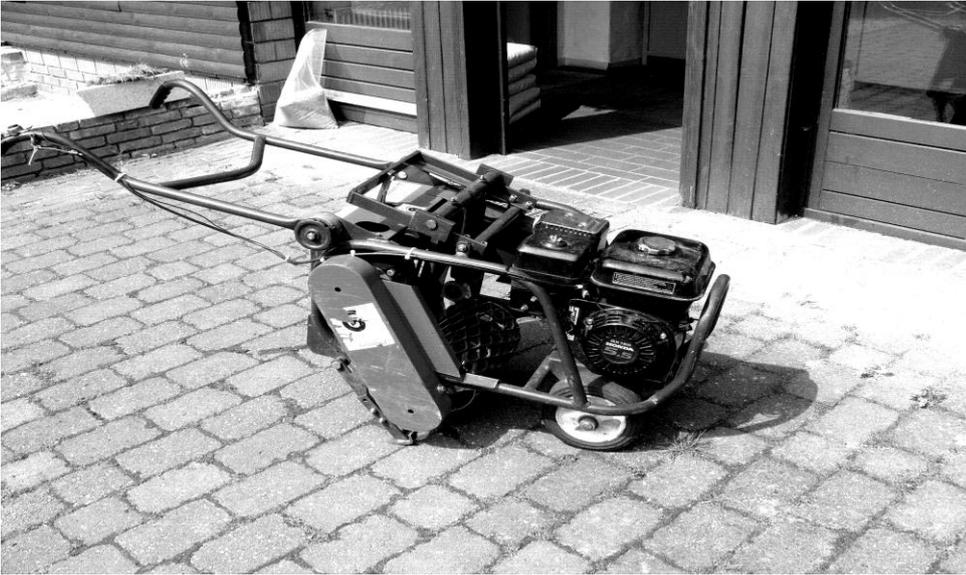


Abbildung 11: Sodenschneider Kleingerät

Bei einfachen Modellen (*KOMTEK*) dient der Keilriemen zur Antriebsachse gleichzeitig als Kupplung. Andere Modelle haben eine Zentrifugalkupplung (*HUSQVARNA*). Sodenschneider können mit 2 (*KOMTEK*) bis 4 (*HUSQVARNA*) Vorwärts und Rückwärtsgängen, oder mit einem hydrostatischen Fahrtrieb mit stufenloser Geschwindigkeit (*KALINKE CLASSEN*) ausgestattet sein. Einfache Konstruktionen haben keine Rückfahrmöglichkeit (*KOMTEK*). Das unter Einsatzbedingungen vibrierende Messer ist am Sodenschneider hinten (*HUSQVARNA*) oder im Zwischenachsbereich angeordnet. Die Schnitttiefe beträgt ca. 35 mm (J. FROHNER et al., 2010), kann aber auch bis zu 65 mm (*HUSQVARNA*) betragen. Schnittbreiten werden ab ca. 30 cm angeboten (J. FROHNER et al. 2010). Die Maschinengewichte weisen Spannen von ca. 70 kg (*KOMTEK*) bis zu ca. 150 kg (*HUSQVARNA*) auf. Die Griffholme können vibrationsgedämpft sein (*HUSQVARNA*). Das Ablängen und Rollen des geschnittenen Rasens muss handmanuell erfolgen (K. HOCHHAUS, 2009).

2.7.2 Sodenschneider als Großgerät

Der Sodenschneider als Großgerät weist eine Schnitttiefe bis ca. 35 mm und eine Schnittbreite bis 120 cm auf. Einige Maschinen können auch Fertigrasenbahnen bis ca. 220 cm Breite produzieren (G. SCHWAB, 2009). Die Sodenlänge ist unbegrenzt (J. FROHNER et al. 2010). Sodenschneider als Großgerät sind als Schlepper gezogene und angebaute oder als Selbstfahrer erhältlich (H. SCHWAB, 2009). Vor der Schneidevorrichtung ist ein Bürstensystem angebracht, das Fremdkörper oder organische Masse vor dem Schälvorgang

von der Rasenoberfläche entfernt. Die Steuerung des Sodenschneiders erfolgt mit einem Sensor an der Schnittkante, welcher den Schnitt lenkt und für eine präzise geschälte Fertigrasenbahn sorgt. Während des Schälvorganges kann vor dem Schälschar eine Rolle zum Andrücken der Rasenbahn zum Anbau kommen (*VANVUUREN*).



Abbildung 12: Sodenschneider Großgerät

Das Schälschar ist bei diesen Sodenschneidersystemen starr oder vibrierend ausgeführt (G. SCHWAB, 2009). Nach dem Schälvorgang wird die Rasensode mit einer Fördereinrichtung zum Heck transportiert. Dabei erfolgen die Ablängung und das Rollen der Rasensoden. Die gerollten Fertigrasensoden können anschließend am Heck der Maschine gestapelt werden (*VANVUUREN*). Die Bedienung der meisten Maschinenelemente (Messer, Förderanlage etc.) sind hydraulisch steuerbar (*BROWER*). Die Schnittleistungen liegen bei über 15000 m² pro Stunde (*VANVUUREN*).

3 Eigene Untersuchungen

Bisher ist auf dem Markt keine nur aus Kräutern bestehende Sode erhältlich. Es existieren bisher keine Forschungsergebnisse über die Etablierung von relativ reinen Kräuterbeständen in der Form von Soden. Folgende Annahmen liegen der Arbeit zugrunde:

- Die möglichen Sodenschnitttiefen zur Etablierung einer vitalen Kräutersode sind nicht bekannt.
- Es kann angenommen werden, dass sich durch unterschiedliche Schnitttiefen der Soden veränderte Erträge, Entwicklungsstadien der Kräuter- und Wurzelmasseneubildung zustande kommt.
- Es ist zu erwarten, dass eine ausreichende Stabilität der Soden aufgrund der Gestaltung des Wurzelbildes dicotyler Pflanzen nicht gegeben ist, da bei Fertigrasen zumeist nur monocotyle Pflanzen in Form von Gräsern ihre Anwendung finden und diese über ein anderes Wurzelbild verfügen.
- Die zur Herstellung von Fertigrasen zur Anwendung kommende Sodenschneidtechnik ist voraussichtlich nur bedingt bei Kräutersoden anwendbar.

Ziel dieser Dissertation ist die Überprüfung der Etablierungsmöglichkeit von reinen Kräutersoden.

Die folgenden Hypothesen liegen dieser Arbeit zugrunde:

- Kräuter, insbesondere solche, welche tiefgehende Polwurzeln aufweisen, werden bei flach ausgeführtem Wurzelschnitt deutlich schlechter anwurzeln, einen geringeren Ertrag und auch ein niedrigeres Entwicklungsstadium des Oberbewuchses aufweisen.
- Je tiefer die Wurzelschnitte erfolgen, desto höher sind die Beträge an Gesamtwurzelmasse, neugebildeter Wurzelmasse, des Oberbewuchses und das Entwicklungsstadium der Kräuter.
- Die Entwicklungsstadien und der Ertrag an Trockenmasse des Oberbewuchses der Kräuter in Sodenform werden im Vergleich zu denen von Grassoden niedriger liegen.
- Der Vorzuchtsort sowie der Vorzuchszeitraum der Kräutersoden werden deutliche Unterschiede im Ertrag aufzeigen.
- Die Anwuchsbereitschaft der Wurzeln in das Etablierungssubstrat von reinen Kräutersoden ist im Vergleich zu Rollrasen geringer.
- Um eine bessere Sodenstabilität von Kräutersoden zu ermöglichen, muss ein möglichst robustes und widerstandsfähiges Trägermaterial, bestehend aus natürlichen Materialien, Anwendung finden.

4 Material und Methoden

Da das Wurzelschnittverhalten von Kräutern im Gegensatz zu Rollrasen weitgehend unbekannt ist, wurden Untersuchungen zur Forschung von Grundlagen durchgeführt. Die Versuche erfolgten in Anlehnung an bereits getätigte Experimente bzw. erfolgten in den Umständen angepassten Modifikationen. Während des Zeitraumes der Versuchsanlagen bzw. Datenauswertungen fanden Korrekturen in der Anzahl der getesteten Kräuterarten aufgrund von Praxisrelevanzen statt.

Die eigenen Versuche und Methoden gliedern sich in mehrere Schwerpunkte auf:

- Untersuchungen zur Ermittlung des Wurzelwachstums,
- Prüfungen der Trockenmasse des Aufwuchses nach den Etablierungsmaßnahmen
- Feststellen der Entwicklungsstadien der in den Versuchen behandelten Pflanzen nach den Etablierungsmaßnahmen
- Experimente zur Verbesserung der Stabilität von Kräutersoden mittels Trägermaterialien

4.1 BBCH Monografie nach H. HACK et al. (1992)

Zur Ermittlung der Entwicklungsstadien des Aufwuchses fand bei den Versuchen die BBCH Monografie nach H. HACK et al. (1992) ihre Anwendung. Diese wird mittels einer Sichtbeurteilung durchgeführt.

Zur Vereinheitlichungen der Beschreibung und Bestimmung morphologischer Entwicklungsstadien von di- und monocotylen Pflanzen, wurde zu Beginn der 1990er Jahre der BBCH-Code als Gemeinschaftsarbeit der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA), des Bundessortenamtes (BSA) und des Industrieverbandes Agrar (IVA) unter Mitwirkung anderer Institutionen entwickelt (H. HACK et al. 1992). Der Begriff BBCH steht hierbei für **B**undesanstalt, **B**undessortenamt und **CH**emische Industrie. Anhand von Skalen verschiedener Pflanzenarten können somit Bestimmungen erfolgen. Bei einem Nichtvorhandensein einer Skala einer bestimmten Pflanzenart kann die allgemeine Skala angewandt werden. Jede Skala ist in Makrostadien von 0 bis 9 und zusätzlich innerhalb der einzelnen Makrostadien in Mikrostadien von 0 bis 9 für genaue Angabe von Zeitpunkten in

der Pflanzenentwicklung eingeteilt. Makro- und Mikrostadien ergeben somit einen zweistelligen Code (H. HACK et al., 1992).

Tabelle 4-4: BBCH nach H. HACK et al. (1992), Makrostadien des Pflanzenaufwuchses

Stadium	Beschreibung
0	Keimung/Austrieb
1	Blattentwicklung (Hauptspross
2	Bildung von Seitensprossen/Bestockung
3	Längen- bzw. Rosettenwachstum des Hauptsprosses/ Triebentwicklung/Schossen (Haupttrieb)
4	Entwicklung vegetativer Pflanzenteile (Erntegut) bzw. vegetativer Vermehrungsorgane/Ähren- bzw. Rispschieben
5	Erscheinen der Blütenanlage (Hauptspross)/Ähren bzw. Rispschieben
6	Blüte (Hauptspross)
7	Fruchtentwicklung
8	Frucht und Samenreife
9	Absterben bzw. Eintreten der Vegetationsruhe

4.2 Klimadaten

Das Fachgebiet Agrartechnik des Fachbereichs 11 der Universität Kassel verfügt über eine Wetterstation, welche Teil des Versuchsgeländes „Am Sande“ in Witzenhausen ist. Die dort erhobenen Daten dienen bei den Untersuchungen zum Anwuchsverhalten von Kräutersoden (Siehe Kapitel 4.4) der Ermittlung der durchschnittlichen Monatstemperaturen und Gesamtniederschläge der jeweiligen Monate.

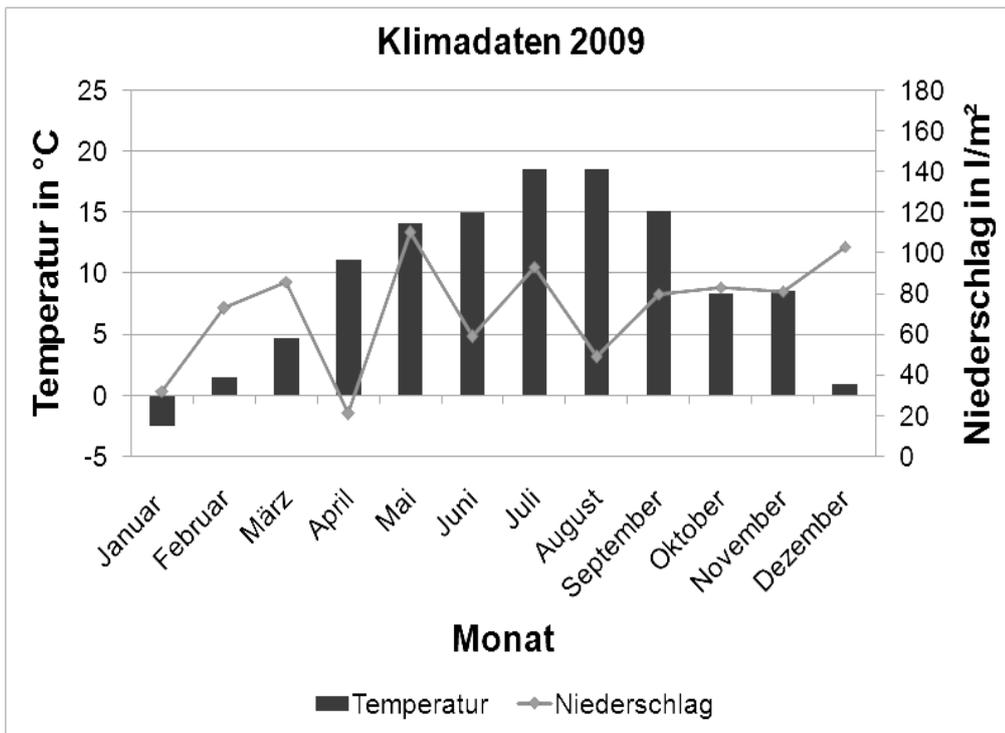


Abbildung 13: Klimadaten 2009 (Mittlere Temperatur und gesamter Niederschlag)

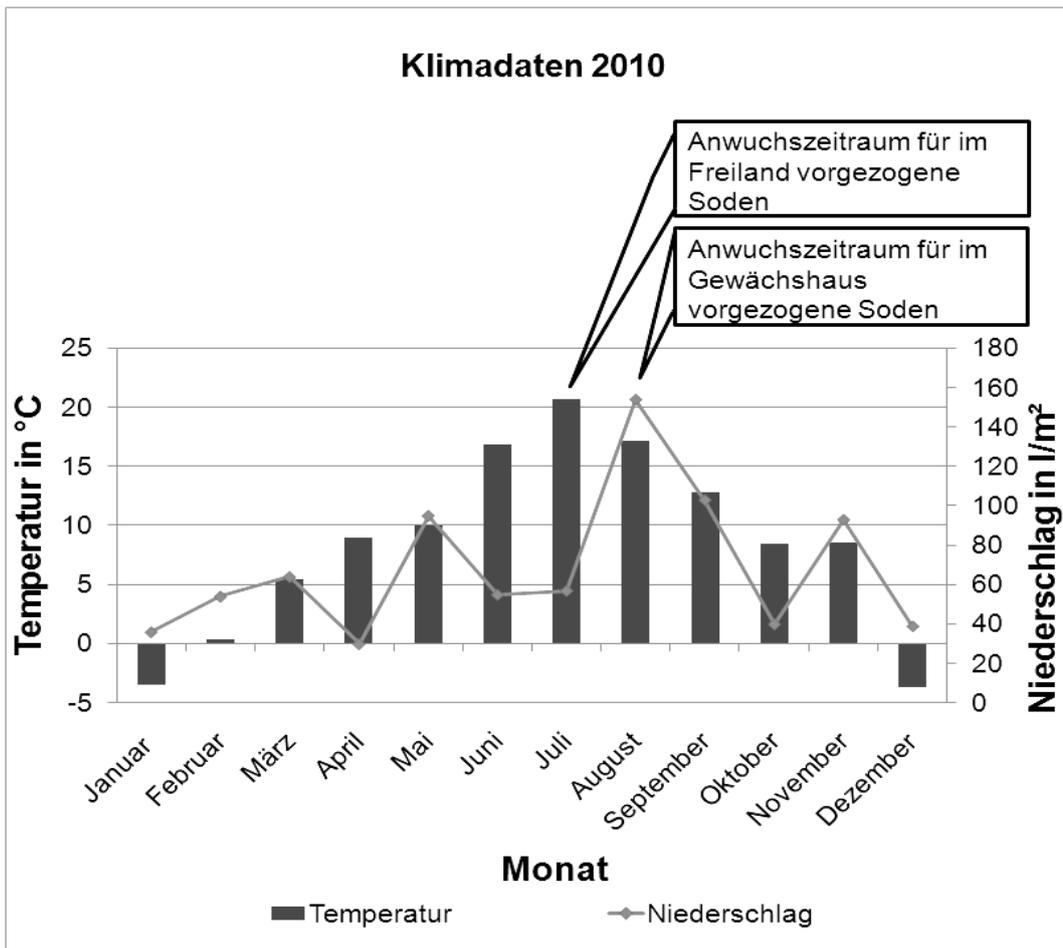


Abbildung 14: Klimadaten 2010 (Mittlere Temperatur und gesamter Niederschlag)

4.3 Versuch Wurzelkürzungen

Die Etablierung von Kräutern im Pflanzverfahren erfordert aus verschiedenen Gründen eine begrenzte Größe des Wurzelballens der einzelnen Pflanze. So ermöglicht ein reduzierter Wurzelballen die Reduktion von Bodenabtrag, Senkung von Transportkosten/Logistik und Lagerung und eine bessere Handhabung bei der Pflanzung. Grenzen der Umsetzbarkeit liegen hierbei jedoch vor allem für tiefwurzelnde Pflanzenarten vor. Für den Versuch fanden die folgenden Methoden ihre Anwendung:

4.3.1 Methode zur Bestimmung der Wurzeltrockenmasse

Die Bestimmung der Wurzeltrockenmasse erfolgte in diesem Versuch der Wurzelkürzungen in Anlehnung an einen Versuch aus dem Jahre 1970 von VAN DER HORST und KAPPEN

(G. VOIGTLÄNDER/N. VOSS, 1979). Sie nahmen Untersuchungen der Wurzelmasse von Zier- und Sportrasen in den oberen 5 cm der Bodenoberfläche mit drei Wiederholungen vor. Ihre Arbeitsschritte waren folgende:

1. Probenahme
2. Entfernung der oberirdischen Teile
3. Waschen, Spülen und Trocknen der Proben
4. Wiegen und Veraschen der Proben, Bestimmung des Glühverlustes
5. Wiegen der Rückstände
6. Feststellung des Wurzelgewichts durch Subtrahieren des Rückstandsgewichts vom Gewicht der Trockenprobe

Dieser Versuchsaufbau wurde mit seinen grundsätzlichen Arbeitsschritten übernommen, jedoch wurden diese teilweise erheblich modifiziert. Aufgrund der Ausgangssituation eines Topfversuches gestaltete sich die Probenahme in einer anderen Art und Weise.

4.3.2 Vorversuch

Vorausgegangen war ein Vorversuch im Februar 2008, welcher aufzeigen sollte, ob Wurzelkürzungen in erheblichem Ausmaße bei den in den Versuchen angebauten Kräuterarten überhaupt möglich sind. Die Fragestellung dieses Vorversuches beschränkte sich lediglich auf einen erfolgreichen Anwuchs oder das Absterben der jeweiligen Pflanze. Hierbei wurden zunächst folgende Schnittiefen mit 3, 6 und 9 cm mit je 10 Wiederholungen ab Oberkante Erdballen ausgewählt.

Der Voranbau erfolgte in 11er Pflanztöpfen, rund, welche bis zum oberen Rand mit dem Substrat gefüllt wurden. Das Substrat bestand aus einer Mischung von 20 % Mauersand, 50 % Lehm und 30 % Pflanzerde Typ 0. Der Lehm stammte von Flächen des ehemaligen Versuchsgeländes der Universität Kassel in Neueichenberg-Hebenshausen. Das Substrat war vor den Versuchsvorbereitungen in einem Zeitraum von ca. 6 Stunden bei einer Temperatur von ca. 80° C sterilisiert worden. Die Ablage des Saatgutes in das Substrat wurde mit Hilfe eines gefalteten Papiere als Einzelkornsaat vorgenommen. Im August 2008 wurde das Umtopfen der Kräuter in Vierliter-Rosentöpfen vorgenommen. Der Wurzelschnitt erfolgte im Dezember 2008. Es wurden pro Variante zehn Wiederholungen durchgeführt. Die Wurzelballen der Kräuter wurden in den verschiedenen Schnittiefen nach einer

Messung ab Oberkante Wurzelballen mit einem Messer gekürzt. Anschließend wurden die Pflanztöpfe mit angemischtem Substrat aufgefüllt. Die Auffüllung erfolgte so, dass der aufgelegte Erdballen wieder die Oberkante zum Pflanztopf bildete. Um besseren Bodenschluss zu gewährleisten, wurde noch ein Andrücken des Pflanzenballens vorgenommen. In den darauf folgenden Wochen erfolgte eine wöchentliche Beobachtung der Vitalität der einzelnen Pflanzen und auch der unterschiedlichen Schnittiefenvarianten. Es zeigte sich durch Sichtbeurteilung, dass der Wurzelschnitt keinen Einfluss auf das Leben der Pflanzen hat.

4.3.3 Hauptversuch

Aufgrund des vorrausgegangenen Vorversuches konnte davon ausgegangen werden, dass Wurzelschnitte, auch in geringen Schnittiefen, z.B. in 3 cm Tiefe, keinen größeren Einfluss auf das weitere Fortbestehen der Pflanzen haben. Die Fragen der Versuchsreihe des Hauptversuches waren erstens die Menge an Wurzelmassenneubildung und zweitens der Ertrag des Oberbewuchses in Abhängigkeit des ersten. Versuchsstandort war das Forschungsgewächshaus der Universität Kassel in Witzenhausen. Dieser Versuch gestaltete sich als Topfversuch, jedoch von Beginn an in Vierliter-Rosentöpfen, so dass ein Umtopfen entfiel. Der Versuch gliederte sich in drei Versuchsvarianten, wie in Tabelle 4-5 ersichtlich, auf.

Tabelle 4-5: Schnittiefenvarianten des Versuches Wurzelkürzungen

Variante	Schnitttiefe ab Oberkante in cm
3	3
6	6
0	unbehandelt

Je Variante erfolgten 6 Wiederholungen.

Versuchsvorbereitungen

Die Aussaat des Versuches erfolgte am 23.12.2009 durch Handaussaat. Je Pflanztopf wurde ein Samenkorn abgelegt. Das Substrat wies die gleiche Zusammensetzung auf wie in dem oben beschriebenen Vorversuch. Das Bewässern der Pflanzen wurde nach „guter gärtnerischer Kenntnis“ durchdringend mit ca. 6 l/m² bzw. ca. 250 ml je Pflanztopf vorgenommen und Gießintervalle den Jahreszeiten angepasst. In der Winterzeit, in den Monaten Dezember, Januar, Februar und März, fanden drei bis vier Gießvorgänge in einer Woche

statt. In der Sommerzeit, mit den Monaten April, Mai Juni und Juli, wurden fünf bis sechs Gießvorgänge in einer Woche ausgeführt. Um ein gleichmäßiges Auflaufen der Kräuter zu gewährleisten, erfolgte eine künstliche Beleuchtung durch Spektralleuchten mit ca. 10.000 LUX.

Aufgrund eventueller versuchsbeeinträchtigender Gegebenheiten (Bäume, Fensterrahmen, Sonnenverlauf etc.) wurde eine regelmäßige, randomisierte Umplatzierung der Pflanztöpfe im Losverfahren vorgenommen. Eine Unkrautregulierung erfolgte während der gesamten Wuchszeit der Kräuter, aufgrund der Verwendung der sterilisierten Substrate, nicht.

Versuchsdurchführung

Der Wurzelschnitt wurde ab dem 01. Juni 2010 nach ca. sechsmonatiger Wuchszeit der Pflanzen durchgeführt. Anschließend erfolgte die Entfernung des Oberbewuchses mit einer Schere. Eine Schnitthöhe von ca. 1 cm wurde hierbei eingehalten.

Während des nächsten Arbeitsschrittes erfolgte die Herausnahme des Erdballens der einzelnen Pflanze aus dem Anzuchtgefäß und die Ablage auf einen Versuchstisch. Hier wurde das Messen der Schnitttiefe von der Oberkante des Wurzelballens vorgenommen und eine Markierung der Schnittstelle am Wurzelballen mit einem Messer durchgeführt. Der anschließende Schnitt erfolgte mit einem scharfen Messer. Es wurde auf einen möglichst geraden Schnittansatz geachtet. Im Anschluss wurde der Pflanztopf mit zuvor an-gemischtem Substrat wieder befüllt und der obere Teil des jeweiligen Wurzelballens auf dieses platziert und durch leichtes Andrücken fixiert. Nach diesen Arbeitsschritten wurde eine Bewässerung der Pflanzen, wie bereits beschrieben, vorgenommen.

Probennahme

Die Probennahme wurde nach einem Anwuchszeitraum von einem Monat am 1. Juli 2010 vorgenommen. Die einzelnen Arbeitsschritte waren mit denen des Wurzelschnittes zu vergleichen.

Nach der BBCH-Bestimmung (H. HACK et al., 1992) erfolgte bei allen Proben der Schnitt des Oberbewuchses der einzelnen Pflanzen in ca. 1 cm Schnitttiefe und deren Eintütung und Beschriftung.

Auf einem Tisch wurde die Herausnahme des Erdballens jeder einzelnen Versuchspflanze vorgenommen. Anschließend erfolgte die Ausmessung des Wurzelballens, um die vorherige Kürzungshöhe beim folgenden Schnitt einzuhalten. Es konnte anhand der Wurzel-dichte des Erdballens in den meisten Fällen der vorausgegangene Schnitt noch nachvoll-zogen werden; dieser stimmte mit den gemessenen Werten überein. Die durchtrennten Wurzelballen der Varianten 3 cm und 6 cm und auch die Kompletten der Variante 0 wurden separat als Probe genommen. Bis zur weiteren Verarbeitung wurden alle Proben in einem Kühlhaus, bei einer Temperatur von 4° C, zwischengelagert.

Probenauswertung des Oberbewuchses

Die Proben des Oberbewuchses wurden jeweils unmittelbar nach der Probennahme zur TM-Bestimmung im Labor verarbeitet. Es erfolgte die Probeneinwaage der Frischsubstanz in Aluminiumschalen und das anschließende Trocknen der Proben in Trockenschränken bei einer Temperatur von 105°C über einen Zeitraum von 24 Stunden mit einer anschließenden Rückwaage der Proben. Die gewonnenen Daten wurden in % TM berechnet. Dieser Vor-gang kann mit folgender Formel berechnet werden:

$$TM = \frac{M_T}{M_{ges}}$$

Wobei gilt:

TM = Trockenmasse M_T = Masse der Trockensubstanz
 M_{ges} = Masse gesamt

Bestimmung der Wurzeltrockenmasse

Nach der Zwischenlagerung der Proben der Kräuterwurzelballen erfolgte die weitere Ver-arbeitung in einem Schmutzlabor. Hier wurde eine Siebung der Wurzeln aus den Wurzel-ballen mit einem Sieb mit 1 mm Maschenweite vorgenommen. Zur präzisen Aufnahme der einzelnen Wurzeln von der Siebfläche diente eine Pinzette. Anschließend erfolgte die Wa-schung der Wurzeln mit Hilfe eines Hohlsiebes mit ca. 0,5 mm Maschenweite unter einer Brause. Die im Sieb verbliebenen Wurzeln wurden mit einer Pinzette aufgenommen und bei der folgenden Trockenmassebestimmung weiterverarbeitet. Die Trockenmassebestimmung der Wurzeln war mit der des Oberbewuchses vergleichbar.

Bestimmung des Glühverlustes

Aufgrund von Rückständen nichtorganischer Substanzen (Substratrückstände) an den Wurzeln, erfolgte eine Rohaschebestimmung, um die rein organische Wurzelrockenmasse zu erhalten. Hierbei erfolgte eine Zerkleinerung der einzelnen Proben mit einem elektrisch betriebenen Mahlwerk. Die gemahlten Proben wurden separat in Polyethylen-Dosen mit dichtschießenden Deckeln abgefüllt. Nach jedem Mahlvorgang fand eine Reinigung des Mahlwerkes statt.

Die Proben wurden im Normalfall vor der Rohaschebestimmung bei ca. 60° C rund 48 Stunden getrocknet, anschließend in Exsikatoren bis zum nächsten Arbeitsschritt aufbewahrt. Dieser sieht regelhaft ein Abwiegen von ca. 3 g der getrockneten Probe in Keramiktiegeln (F) und ein Veraschen in einem Muffelofen über Nacht vor. Die Rohasche mit Tiegeln soll anschließend in einem Exsikator abgekühlt und danach zurückgewogen werden (G) (C. RICHTER, 2005). Aufgrund der im vorliegenden Versuch teilweise sehr geringen Probenmassen erfolgte ein erstes Abwiegen und die Trocknung der Proben in Keramik-tiegeln sowie eine anschließende Rückwaage vor der Veraschung. Sofort danach fand die Aufbewahrung der Proben mit den Tiegeln in Exsikatoren statt, um eine gleichbleibende Trockenheit der Proben bis zur Veraschung zu gewährleisten. Unmittelbar vor der Veraschung wurden die Proben mit Tiegeln gewogen. Die Veraschung wurde bei 550°C in einem Zeitraum von ca. 12 Stunden mit anschließender Rückwaage ausgeführt.

Zur Berechnung der Rohasche wurde folgende Formel verwendet:

$$WA = \frac{(R - T) \times 10000 \times E}{E \times TM} [\%]$$

Wobei gilt:

WA	=	Aschegehalt	R	=	Rückwaage Tiegel + Asche
E	=	Einwaage der Probe	T	=	Gewicht der Tara

Durch den Abzug des Rohaschegehaltes kann eine Aussage zur Wurzelmasse getroffen werden.

4.4 Untersuchungen zum Anwuchsverhalten von Kräutersoden

Vorhergegangene Untersuchungen zur Wurzelkürzung zeigten, dass ein Wurzelschnitt in geringer Tiefe von 3 cm ab Oberkante bei tiefwurzelnden dicotylen Pflanzen möglich ist. In diesem Versuch bestand die Frage, inwiefern das Anwuchsverhalten von Kräutern in

Sodenform Unterschiede zu dem von Fertigrasensoden aufweist. Weitere Fragen bestehen in Hinsicht auf den Aufzuchtort und den Aufzuchszeitraum von Kräutersoden.

Da es sich bei dem Wurzelkürzungsversuch um Einzelpflanzen handelte, wurden Untersuchungen zum Anwurzelnverhalten von Kräutersoden vorgenommen. A. J. TURGEON entwickelte in den 1970er Jahren eine Methode zur Untersuchung des Anwuchsverhaltens von Wiesenrispengrassoden (*Poa pratense* L.), die eine Stärke von 1,8 cm aufwies, unter verschiedenen Boden- und Nährstoffbedingungen. Die Soden werden auf Metallsieben, die in Metallrahmen eingespannt sind und 1 cm Maschenweite aufweisen, gelegt. Das Anwuchssubstrat, bei A. J. TURGEON (1972) Lehm und Sandboden, wird in Hälften eines Holzrahmens gefüllt, der gegen den darunterliegenden Boden isoliert ist. Jede Behandlungskombination findet hierbei in sechsfacher Wiederholung und in Blockanlage für jedes Pflanzenmedium randomisiert statt. Nach drei Wochen wird jeder Rahmen mit einer Winde aus dem Pflanzenmedium herausgezogen. Die benötigte Kraft wird mit einer Messapparatur gemessen. (G. VOIGTLÄNDER/N. VOSS, 1979). Der Versuchsaufbau von A. J. TURGEON (1972) wurde weitgehend übernommen und anhand der in dieser Arbeit enthaltenen Fragestellungen modifiziert.

Es wurde für diesen Versuch ein Zeitraum von vier statt drei Wochen gewählt, da Fertigrasen in drei bis vier Wochen belastbar ist (M. DEGENBECK, 2007). Die Sodenstärke wurde bei allen Kräutern und dem zugekauften Fertigrasen mit 3 cm gewählt. Bei den Kräutern Zichorie, Wiesensalbei, Eibisch und Kleiner Bibernelle erfolgten nur Doppelbestimmungen. Kräuterarten wie Schafgarbe und Spitzwegerich erfuhren zusätzliche Doppelbestimmungen in Schnitttiefen von 2 und 4 cm, um evtl. vorhandene Tendenzen der Reaktion der Pflanzen auf Wurzelschnitt und Schnitttiefe aufzuzeigen. Alle Soden waren vor dem Verpflanzen und vor der Bergung gemäht sowie der BBCH (H. HACK et al., 1992) bestimmt worden. Als Anzuchtort wurde in diesem Versuch die Orte Freiland unter praxisnahen Bedingungen und Gewächshaus unter standardisierten Bedingungen gewählt. Der Versuch der Sodenverpflanzung gliederte sich in zwei Unterversuche auf:

- Verpflanzen von drei Jahre alten Soden, welche unter natürlichen Bedingungen gezogen worden waren.
- Verpflanzen von einem halben Jahr alten Soden, welche unter kontrollierten Bedingungen im Gewächshaus gezogen worden waren.

4.4.1 Versuchsaufbau

Die zur Versuchsauswertung benötigten Gerätschaften wurden nach A. J. TURGEON (1972) nachgefertigt. Dies waren:

- Metallrahmen mit Siebbespannung zum Einsatz der Soden
- Vierbeinbock mit Messeinrichtung der Bewurzelungsstärke von Soden

Metallrahmen nach A. J. TURGEON (1972)

Die Metallrahmen weisen ein Format von 30 cm x 30 cm auf und bestehen aus 20 mm (Außenmaße des Schenkels) starkem gleichschenkeligen Winkelstahl mit einer Materialstärke von 0,88 mm. An der Unterseite sind die Rahmen mit einem punktgeschweißtem Gitter (Maschen in quadratischer Anordnung) und einer Maschenweite von 1 cm innen bespannt. An den Seitenwänden der Rahmen befinden sich nahe jeder Ecke Bohrungen, welche ein Einhaken der Hebevorrichtung des Vierbeinbockes mittels Haken ermöglichen.



Abbildung 15: Rahmen nach TURGEON (1972)

Vierbeinbock nach A. J. TURGEON (1972)

Der Vierbeinbock besteht aus ca. 40 mm starkem Vierkantrohrstahl. Kopfseitig, mittig angeordnet, sind zwei nach oben stehende Ösen mit einer Handkurbelwinde aufgebaut.



Abbildung 16: Vierbeinbock nach TURGEON (1972)

Von der Handkurbelwinde aus ist ein Stahlseil mit 2 mm Stärke mittig befestigt. Am abgehenden Ende des Stahlseiles ist eine digitale Federzugwaage (Messgenauigkeit ± 10 g) mit Speicherfunktion befestigt. Die Federzugwaage ist unten abgehend mit einem Karabinerhaken mit Drehmechanismus versehen. Ab diesem Karabinerhaken werden vier Stahlseile der gleichen Stärke nach unten abgeführt. An ihren unteren Enden weisen sie Spannschlösser mit Haken auf, die sich in die seitlichen Bohrungen der Rahmen einhaken lassen. Um für einen stabilen und sicheren Stand des Vierbeinbocks unter Versuchsbedingungen zu sorgen, wurden die Standfüße mit ca. 10 cm breiten Brettern unterlegt.

4.4.2 Versuchsdurchführung

Die in dieser Versuchsreihe vorgezogenen Soden weisen einen Vorzugszeitraum von ca. drei Jahren bis zur Versuchsanlage auf.

Versuchsvorbereitungen

Die Ansaat dieser Versuchsreihe erfolgte am 15. Juli 2007 auf der unteren Terrasse des Versuchsgeländes des Fachgebietes Agrartechnik für Solar- und Bewässerungstechnik „Am Sande“ in Witzenhausen. Die einzelnen Versuchspartzellen wurden als Breitsaat in Reihen mit einem Abstand von jeweils 0,40 m angelegt. Die Ansaatstärke richtete sich nach der in der Praxis üblichen Menge (siehe Tabelle Ansaatstärken, Kapitel 10 Anhang).

Regelmäßige Beiwuchsregulierungen erfolgten jährlich handmanuell. Die letzte manuelle Beiwuchsregulierung vor Versuchsbeginn erfolgte im Juni 2010.

Für den Kräutersodenversuch wurden zunächst folgende Kräuter verwendet:

- Beifuß (*Artemisia vulgaris* L.)
- Wegwarte (*Chichorium intybus* L.)
- Spitzwegerich (*Plantago lanceolata* L.)
- Schafgarbe (*Achillea millefolium* L.)
- Hornklee (*Lotus corniculatus* L.)
- Kleiner Wiesenknopf (*Sanguisorba minor* Scop.)
- Eibisch (*Althaea officinalis* L.)

Der Bestand der kleinen Bibernelle (*Pimpinella saxifraga* L.) war im Jahre 2010 nur noch in Spuren vorhanden und musste verworfen werden. Zum Vergleich wurde eine Standardrolle Fertigrasen mit einer Schälstärke von 3 cm in den Versuch eingebracht

Versuchsstandort

Um das Anwurzeln der Soden testen zu können wurde eine Versuchsfläche ausgewählt, welche eine ebene Beschaffenheit, Steinfreiheit, möglichst einen homogenen Bodentypus und keine Beschattung sowie auch eine gute Möglichkeit der Bewässerung aufweisen musste. Diese wurde auf dem Versuchsgelände „Am Sande“ in Witzenhausen in Anspruch genommen. Das auf diesem Gelände vorhandene Substrat bestand aus anlehmigen Sand mit 10,13 % abschlämmbaren Bestandteilen. Es handelt sich somit um den Bodentyp „Brauner Auenboden“. Vorbereitungsmaßnahmen waren vor Versuchsanlage eine wiederholte Bodenbearbeitung, um eine Beiwuchsfreiheit der Fläche vor der Versuchsanlage zu erzielen. Unmittelbar vor der Versuchsanlage fand eine Einteilung in der Fläche in einzelne Parzellen mit ca. 30 cm breiten Laufgängen statt. Die Randomisierung des Versuches erfolgte durch Auslosung.

Verpflanzung der im Freiland vorgezogenen Soden:

Die für die Verpflanzungen vorgesehenen Stellen in den bestehenden Kräuterstreifen wurden am Vorabend ausgelost und mit Flexstäben markiert. Ein weiteres anschließendes Losverfahren ermöglichte die Zuteilung der jeweiligen Probennummer. Es erfolgte die Festlegung der Probenstelle mittels eines quadratischen Blechrahmens (0,3 m x 0,3 m). Diese Größe entsprach der zu stechenden Sode. Das Entfernen des Oberbewuchses wurde mit

Hilfe einer Rasenkantenschere vorgenommen. Mit einem Spaten wurden die einzelnen Soden entlang des Blechrahmens ausgehoben und anschließend den Metallrahmen angepasst. Die Verpflanzung der Soden in den Versuchsstandort erfolgte randomisiert, im bereits vorher ausgelosten und festgelegten Schema. Durch ein leichtes Andrücken und Rütteln wurde optimaler Bodenschluss gewährleistet.

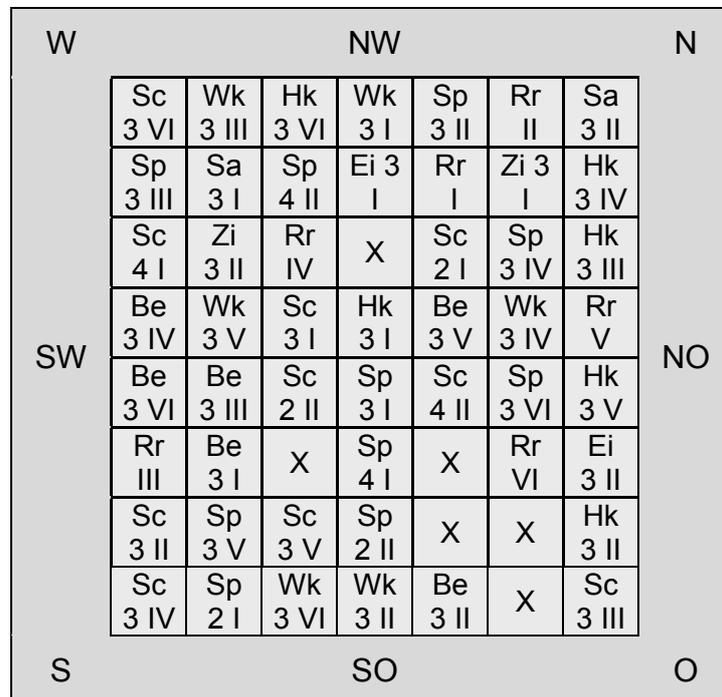


Abbildung 17: Versuchsanlage der im Freiland vorgezogenen Soden

Legende:

Be	=	Beifuß	Ei	=	Eibisch
Hk	=	Hornklee	N	=	Norden
NO	=	Nordosten	NW	=	Nordwesten
O	=	Osten	Rr	=	Rollrasen
S	=	Süden	Sa	=	Wiesensalbei
Sc	=	Schafgarbe	SO	=	Südosten
Sp	=	Spitzwegerich	SW	=	Südwesten
W	=	Westen	Wk	=	Kleiner Wiesenknopf
Zi	=	Zichorie			

Bis zur Versuchsauswertung erforderte die extreme Witterung (Siehe 0) des Juli 2010 das regelmäßige Bewässern des Versuches nach R. LEHR et al. (1997), so dass die obersten 10 cm des Oberbodens durchfeuchtet waren. Weiterhin wurde durch regelmäßiges Harken der Zwischenstreifen unerwünschter Begleitwuchs beseitigt.

Versuchsauswertung

Die Aufnahme der Datenerhebung des Wurzelwiderstandes bzw. der Anwurzelung der einzelnen Soden erfolgte im Zeitraum vom 2. bis 3. August 2010 nach der modifizierten Methode von A. J. TURGEON (1972) (G. VOIGTLÄNDER/N. VOSS, 1979). Über jeder einzelnen Sode wurde das Hebegestell platziert. Hierbei wurde möglichst auf einen geraden Stand des Hebegestells geachtet. Um ein Eindrücken der Standbeine des Heberahmens in den Boden zu unterbinden, wurden diese zusätzlich auf Bohlen gestellt. Nach der Ausrichtung des Hebegestelles erfolgte das Einhängen der vier Spannschlosshaken in die vier an den jeweiligen Ecken befindlichen Bohrungen des Rahmens. In wenigen Fällen musste mit Hilfe der Spanschlösser eine gleichmäßige Fixierung des Rahmens vorgenommen werden. Für die anschließende Messung wurden zwei Personen eingesetzt. Die erste Person übernahm das Ablesen des gemessenen Höchstwertes von der im Rahmengestell hängenden Federzugwaage und das Notieren des Messwertes in kg. Die zweite Person hatte die Aufgabe, die Handkurbel gleichmäßig zu betätigen, um Zugkraft auf Rahmen und Sode auszuüben. Nach der Datennahme des Wurzelwiderstandes wurden die Gewichte der einzelnen Soden und der Rahmen gemessen und von dem Wert des Wurzelwiderstandes abgezogen. Die gewonnenen Daten in kg wurden in Newton (N) umgerechnet.

4.4.3 Anlage Gewächshaus

Um artenreine Kräutersoden ohne jeglichen Anflug oder sonstigen Fremdbewuchs zu erzeugen, erfolgte eine Vorzucht im Forschungsgewächshaus. Das Sodenalter betrug zur Zeit der Versuchsanlage ca. sechs Monate.

Versuchsvorbereitungen

Für den Versuch fand ein Pflanztisch mit den Maßen 6,67 m x 1,5 m x 0,05 m (L x B x H) Verwendung. Da die Randhöhe des Pflanztisches nicht ausreichend war, bedurfte es einer Erhöhung von ca. 5 cm. Die Erhöhung erfolgte mit einem Holzrahmen. Die Innenmaße des Beetes betragen nach Installation der Holzkonstruktion 6,72 m x 1,45 m x 0,13 m. Auf der Unterseite, welche den Boden des Tisches bildete, befand sich ein steifes Maschengitter (Maschenweite 2 x 2 cm, Drahtstärke 2,5 mm) welches mit einer wasserdurchlässigen, grob gewebten Kunststoffplane abgedeckt wurde, um ein Herausfallen des Substrates zu verhindern.

Für die Aufzucht der Kräuter wurden, wie schon in vorhergegangenen Versuchen erfolgt, eine sterilisierte Substratmischung im gleichen Mischungsverhältnis, und gleiche Belichtungsverhältnisse angewandt. Die Bewässerung wurde in der rund sechsmonatigen Wuchszeit, wie bei anderen Versuchen der Jahreszeit angepasst, regelmäßig durchgeführt. Die Temperatur betrug während dieser Zeit durchgehend 14,6° C im Minimum, 22,0° C im Mittel und 35° C maximal (Messzeitpunkt März bis September). Eine Beiwuchsregulierung erfolgte aufgrund der Sterilisation des Substrates nicht. Das Substrat wurde gleichmäßig auf die Fläche des Tischbeetes verbracht und anschließend mit einer Holzrolle einheitlich rückverdichtet. Danach wurde das Ausmessen, Einteilen und die Kennzeichnung des Tischbeetes in einzelne Parzellen (0,3 x 0,3 m) vorgenommen. Es erfolgte eine Randomisierung der Parzellen durch ein Losverfahren Die Ansaat der Kräuter erfolgte mittels einer gleichmäßig verteilten Breitsaat. Die Aussaatstärke wurde dem Aufzuchtort im Freiland angeglichen (siehe Tabelle Anhang). Zur Abgrenzung des Wurzelraumes der einzelnen Kräutersoden wurden zwischen den einzelnen Parzellen Abtrennungen aus Laminat verwendet. Nach einem Wuchszeitraum von ca. sechs Monaten wurden die Kräuterparzellen in die Versuchs-Metallrahmen nach A. J. TURGEON (1972) gesetzt, um mit der Versuchsanlage auf der vorbereiteten Versuchsfäche „Am Sande“ in Witzenhausen zu beginnen.

W		NW					N	
Hk 3 IV	X	Hk 3 I	Wk 3 I	Be 3 II	Sc 3 I	Zi 3 I		
Hk 3 III	Sc 3 III	Ei 3 II	Sc 2 I	Sp 3 IV	Be 3 VI	Ei 3 I		
Rr III	Wk 3 V	Be 3 III	Sp 2 II	X	Sa 3 II	Rr V		
Rr I	X	Hk 3 V	Zi 3 II	Bi 3 II	Wk 3 VI	Hk 3 VI		
SW	Wk 3 IV	Sp 4 I	Sp 3 III	Be 3 IV	X	Wk 3 II	Sc 3 V	
	Rr II	Sa 3 I	Sc 3 VI	Sp 3 II	Sc 2 II	Sp 3 VI	Hk 3 II	
	Sp 2 I	Be 3 I	Bi 3 I	Sc 3 IV	Be 3 V	Sc 4 I	Rr VI	
	Sc 4 II	Sp 4 II	Rr IV	Sp 3 V	Sc 3 II	Wk 3 III	Sp 3 I	
S	SO					O		
							NO	

Abbildung 18: Versuchsanlage der Soden mit dem Vorzuchtort Gewächshaus

Legende:

Be	=	Beifuß	Ei	=	Eibisch
Hk	=	Hornklee	N	=	Norden
NO	=	Nordosten	NW	=	Nordwesten
O	=	Osten	Rr	=	Rollrasen
S	=	Süden	Sa	=	Wiesensalbei
Sc	=	Schafgarbe	SO	=	Südosten
Sp	=	Spitzwegerich	SW	=	Südwesten
W	=	Westen	Wk	=	Kleiner Wiesenknopf
Zi	=	Zichorie			

Die Einpassung der Parzellen als Soden in die Metallrahmen machte eine Anfeuchtung des Substrates auf ca. 40 % Bodenfeuchte notwendig. Durch Vorversuche an Kräuterparzellen, welche nicht dem Versuch unterstanden, wurde deutlich, dass eine Stabilität der Soden bei ca. 20 % Bodenfeuchte und aufgrund des nicht gewachsenen und noch nicht stark durchwurzelten Pflanzsubstrates nicht gewährleistet werden konnte. Ein Rahmen des Versuches wurde auf die Vegetationsoberfläche jeder einzelnen, befeuchteten Parzelle fixiert und angedrückt. Danach wurde die Parzelle an der Unterseite mit einer speziellen Schaufel („Holsteiner Schippe“, flache und breite Form) aufgenommen. Die Parzelle wurde anschließend auf einem Tisch um 180° kopfüber gedreht und, von ihrer Unterseite aus, ausgemessen und auf die im Versuch verwendete Sodengröße mit Messern zurechtgeschnitten. Hierbei erfolgte das Anpassen an den für den Versuch vorgesehenen Versuchsrahmen. Nach Beendigung dieser Arbeitsschritte konnte die Sode um 180° gedreht werden und der kopfseitig auf der Vegetationsoberfläche fixierte Reserverahmen abgenommen werden.

Die Versuchsanlage war mit dem vorhergehenden Versuch der im Freiland aufgezogenen Kräuter vergleichbar. Anhand der Abbildung 18 wird die Versuchsanlage sichtbar.

Probenauswertung

Der Vorgang der Probenauswertung war mit der Auswertung der im Freiland vorgezogenen Soden vergleichbar. Er fand am 1. und 2. September 2010 statt. Bei dieser Datenerhebung erfolgte parallel die Datenaufnahme des Oberbewuchses des Versuches Aufwuchsermittlung mit der Bestimmung des BBCH nach H. HACK et al. (1992) und die Aufnahme von Proben zur TM-Bestimmung.

4.5 Versuch der Aufwuchsermittlung

Der Versuch der Aufwuchsermittlung kann als parallel statt findender Versuch des Versuches der Anwurzeln von Kräutersoden betrachtet werden. Es handelt sich um die Soden des Versuches zum Anwuchsverhalten von Kräutersoden. Die Versuchsanlage erfolgte randomisiert auf dem Versuchsgelände „Am Sande“. Versuchsgrundlage bildeten bereits geschnittene Kräutersoden. Für Vergleichszwecke wurden Fertigrasensoden (Schälstärke ca. 3 cm) in den Versuch eingebracht. Die Herkunft der Soden gestaltete sich folgendermaßen:

- Soden, im Freiland vorgezogen
- Soden, im Gewächshaus vorgezogen

Nach jeweils einem Monat erfolgte gleichzeitig eine BBCH-Bestimmung (H. HACK et al., 1992) und die Mahd der verpflanzten Soden in ca. 1 cm Schnitthöhe. Der Versuchszeitraum betrug 2 Monate. Beide Sodenvarianten wurden als getrennte Versuche angelegt und ausgewertet. Die Zeitpunkte der Versuchsanlage und des Versuchsbeginns unterschieden sich um jeweils einen Monat. Die einzelnen Proben wurden vor der TM-Bestimmung nach Beiwuchs und vorgesehendem Bewuchs der jeweiligen Kräutersode sortiert und anschließend einer Trockenmassebestimmung, wie in bereits vorher erfolgten Versuchen, unterzogen.

4.6 Versuch mit Geweben zur Stabilisierung von Kräutersoden

Aufgrund der Anatomie der Wurzeln einzelner Kräuter werden bei monocotylen Pflanzen ein andersartig ausgeprägtes Wurzelbild und ein andersartiger Wurzelbau sichtbar. (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1982; L. KUTSCHERA/ M. SOBOTIK, 1992). Es muss davon ausgegangen werden, dass eine Stabilität der Kräutersoden teilweise nicht gewährleistet werden kann. Aus diesem Grund wurden Ansätze zur Verstärkung der Kräutersoden in Betracht gezogen. Eine Möglichkeit der Stabilisierung von Kräutersoden würde sich durch den Einbau von Geweben in das Vorzuchtssubstrat vor Beginn einer Ansaat ergeben. In der Vegetationstechnik finden unverrottbare Geotextilien in Bereichen von bautechnischen Sicherungen ihre Verwendung (R. LEHR et al., 1997). Geotextilien sind Gewebe, Vliesstoffe und Verbundstoffe aus langzeitbeständigen, synthetischen Rohstoffen, wie z.B. Polyester, Polyethylen, Polypropylen oder Polyamid (W. R. DACHROTH, 2002), die wasserdurchlässig und durchwurzelbar sind und hohe Zug- und Reißfestigkeiten aufweisen

(R. LEHR et al., 1997). In diesem Versuch fanden nur unbehandelte und rückstandsfreie Naturfasergewebe ihre Anwendung, da diese, positive Ergebnisse vorausgesetzt, für eine dauerhafte Etablierung von Kräutersoden vorgesehen waren. Die für den Versuch verwendeten Materialien sind in folgender Tabelle aufgelistet.

Tabelle 4-6: Materialien, Materialstärken und Maschenweiten der Verwendeten Gewebe

Material	Materialstärke in mm	Maschenweite in mm	Herkunft
Baumwolle, fein	1	< 0,3	Raumausstattung
Kokosfasermatte	15	k.A.	Gartenbaubedarf
Jute, fein	2	3	Transportbehältnis
Jute, grob	3	20	Böschungsbefestigung

Untersuchungen fanden als Materialsichtprüfung des Erhaltungszustandes und als Zugfestigkeitsprüfung der Materialien statt.

4.6.1 Versuchsvorbereitungen

Als Versuchsstandort wurde das Forschungsgewächshaus des Fachbereichs 11 gewählt. Der Versuchszeitraum betrug ca. sechs Monate, von November 2008 bis zum Mai 2009. Die in der Gewächshauskabine vorzufindenden Bedingungen (Bewässerung, Lichtbestrahlung, Tischbeetgestaltung) entsprachen den vorher genannten Versuchen. Das Substrat entsprach in Zusammensetzung und Eigenschaften den vorher beschriebenen Versuchen. Es erfolgte das Auflegen der Gewebe auf das Substrat in Blöcken, wobei ein Abstand von ca. 30 cm zwischen den einzelnen Materialien eingehalten wurde. Die Gewebe wurden anschließend mit einer Substratschicht von ca. 0,5 cm Stärke überdeckt und rückverdichtet. Anschließend erfolgte eine Einsaat, um den Einsatz von eingebauten Geweben unter realistischen Bedingungen der Vorzucht zu gestalten.

4.6.2 Datennahme Erhaltungszustand

Die Datennahme erfolgte nach ca. sechs Monaten, nach der Einbringung der Gewebe. Für den Erhaltungsgrad der Textilien wurde folgende Skala entwickelt:

Tabelle 4-7: Zustandsstufen des Erhaltungsgrades der Gewebe

Zustandsstufe	Definition der Zustandsstufe
1	Gewebe vollkommen verrottet
2	Gewebe zerstört, aber noch teilweise vorhanden
3	Gewebe erhalten
4	Gewebe vollkommen erhalten

Die Datennahme fand als Sichtbeurteilung statt. Hierbei wurden je Gewebeblock 72 Wiederholungen durchgeführt. Die Verteilung der Probenahme wurde randomisiert je Gewebeblock ausgeführt. Hierbei wurde das Gewebe stellenweise freigelegt, indem die obere Erdschicht entfernt wurde. Es wurde versucht, die in dem Gewebe wurzelnden Pflanzen möglichst zu belassen. Anschließend erfolgte die Sichtbeurteilung des Gewebes.

4.6.3 Datennahme Zugfestigkeit der Gewebe

Die Messung der Zugfestigkeit der Gewebe erfolgte zu zwei Zeitpunkten mit einer Federzugwaage. Pro Material und Messzeitpunkt wurden sechs Wiederholungen ausgeführt. Die erste Messung fand zu dem Zeitpunkt der Anlage des Versuches, auf separat ausgelegten und nicht für den Versuch vorgesehenen Gewebe, statt. Hersteller, Herkunftsort und das Kaufdatum waren mit den für den Tischbeetversuch vorgesehenen Geweben identisch. Nach rund sechs Monaten wurden weitere Datennahmen der mit Substrat überdeckten Gewebe durchgeführt. Dies erfolgte unmittelbar nach der Sichtbeurteilung der Gewebe, bei substratfreier Oberfläche.

4.7 Versuch mit Untergräsern zur Stabilisierung von Kräutersoden

Der Versuch des Anbaues der Kräuter in Kombination mit Untergräsern sollte Aufschluss über einen kombinierten Anbau von Kräutern und schwachwüchsigen Gräsern geben. Hierbei sollten Grundlagen für eine Stabilisierung von Kräutersoden erforscht werden.

4.7.1 Versuchsvorbereitungen

Der Versuch mit Untergräsern fand im Forschungsgewächshaus der Universität Kassel statt. Mit der Versuchsanlage wurde in der 27. Kalenderwoche des Jahres 2009 begonnen. Die Tischbeetgestaltung und die Zusammensetzung des Substrates von bisher getätigten

Versuchen wurden beibehalten. Die Einteilung der sieben Grasgruppen und der Nullprobe wurde in Blockform vorgenommen. Die Ansaat erfolgte mit den neun bereits beschriebenen Kräuterarten (siehe Kapitel 2). Die Kräuter wurden manuell, einzeln verteilt, in das Beet gesät. Der Saatprozess erfolgte wie bei vorherigen Versuchsanlagen. Nach der abgeschlossenen Kräutereinsaat erfolgte in den einzelnen Versuchspartellen eine gleichmäßige Breitsaat der Grassorten. Die Aussaatstärke betrug hierbei die empfohlene Menge nach RSM 8.1 Biotopflächen ca. 3 bis 7 g/m² (FLL, 2004). Zur Anlage einer Kräuter- oder Blumenwiese werden Werte von ca. 4 g/m² empfohlen (RIEGER-HOFFMANN, 2007). Es wurde eine Aussaatstärke von ca. 4 g/m² gewählt. Zusätzlich wurde ein Block als Variante 0 angelegt, in dem keine Ansaat von Gräsern stattfand. Für die Herstellung des Bodenschlusses fand nach der Saat eine Holzrolle Verwendung.

Für den Versuch wurden folgende Gräser ausgesät:

- Ruchgras *Anthoxanthum odoratum* L.
- Zittergras *Briza media* L.
- Wiesenkammgras *Cynosurus cristatus* L.
- Horstrotschwingel *Festuca nigrescens* L.
- Rotschwingel *Festuca rubra rubra* L.
- Deutsches Weidelgras *Lolium perenne* L.
- Wiesenrispengras *Poa pratensis* L.

Es handelt sich, außer bei dem Deutschen Weidelgras (*Lolium perenne* L.), nur um Untergrassorten. Deutsches Weidelgras (*Lolium Perenne* L.) stellte bei diesem Versuch eine schnellwüchsige Obergrasvariante für Vergleichszwecke dar. Um einen weiteren Vergleich zu ermöglichen, wurde auch eine Nullprobe ohne jegliche Graseinsaat angelegt. Die jeweiligen Grasarten werden in Kapitel 2 beschrieben.

4.7.2 Probenahme

Die Probenahme wurde rund neun Monate nach dem Aussaatszeitpunkt durchgeführt. Um das einzeln stehende Kraut fand die Zentrierung eines Metallrings mit ca. 10 cm Durchmesser statt. Innerhalb des Metallringes wurde die Probe des Oberbewuchses des Krautes und der Gräser nach vorheriger BBCH-Bestimmung nach HACK et al. (1992) gezogen. Ausschlaggebend für die Bewertung des jeweiligen Bewuchses der Probe war nur, was innerhalb des Ringes wurzelt. Hineinragender Bewuchs von außen wurde verworfen. Die

Schnitttiefe betrug ca. 1 cm. Die Proben wurden einzeln nach Kräutern und Gräsern sortiert und separat einer TM-Bestimmung unterzogen. Diese wurde nach den gleichen Arbeitsschritten durchgeführt, wie sie in anderen Versuchen bereits vorher erfolgt war.

4.8 Konstruktion eines Kräutersodenschneiders

Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Sodenschneider konstruiert und gefertigt. Die Schnittbreite war der Standardgröße von 40 cm angepasst worden. Im Gegensatz zu den serienmäßig hergestellten schlepperbetriebenen Sodenschneidern weist diese Konstruktion eine leichte, kompakte und sehr einfache Bauweise auf. Die Konstruktion des Sodenschneiders besteht aus folgenden Grundbauteilen:

- Anbau/Aufhängung
- Geräterahmen
- Werkzeuge zum Schälen der Soden

4.8.1 Anbau/Aufhängung

Die Dreipunktaufhängung wird von einem Grundgerät des *RAU-Kombisystems*, mit *RAU-Systemschiene* gebildet. An der Systemschiene sind zwei waagrecht verstellbare Klemmbacken verschraubt, in die der Geräterahmen mit einem Bolzenstecksystem montiert ist.

4.8.2 Rahmen

Der Geräterahmen ist der Anbauraum für Schälwerkzeuge. Das Material der parallel verlaufenden 1,80 m langen Lochschiene besteht aus U-Stahl mit einer Stärke von 6,5 cm. Durch das Lochschiensystem des Geräterahmens können Vierkantrohrquerträger zur Werkzeugaufnahme variabel mit einem Bolzenstecksystem integriert werden. Der Abstand zwischen den Geräteschienen, gemessen an den Innenseiten, beträgt 74 cm. Sie werden schlepperseitig durch ein verschraubtes Vierkantrohr und heckseitig mit einem Vierkantrohrstahlträger, mit verschraubten Seitenverstrebungen an den Geräteschienen, versteift. Auf dem Vierkantrohrstahlträger ist ein Anschlagpunkt, an dem ein Oberlenker zur Sicherung und zur Feineinstellung des Messerrahmens fixiert ist, verschweißt. An den Enden der Lochschiene sind nach außen massive Halterungen verschraubt, die die Aufnahme von Hilfsrädern oder Gewichten ermöglichen.

4.8.3 Werkzeuge

Eine Möglichkeit der Schnitttiefenregulierung erfolgt durch die Höheneinstellung einer zu schwenkenden Glattwalze. Die Glattwalze ist zwischen Dreipunktanbaubock und den Schneidevorrichtungen in einer Schwinge im Geräterahmen mit zwei Bolzen lagernd aufgehängt. Ein Oberlenker der Kat. I (Arbeitslänge 285 bis 360 mm), der zwischen Dreipunktanbaubock und der Walzenschwinge fixiert ist, sorgt für die Höhenverstellung der Walze. Zusätzlich können noch Einstellungen mit Hilfe der an den Schwingen befindlichen Bohrungen vorgenommen werden. Der Walzenkörper besteht aus einem Metallrohr mit 6 mm Materialstärke und einem Durchmesser von 300 mm und zu jeder Stirnseite aus zwei kreisrunden Metallplatten.

Die der Walze nachfolgenden, parallel in einem Abstand von 400 mm angeordneten Scheibenseche ermöglichen den Seitenschnitt der Soden. Die gelagerten Scheibenseche sind glatt und weisen einen Durchmesser von 450 mm auf. Sie werden je mit einer 30 mm starken Welle an einem Querträger durch Klemmstücke, mit der Möglichkeit der Höhenverstellung, fixiert. Mit einem verschraubten Abstandhalter zwischen den Scheibensechen wird eine gleichmäßige Höhen- und Schnittwinkeleinstellung gewährleistet.

Die Schneidevorrichtung folgt den Scheibensechen und ist höhenverstellbar auf einem verstärkten Querträger montiert. Sie besteht aus einem vertikal stehenden Rahmen, an dessen unteren Ende das Schälmesser an seiner Rückseite verschraubt ist. Am oberen Ende befindet sich ein verschraubter Querriegel aus Flacheisen, der einen Anschlagpunkt für einen zweiten Oberlenker (Kat. I) nach hinten aufweist. Dieser Oberlenker dient zur Stabilisierung des Messerrahmens sowie zur Feineinstellung des Schnittwinkels. Der Messerrahmen weist ein Steinsicherungssystem mit Abscherschrauben auf. Für den Einsatz des Sodenschneiders kommen verschiedene Schälmesser zum Einsatz:

- Schälmesser 1 mit gerader Schneide
- Schälmesser 2 mit schrägverlaufender Schneide
- Schälmesser 3 mit dreispitziger Schneide
- Schälmesser 4 mit Balkenmähwerksklingen

Die Schneiden der Schälmesser 1 bis 3 weisen zur Materialerhaltung eine Aufpanzerung und Schärfung auf. Bei dem Schälmesser 4 besteht die Schneide aus gehärteten Doppel-

messermäherwerkssklingen mit je einem Winkel von 40° und 2 mm Stärke. Diese wurden bündig eingelassen und an der Oberfläche am Rumpf des Schälmessers vernietet. Alle Schälmesser haben rückseitig zwei nebeneinanderliegende Gewindebohrungen zur Montierung an den Rahmen der Schneidevorrichtung. Alle Messer weisen stirnseitig einen Winkel von unter 5° auf.

4.9 Statistische Auswertung der Versuche

Zur Auswertung der gewonnenen Daten wurde das Datenverarbeitungsprogramm *SPSS* 17.0 von Windows angewandt. Hierbei wurden alle Daten, welche metrisch (z.B. g, N etc.) messbar sind, mithilfe der ANOVA (Varianzanalyse) ausgewertet. Die Daten gestalteten sich so, dass eine einfache ANOVA Anwendung fand.

Die graphische Darstellung der metrisch messbaren Ergebnisse erfolgte hierbei in Box-Whisker-Plot- und Stabdiagrammen. Bei den Box-Whisker-Plots (BWP) wird jede Stichprobe durch ein vertikal gestelltes Rechteck präsentiert. Die Lage und Länge dieser Box stellt den Interquartilbereich dar. Die innerhalb der Box befindliche horizontale Linie stellt den Median dar. An beiden Enden der Box befinden sich sogenannte Whiskers (dt. Schnurrhaare). Diese zeigen mit der Box als Gesamtlänge die Variationsbreite von x_{\max} nach x_{\min} auf.

Ausreißer und Extremwerte werden mit kleinen Sternen in der jeweiligen Grafik berücksichtigt. (KÖHLER et al., 2002) Daten, welche rein ordinal zu bewerten sind, wie z.B. BBCH-Werte nach H. HACK et al. (1992) der Pflanzen oder Erhaltungszustände der Fasern, wurden mittels des Kruskal-Wallis-Tests ausgewertet. Diese Daten werden in Form von Tabellen präsentiert. (KÖHLER et al., 2002).

5 Ergebnisse

5.1 Wurzelkürzungsversuch

Die aus dem Wurzelkürzungsversuch gewonnenen Ergebnisse gliedern sich in rein ordinale Ergebnisse des BBCH nach H. HACK et al. (1992) und in metrisch gewonnene Ergebnisse der Trockenmasse des Oberbewuchses und der Wurzeltrockenmasse.

5.1.1 Bestimmung des BBCHs nach H. HACK et al. (1992)

Anhand der Tabelle 5-1 werden zwischen den Schnittiefen 3 cm und 6 cm und der Variante 0 keine deutlichen Unterschiede sichtbar.

Tabelle 5-1: BBCH nach H. HACK et al. (1992), Kräuter nach Schnitttiefe, n=54 je Schnitttiefe

BBCH	Schnitttiefe			Signifikanz Kruskal- Wallis-Test
	0 cm Anzahl	3 cm Anzahl	6 cm Anzahl	
29	0	0	1	0,079
31	3	4	4	
32	0	1	3	
33	1	0	1	
39	0	0	1	
40	1	0	1	
41	1	5	6	
42	1	2	1	
43	10	11	8	
45	6	5	3	
47	9	8	8	
49	6	4	5	
51	2	4	0	
59	1	0	0	
60	3	1	0	
61	0	0	3	
62	0	2	2	
63	0	1	3	
64	1	0	0	
65	5	2	2	
67	4	4	2	

So weisen die einzelnen Schnitttiefen aller Kräuter bei der Variante 0 cm BBCH-Werte von 31 bis 67 auf. Die Mehrzahl der ermittelten Werte befindet sich bei BBCH 43 mit 10 Stück und bei BBCH 47 mit 9 Stück. Nachfolgend werden bei der Schnittvariante 6 cm BBCH-Werte in einem Bereich von 29 bis 67 sichtbar. Bei BBCH 43 und 47 können je 8 aufgezählt werden. Bei der Schnitttiefe von 3 cm können BBCH-Werte von 31 bis 67 aufgezeigt werden. Vermehrt werden hierbei Werte bei BBCH 43 mit 11 Stück und BBCH 47 mit 8 Stück aufgezeigt.

Der p-Wert der bestimmten BBCH-Werte beträgt zwischen den einzelnen Varianten 0,079 und weist darauf hin, dass keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Schnitttiefenvarianten und der 0-Probe in ihren Entwicklungsstadien feststellbar sind.

Der BBCH der einzelnen Kräuterarten weist bis auf wenige Ausnahmen relativ geringe Schwankungen auf (Tabelle 10-26). Hierbei weist Spitzwegerich in der Variante 0 cm die höchsten BBCH-Werte in den Bereichen von 65 bis 67 auf. Anschließend werden BBCH-Werte von Hornklee mit 51 bis 67, Schafgarbe mit 40 bis 67, Kleiner Wiesenknopf mit 47 bis 60, Eibisch mit 31 bis 59, Kleine Bibernelle mit 43 bis 47, Wiesensalbei mit 43 bis 47 und Beifuß mit 43 bis 47 festgestellt. Zichorie zeigt den niedrigsten BBCH-Wert von 31 bis 47 in der Variante 0 cm auf.

Bei der Schnitttiefenvariante 3 cm weist Spitzwegerich mit einem BBCH von 51 bis 67 den höchsten Wert auf. Es folgen die BBCH-Werte von Zichorie mit 31 bis 67, Hornklee mit 43 bis 63, Schafgarbe mit 45 bis 62, Kleiner Wiesenknopf mit 45 bis 49, Wiesensalbei mit 43 bis 47, Beifuß mit 32 bis 47 und Eibisch mit 31 bis 47. Die niedrigsten BBCH-Werte innerhalb der Schnitttiefenvariante 3 cm werden von der Kleinen Bibernelle mit 41 bis 43 erreicht.

Innerhalb der Schnitttiefenvariante 6 cm weist Spitzwegerich mit 61 bis 67 die höchsten BBCH-Werte auf. Weiterhin kommen BBCH-Werte von Hornklee mit 47 bis 65, Schafgarbe mit 41 bis 63, Kleiner Wiesenknopf mit 41 bis 49, Wiesensalbei mit 43 bis 47, Beifuß mit 32 bis 47, Zichorie mit 29 bis 45 und Eibisch mit 31 bis 43 zustande. Die Kleine Bibernelle zeigt mit 39 bis 41 die geringsten BBCH-Werte an.

Ergebnisse

Der p-Wert beträgt bei der Kleinen Bibernelle 0,088, bei Hornklee 0,176, bei Spitzweg-erich 0,252, bei Schafgarbe 0,496, bei Eibisch 0,497, bei Beifuß 0,566, bei dem Kleinen Wiesenknopf 0,713, bei Wiesensalbei 0,736 und bei Zichorie 0,782. Diese Werte zeigen auf, dass keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Schnittiefenvarianten und der 0-Probe innerhalb der einzelnen Kräuter feststellbar sind.

5.1.2 Bestimmung der Wurzelmasse

In der Abbildung 19 wird die Wurzeltrockenmasse in Prozent des gesamten Wurzelballens von den untersuchten Kräutern dargestellt.

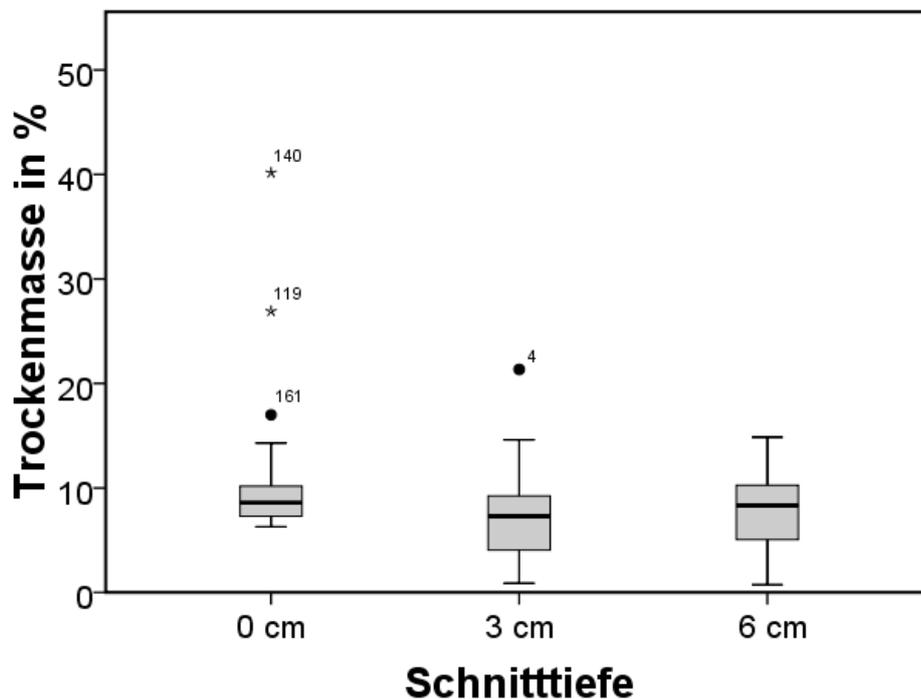


Abbildung 19: Wurzelmasse der Kräuter nach Schnitttiefe, n=54

Die 0-Probe, welche die unbehandelte Pflanze darstellt, weist den höchsten Mittelwert von 9,71 % Wurzeltrockenmasse auf. Die Schnittiefenvariante von 6 cm befindet sich mit ihrem Mittelwert bei 7,66 % Wurzeltrockenmasse. Der niedrigste Mittelwert an 7,26 % Wurzeltrockenmasse findet sich bei 3 cm Schnitttiefe.

Ergebnisse

Der p-Wert beträgt 0,008 und sagt somit aus, dass hohe signifikante Unterschiede in der Höhe der Wurzel trockenmasse in % aller Kräuter zwischen den einzelnen Schnitttiefevarianten feststellbar sind. Die 0-Probe zeigt den höchsten Wert auf.

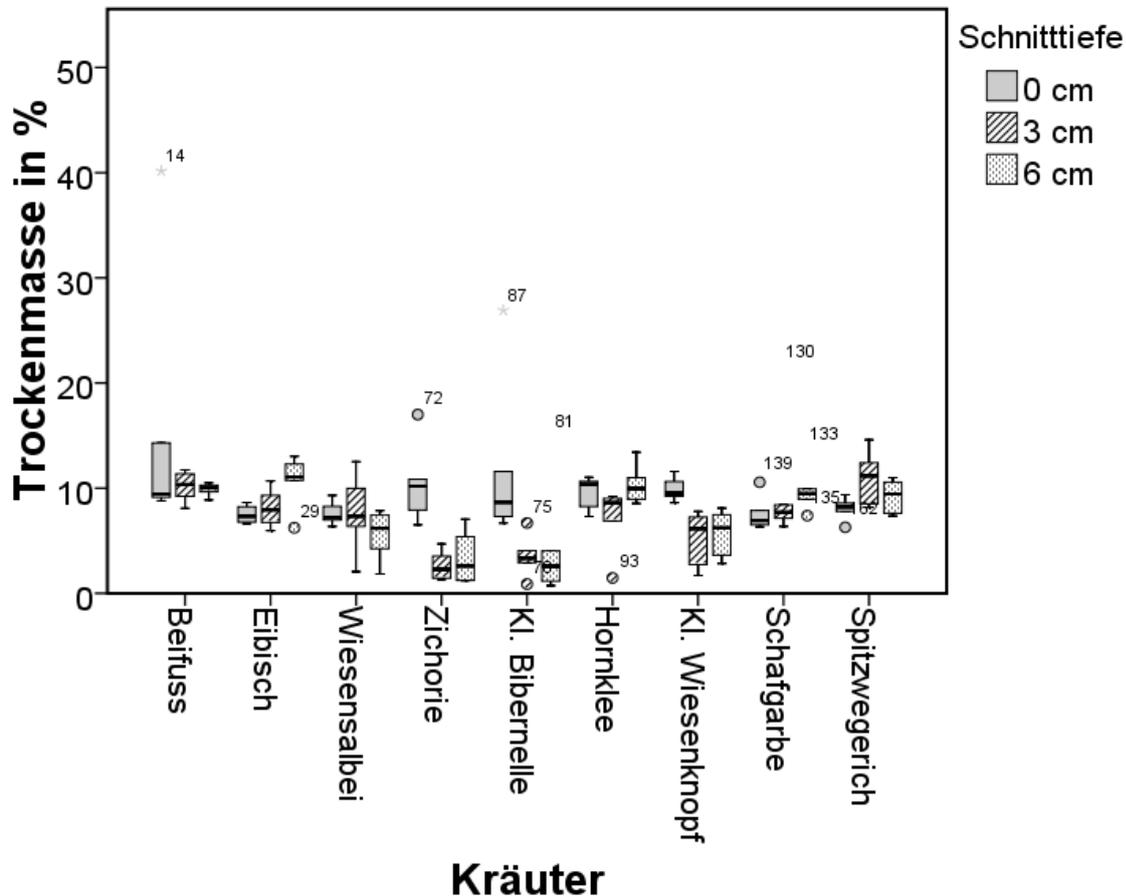


Abbildung 20: Wurzel trockenmasse des gesamten Wurzelballens nach Schnitttiefe und Kräuterart, je Kräuterart n=6

Abbildung 20 zeigt die gesamte Wurzel trockenmasse der Kräuter in den unterschiedlichen Schnitttiefen. Hier ist der obere Teil der Wurzelballen mit eingeschlossen. Bei drei Kräuterarten ist die Abstufung von 0 cm mit dem höchsten Mittelwert, von 6 cm Schnitttiefe mit dem in der Mitte angesiedelten Mittelwert und 3 cm Schnitttiefe mit dem geringsten Mittelwert deutlich erkennbar. Eine Ausnahme stellt Beifuß dar, welcher zwar den höchsten Mittelwert bei 0 cm Schnitttiefe bildet, jedoch seinen mittleren Mittelwert bei 3 cm Schnitttiefe zeigt. Die 0-Proben weisen bei vier von neun untersuchten Kräutern, innerhalb der jeweiligen Kräuterarten, die höchsten Wurzel trockenmassewerte auf. Führend ist Beifuß mit 15,21 % Wurzel trockenmasse. Es folgen Mittelwerte von der Kleinen Bibernelle mit 11,63 %, Zichorie mit 10,44 % und Kleiner Wiesenknopf mit 9,84 % Wurzel trockenmasse. Jeweils den

Ergebnisse

zweithöchsten Mittelwert kann die Variante Schnitttiefe 0 cm bei Hornklee mit 9,67 %, Wiesensalbei mit 7,56 % und Schafgarbe mit 7,52 % Wurzelrockenmasse vorweisen. Niedriger als alle anderen Mittelwerte an Wurzelrockenmasse der 0-Probe innerhalb der einzelnen Kräuterarten sind Spitzwegerich mit 8,07 % und Eibisch mit 7,48 %, welcher den geringsten Wert darstellt.

Die Kräuter Eibisch, Hornklee und Schafgarbe kommen in der Schnitttiefenvariante 6 cm auf höhere Wurzelrockenmassewerte als in der Schnitttiefenvariante 0 cm. Eibisch weist hierbei den höchsten Mittelwert an Wurzelrockenmasse mit 10,74 % auf. Weiterhin folgen Hornklee mit 10,30 % und Schafgarbe mit 9,78 %. Im Mittel befinden sich Spitzwegerich mit 9,23 %, Kleiner Wiesenknopf mit 5,75 %, Kleine Bibernelle mit 4,32 % und Zichorie mit 3,34 %. Geringere Mittelwerte als bei Schnitttiefe 3 cm zeigen Beifuß mit 9,89 % und Wiesensalbei mit 5,62 %.

Bei der Schnitttiefe 3 cm weisen Spitzwegerich mit 11,00 % und Wiesensalbei mit 7,59 % höhere Wurzelrockenmassewerte als in den Schnitttiefen 0 und 6 cm auf. Schafgarbe zeigt einen gleichhohen Mittelwert der Wurzelrockenmasse von 9,78 % wie bei der Schnitttiefenvariante 6 cm und einen höheren als bei 0 cm auf. In der Mitte angesiedelte Mittelwerte bei der Schnitttiefenvariante 3 cm weisen Beifuß mit 10,18 % und Eibisch mit 8,09 % Wurzelrockenmasse auf. Geringere Mittelwerte als bei den Schnitttiefenvarianten 0 und 6 cm kommen bei Hornklee mit 7,31 %, beim Kleinen Wiesenknopf mit 5,29 % und bei der Kleinen Bibernelle mit 3,53 % sowie auch bei der Zichorie zustande. Zichorie bildet mit 2,59 % Wurzelrockenmasse den geringsten Wert innerhalb der Schnitttiefe 3 cm und aller Schnitttiefenvarianten.

Die p-Werte betragen bei Hornklee 0,074, bei Wiesensalbei 0,329, bei Beifuß 0,380 und bei Schafgarbe 0,476. Bei den Kräuterarten Hornklee, Wiesensalbei, Beifuß und Schafgarbe bestehen somit keine signifikanten Unterschiede in der Höhe der Wurzelrockenmasse in % des gesamten Wurzelballens. Auf signifikante Unterschiede der Wurzelrockenmasse weisen mit ihren p-Werten Eibisch mit 0,015, Spitzwegerich mit 0,040 und die Kleine Bibernelle mit 0,042 hin. Die p-Werte von Zichorie mit 0,000 und dem Kleinen Wiesenknopf mit 0,002 sagen aus, dass zwischen den einzelnen Varianten höchst signifikante Unterschiede der Menge der Wurzelrockenmasse bei Vergleich des gesamten Wurzelballens vorliegen.

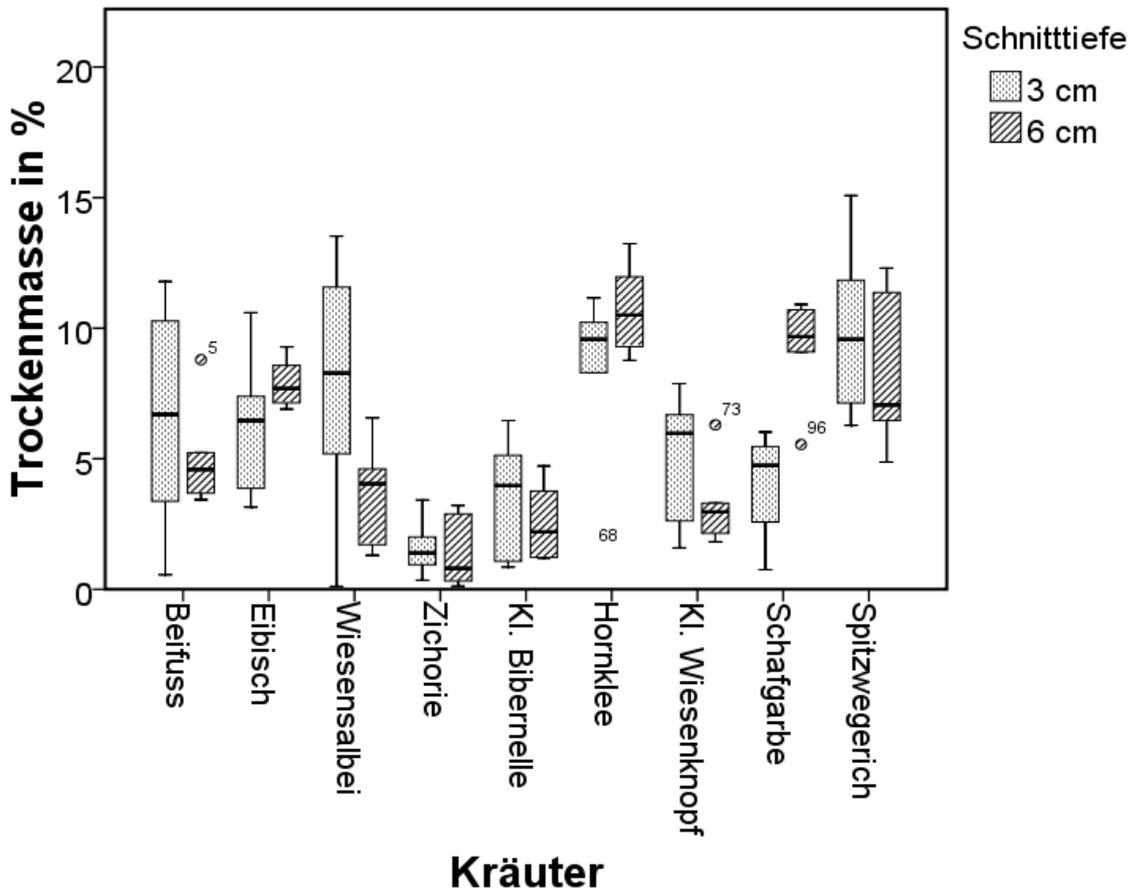


Abbildung 21: Wurzeltrockenmasse, des unteren Wurzelballens nach Schnitttiefe und Kräuterart, n=6

Anhand Abbildung 21 werden die einzelnen Mittelwerte an Wurzeltrockenmasse nur der geschnittenen Proben dargestellt. Es handelt sich also um den unteren Wurzelballen. Die Höhe der Werte fällt hierbei sehr unterschiedlich aus. Spitzwegerich, Wiesensalbei, Beifuß, Kleiner Wiesenknopf und die Kleine Bibernelle weisen höhere Mittelwerte an Wurzeltrockenmasse in der Schnitttiefenvariante 3 cm auf. Der höchste Mittelwert wird hier von Spitzwegerich mit 9,91 % TM Wurzelmasse erreicht. Anschließend folgen Mittelwerte von Wiesensalbei mit 7,83 %, Beifuß mit 6,57 %, Kleinem Wiesenknopf mit 5,12 % und der Kleinen Bibernelle mit 3,58 % Wurzeltrockenmasse. Hornklee mit 8,38 %, Eibisch 6,32 %, Schafgarbe mit 4,05 % und Zichorie mit 1,58 % Wurzelmasse zeigen in der Schnittvariante 3 cm geringere Mittelwerte auf als in der Schnittvariante 6 cm.

In der Schnitttiefenvariante 6 cm zeigen Hornklee mit 10,71 %, Schafgarbe mit 9,27 % und Eibisch mit 7,88 % Wurzeltrockenmasse höhere Mittelwerte als in der Schnitttiefenvariante 3 cm. Nachfolgend folgen Mittelwerte an Wurzeltrockenmasse von Spitzwegerich mit 8,19 %, Beifuß mit 5,41 %, Wiesensalbei mit 3,71 %, Kleinem Wiesenknopf mit 3,25 % und

Ergebnisse

Kleiner Bibernelle mit 2,45 %. Den niedrigsten Mittelwert in der Schnitttiefenvariante 6 cm und im Versuch bildete Zichorie mit 1,36 % Wurzel trockenmasse.

Wird der untere Wurzelballen betrachtet, der den Zuwachs an Wurzelmasse darstellt, weist als einziges die Schafgarbe höchst signifikante Unterschiede der Bildung von Wurzel trockenmasse bei der Variante 6 cm mit einem p-Wert von 0,001 auf. Die anderen Kräuter zeigen im Vergleich p-Werte von 0,080 bei Wiesensalbei, 0,153 bei Kleinem Wiesenknopf, 0,176 bei Hornklee, 0,206 bei Eibisch, 0,319 bei der Kleinen Bibernelle, 0,370 bei Spitzwegerich, 0,598 bei Beifuß und 0,755 bei Zichorie. Bei allen übrigen Kräutern herrschen somit keine signifikanten Unterschiede der Wurzel trockenmasse zwischen den Schnitttiefen vor.

5.1.3 TM-Oberbewuchs

Die Trockenmasse in Prozent des Oberbewuchses der untersuchten Kräuter wird in der Abbildung 22 wiedergegeben.

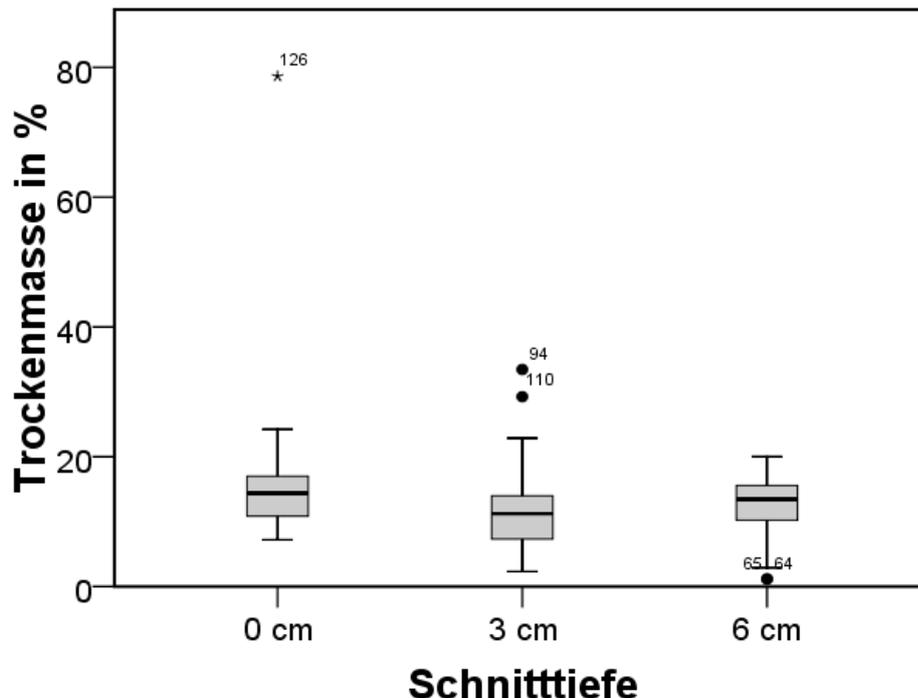


Abbildung 22: Trockenmasse des Oberbewuchses der Kräuter in % nach Schnitttiefe, n=54

Ergebnisse

Die Trockenmasse in Prozent des Oberbewuchses weist unterschiedlich hohe Werte in den zwei verschiedenen Wurzelschnitttiefen von 3 und 6 cm, sowie der 0-Probe zusammenfassend für alle Kräuterarten auf. Die Messung dieser Daten erfolgte nach dem Schnitt. Hierbei erreicht die Variante 0 cm, ohne Behandlung, den höchsten Mittelwert von 15,71 % Trockenmasse. Die Schnittvariante 6 cm bildet einen Mittelwert von 12,30 % TM. Den geringsten Wert von 11,46 % Trockenmasse weist die Schnitttiefe von 3 cm auf.

Der p-Wert der Trockenmasse des Oberbewuchses in % der einzelnen Wurzelschnittvarianten befindet sich bei 0,005. Er weist darauf hin, dass höchst signifikante Unterschiede in der TM in % des Oberbewuchses auftreten. Die 0-Probe weist den höchsten Wert auf.

Kräuterarten

Die Abbildung 23 stellt die Trockenmasse in Prozent des Oberbewuchses der einzelnen untersuchten Kräuterarten dar.

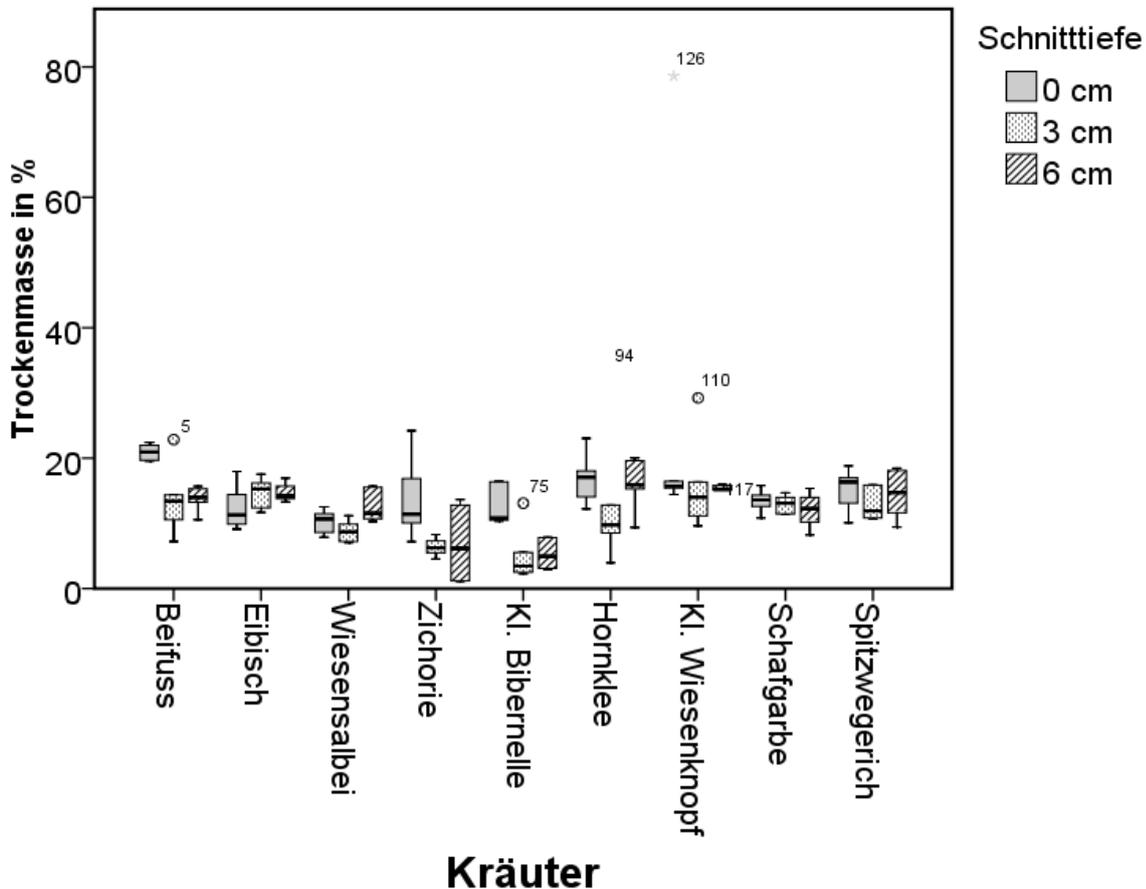


Abbildung 23: Trockenmasse des Oberbewuchses in % nach Schnitttiefe und Kräuterart, n=6

Bei den einzelnen Kräuterarten zeigen fast alle 0-Varianten höhere Mittelwerte an TM auf. Eine Ausnahme besteht hierbei bei Eibisch mit einem Wert von 12,34 % TM. Der höchste Mittelwert der 0-Variante wird von dem Kraut Kleiner Wiesenknopf mit 26,06 % TM gebildet. Nachfolgend zeigen Beifuß mit 20,92 %, Hornklee mit 16,92 %, Spitzwegerich mit 15,28 %, Zichorie mit 13,53 % Schafgarbe mit 13,46 %, Kleine Bibernelle mit 12,55 % und Eibisch mit 12,34 % Trockenmasse im Mittel des Oberbewuchses an. Der geringste Mittelwert der Variante 0 findet sich mit 10,31 % TM bei dem Kraut Wiesensalbei.

Die meisten zweithöchsten Mittelwerte an Trockenmasse des Oberbewuchses werden von der Variante 6 cm Schnitthöhe erreicht, wenn auch teilweise nur in sehr geringen Abständen zu der Schnittvariante 3 cm. Hierbei bilden Spitzwegerich, Hornklee, Kleine Bibernelle, Zichorie, Wiesensalbei und Beifuß höhere Mittelwerte an Trockenmasse des Oberbewuchses als bei 3 cm Schnitttiefe. Der Höchstmittelwert wird von Hornklee mit 16,01 % Trockenmasse des Oberbewuchses erreicht. Weiterhin weisen Kleiner Wiesenknopf 14,98 %, Eibisch 14,70 %, Spitzwegerich 14,52 %, Beifuß 13,79 %, Wiesensalbei 12,56 %, Schafgarbe 12,05 % und Zichorie 6,85 % Trockenmasse des Oberbewuchses auf. Der niedrigste Mittelwert an Trockenmasse des Oberbewuchses bei der Schnitttiefenvariante 6 cm wird von der Kleinen Bibernelle mit 5,26 % gebildet.

Schafgarbe, Kleiner Wiesenknopf und Eibisch weisen in der Schnitttiefenvariante 3 cm höhere Mittelwerte an Trockenmasse des Oberbewuchses auf als bei der Schnitttiefenvariante 6 cm. Kleiner Wiesenknopf stellt mit 15,73 % Trockenmasse des Oberbewuchses den höchsten Mittelwert dar. Nachfolgend kommen bei Eibisch 14,74 %, bei Beifuß 13,64 %, bei Hornklee 13,04 %, bei Schafgarbe 12,95 %, bei Spitzwegerich 12,84 %, bei Wiesensalbei 8,79 % und bei Zichorie 6,36 % Trockenmassenmittelwerte des Oberbewuchses zustande. Kleine Bibernelle zeigt mit 5,06 % Trockenmasse im Mittel des Oberbewuchses den geringsten Wert.

Der p-Wert zeigt bei Kleiner Bibernelle mit 0,001 und bei Beifuß mit 0,002 höchst signifikante Unterschiede der Trockenmasse in % des Oberbewuchses innerhalb der verschiedenen Schnitttiefen und der 0-Probe an. Signifikante Unterschiede sind auch bei Wiesensalbei und Zichorie mit p-Werten von 0,017 und 0,037 aufzeigbar. Die p-Werte betragen bei Eibisch 0,197, Kleiner Wiesenknopf 0,403, Spitzwegerich 0,417, Schafgarbe 0,459 und Hornklee 0,593. Sie zeigen keine Signifikanz von Unterschieden in der Höhe der Trockenmasse in % des Oberbewuchses auf.

5.2 Anwuchsermittlung von Kräutersoden

Der Versuch zur Anwuchsermittlung von Kräutersoden nach A. J. TURGEON (1972) beinhaltet diverse Unterversuche und führt daher zu einer Vielzahl von Ergebnissen. So wurde einerseits der BBCH nach H. HACK et al. (1992) und andererseits der Ertrag an Trockenmasse des Oberbewuchses der einzelnen Soden aufgenommen. Desweiteren erfolgte die Messung der Anwurzlung der Soden in N.

5.2.1 Ertragsversuch

Der Ertragsversuch des Versuches zur Sodenverpflanzung gliedert sich in die Aufnahme der BBCH-Werte und der Trockenmasse des Oberbewuchses der einzelnen Soden. Die im Freiland vorgezogenen Kräuter weisen insgesamt einen höheren Durchschnitt des BBCH auf als die Kräuter, welche im Gewächshaus vorgezogenen worden sind.

So können die im Freiland vorgezogenen Kräuter BBCH-Werte im Bereich von 19 bis 63 aufzeigen. Die im Gewächshaus vorgezogenen Kräuter weisen BBCH-Werte in den Bereichen 31 bis 49 auf.

Tabelle 5-2: BBCH nach H. HACK et al. (1992) Vergleich der Vorzuchtsorte der Soden, n= 54

BBCH	Vorzuchtsort		Signifikanz Kruskal- Wallis-Test
	Freiland	Gewächshaus	
	Anzahl	Anzahl	
19	4	0	0,000
22	1	0	
23	1	0	
29	0	1	
31	14	26	
32	4	2	
33	6	2	
35	2	0	
40	0	20	
41	8	0	
43	4	10	
45	0	4	
47	0	1	
49	16	6	
51	3	0	
55	1	0	
59	1	0	
60	2	0	
61	2	0	
62	1	0	
63	2	0	

Ergebnisse

Der Unterschied zwischen den Vorzuchtsorten ist bei den Entwicklungsstadien des Bewuchses der Kräutersoden als höchst signifikant (p -Wert = 0,000) zu bewerten. Die Entwicklungsstadien der Kräuter der gesamten Freilandvariante sind höher zu bewerten.

Auch anhand der Tabelle 5-3 wird deutlich, dass die Pflanzen, welche im Gewächshaus vorgezogen wurden, unmittelbar vor dem ersten Schnitt der Pflanzen fast immer höhere BBCH-Werte aufzeigen. Der höchste BBCH-Wert der Freilandvariante wird von Spitzwegerich mit 60 bis 63 gebildet. Nachfolgend können BBCH-Werte von Hornklee mit 51 bis 61, Schafgarbe mit 49, Beifuß mit 32 bis 43 und Fertigrasen mit 43 betrachtet werden. Der Kleine Wiesenknopf stellt mit 31 den geringsten BBCH-Wert dieser Variante und gleichzeitig beider Varianten des ersten Schnittes dar.

In der Vorzuchtsvariante Gewächshaus hat Spitzwegerich mit 49 den höchsten BBCH-Wert eingenommen. Anschließend folgen BBCH-Werte von Schafgarbe mit 43 bis 47, Fertigrasen mit 43, Hornklee mit 31 bis 43 und Beifuß mit 31 bis 40. Den niedrigsten BBCH-Wert der Variante der Pflanzen, welche im Gewächshaus vorgezogen wurden, stellt der Kleiner Wiesenknopf mit 31 dar.

Werden die p -Werte der einzelnen Kräuter in Abhängigkeit von ihrem Vorzuchtsort verglichen, so kommen folgende Werte, die keine Signifikanz aufweisen, zustande: 0,241 Hornklee und 0,139 Beifuß. Spitzwegerich zeigt einen p -Wert von 0,027 und kann somit signifikante Unterschiede der Entwicklungsstadien in Abhängigkeit des Vorzuchtortes aufweisen. Der Kleine Wiesenknopf und die Schafgarbe zeigen p -Werte von 0,012 an und weisen somit ebenfalls signifikante Unterschiede ihrer Entwicklungsstadien auf.

Tabelle 5-3: BBCH nach H. HACK et al. (1992) Kräuter, 1. Schnitt, n=6

BBCH	Beifuß		Hornklee		Kleiner Wiesenknopf		Schafgarbe		Spitzwegerich		Fertigrasen		
	Fl.	Gh.	Fl.	Gh.	Fl.	Gh.	Fl.	Gh.	Fl.	Gh.	Fl.	Gh.	
19	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	
22	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
23	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
31	1	3	0	1	0	6	0	0	0	0	5	0	
32	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
33	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
40	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
43	2	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	6	
45	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	
47	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
49	0	0	0	0	0	0	6	0	0	6	0	0	
51	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
55	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
59	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
60	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	
61	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
62	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
63	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	
		0,139		0,241		0,012		0,012		0,027		0,004	
Signifikanz Kruskal-Wallis-Test													

Legende:

Fl. = Vorzuchtsort Freiland
 Gh. = Vorzuchtsort Gewächshaus

Die Vergleichsprobe Fertigrasen weist einen p-Wert von 0,004 auf und somit höchst signifikante Unterschiede der zwei Varianten des Vorzuchtsortes. Das Entwicklungsstadium des Oberbewuchses des Fertigrasens ist in der Variante, in der die im Gewächshaus aufgezogenen Kräuter sich befinden, höher. Es ist jedoch zu bedenken, dass es sich in beiden Fällen um Zukaufware handelt, deren Herstellung nicht nachvollziehbar ist.

Tabelle 5-4: BBCH nach H. HACK et al. (1992), Kräuter, 2. Schnitt, n=6

BBCH	Beifuß		Hornklee		Kleiner Wiesenknopf		Schafgarbe		Spitzwegerich		Fertigrasen	
	Fl.	Gh.	Fl.	Gh.	Fl.	Gh.	Fl.	Gh.	Fl.	Gh.	Fl.	Gh.
29	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
31	1	6	2	6	5	4	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
33	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
35	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	6	0	4	0	6
41	0	0	2	0	1	0	0	0	2	0	3	0
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0
49	0	0	0	0	0	0	6	0	4	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	0,020		0,139		0,415		0,001		0,012		0,027	
	Signifikanz Kruskal-Wallis-Test											

Legende:

- Fl. = Vorzuchtsort Freiland
 Gh. = Vorzuchtsort Gewächshaus

Unmittelbar vor dem zweiten Schnitt weisen die im Freiland vorgezogenen Kräuter wiederum höhere BBCH-Werte auf, als die, welche im Gewächshaus vorgezogenen worden sind. Der als Vergleich mit in den Versuch aufgenommene Fertigrasen erzielt hierbei Höchstwerte des BBCH mit 31 bis 51. Die höchsten BBCH-Werte im Bereich von 41 bis 49 erlangt Spitzwegerich. Nachfolgend kommen BBCH-Werte von Schafgarbe mit 49, Kleiner Wiesenknopf mit 31 bis 41 und Hornklee mit 31 bis 41 zustande. Der niedrigste BBCH-Wert wird von Beifuß mit 31 bis 35 gebildet.

Bei der Gewächshausvariante erzielt Spitzwegerich mit 40 bis 43 die höchsten BBCH-Werte. Weiterhin kommen BBCH-Werte von Schafgarbe mit 40, Fertigrasen mit 40, Kleiner Wiesenknopf mit 29 bis 32 und Hornklee mit 31 vor. Beifuß erreicht mit 31 den geringsten BBCH-Wert der Gewächshausvariante und des zweiten Schnittes.

Schafgarbe zeigt beim 2. Schnitt als einziges Kraut höchst signifikante Unterschiede mit einem p-Wert von 0,001 im Vorzuchtsort auf. Das Entwicklungsstadium ist bei dem

Oberbewuchs der im Freiland vorgezogenen Schafgarbesoden höher. Signifikante Unterschiede werden durch die p-Werte bei Spitzwegerich mit 0,012, Beifuß mit 0,020 und Fertigrasen mit 0,027 angezeigt. Die anderen Kräuter weisen hierbei keine signifikanten Unterschiede in ihrem Vorzuchtsort auf. So betragen die p-Werte bei Hornklee 0,139 und bei dem Kleinen Wiesenknopf 0,415. Es kann hierbei nicht eindeutig gesagt werden, welche Vorzuchts-variante höhere Entwicklungsstadien vorweisen kann. Die Kräuter Schafgarbe, Beifuß und Spitzwegerich zeigen in der Vorzuchtsvariante Freiland höhere Entwicklungsstadien.

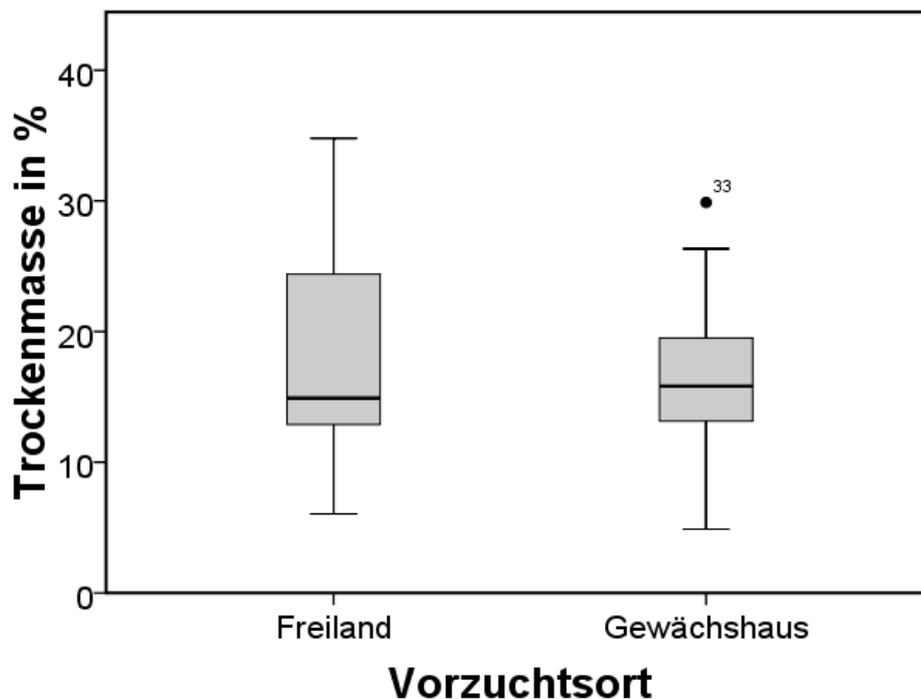


Abbildung 24: Trockenmasse in % des 1. Schnittes, Vergleich Vorzuchtsort

Die im Freiland aufgezogenen Soden weisen TM-Werte im Mittel von 17,66 % TM mit einer Standardabweichung von 8,2 % TM und daher höhere Werte auf. Einen Mittelwert von 15,73 % TM und eine Standardabweichung von 6,07 % TM können dagegen die im Gewächshaus vorgezogenen Soden aufweisen. Die Daten der Trockenmasse in Prozent werden anhand Abbildung 24 präsentiert.

Mit einem p-Wert von 0,260 sind keine signifikanten Unterschiede der Trockenmasse des Oberbewuchses in Abhängigkeit zum Aufzuchstort feststellbar.

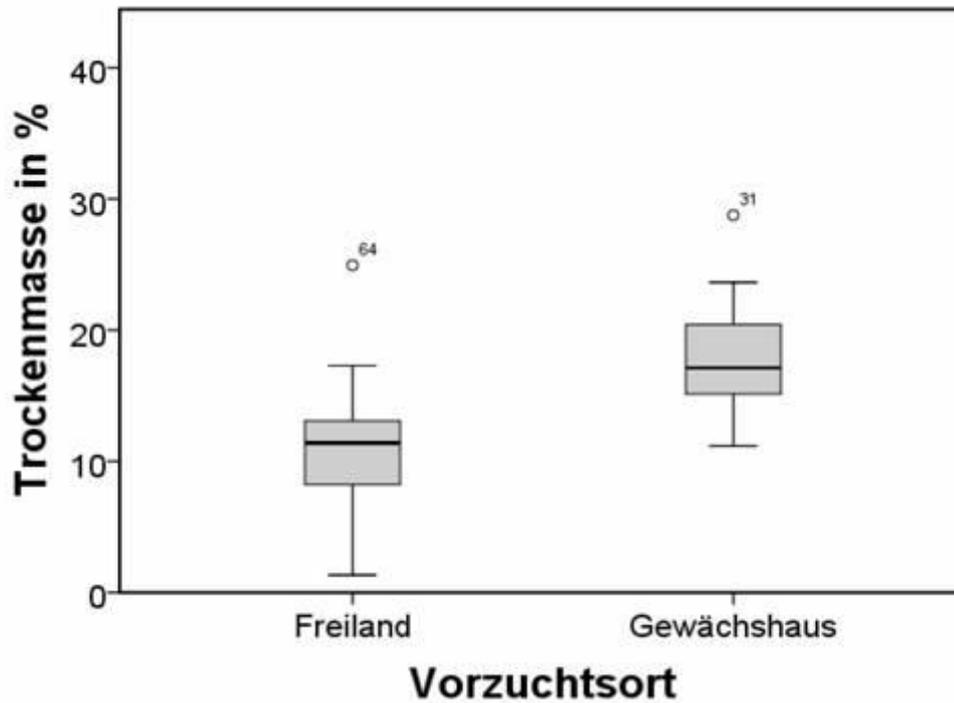


Abbildung 25: Trockenmasse in % des 2. Schnittes, Vergleich Vorzuchtsort

Abbildung 25 stellt eine Gegenüberstellung der gewonnenen Mittelwerte der TM dar. Hierbei werden alle Kräuter auf ihren Voranbauort verglichen. Der höchste Mittelwert der TM des Ertrages wird bei dem 2. Schnitt von der im Gewächshaus angezogenen Variante mit einem Wert von 17,65 % TM gebildet. Die Standardabweichung beträgt 3,87 % TM. Die Freilandsoden schneiden hier mit 11,40 % TM im Mittelwert ab, wobei hier die Standardabweichung 4,13 % TM beträgt.

Mit einem p-Wert von 0,000 sind beim 2. Schnitt der Kräutersoden höchst signifikante Unterschiede der TM der Kräuter zwischen den Aufzuchtorten feststellbar. Die gemessene Trockenmasse in % ist bei den Kräutern, welche im Gewächshaus vorgezogen wurden, insgesamt höher.

Ergebnisse

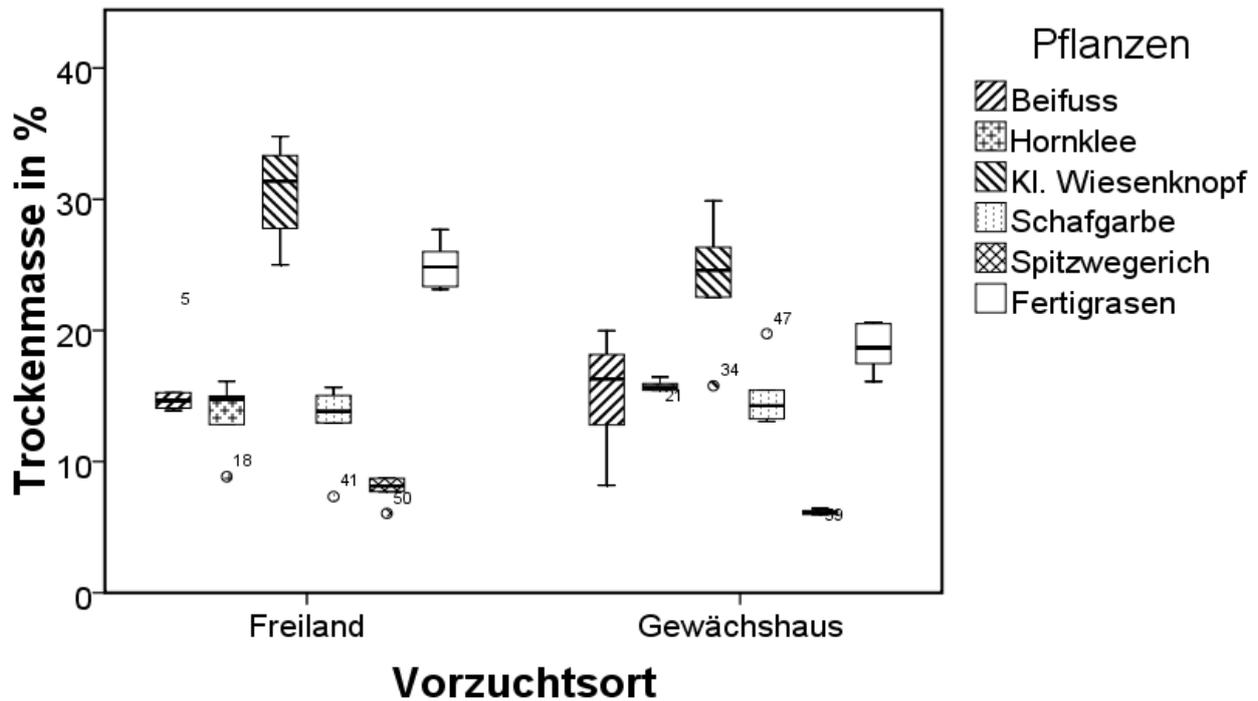


Abbildung 26: Trockenmasse in % des 1. Schnittes, nach Vorzuchtsort, Kraut, n=6

Bei dem ersten Schnitt, welcher unmittelbar vor dem Zugkraftversuch erfolgte, weisen die Freilandvarianten Kleiner Wiesenknopf mit 30,61 % TM und Fertigrasen mit 24,98 % TM, die höchsten Mittelwerte auf. Nachfolgend kommen Mittelwerte in der Freilandvariante bei Beifuß mit 15,66 % TM, Hornklee mit 13,72 % TM und Schafgarbe mit 13,11 % TM zustande. Spitzwegerich stellt hierbei den niedrigsten Mittelwert mit 7,92 % TM dar.

Der Kleine Wiesenknopf weist mit 23,95 % TM den höchsten Mittelwert innerhalb der im Gewächshaus vorgezogenen Pflanzen auf. Nachfolgende Mittelwerte werden von Fertigrasen (Rollrasen) mit 18,68 % TM, Hornklee 15,51 % TM, Beifuß 15,28 % TM und Schafgarbe mit 15,00 % TM gebildet. Den geringsten Mittelwert in der Gewächshausvariante weist hingegen Spitzwegerich mit 5,96 % TM auf.

Der p-Wert beträgt bei dem Kleinen Wiesenknopf 0,023. Die Unterschiede der Höhe der TM zwischen der Freiland- und der Gewächshausvariante sind signifikant. Die p-Werte betragen bei Hornklee 0,142, Schafgarbe 0,268 und Beifuß 0,861. Hierbei sind keine signifikanten Unterschiede der Höhe der TM in % zwischen den Aufzuchtort-Varianten feststellbar. Höchste signifikante Unterschiede der TM-Werte in % in Bezug auf den Aufzuchtort lassen sich bei Fertigrasen mit einem p-Wert von 0,000 und Spitzwegerich mit einem p-Wert von 0,002 feststellen. Spitzwegerich und Fertigrasen weisen in der Freilandvariante

höherer TM-Werte auf. Es muss jedoch bedacht werden, dass der Fertigrasen Zukaufware ist und deren Herkunft nicht nachvollziehbar ist.

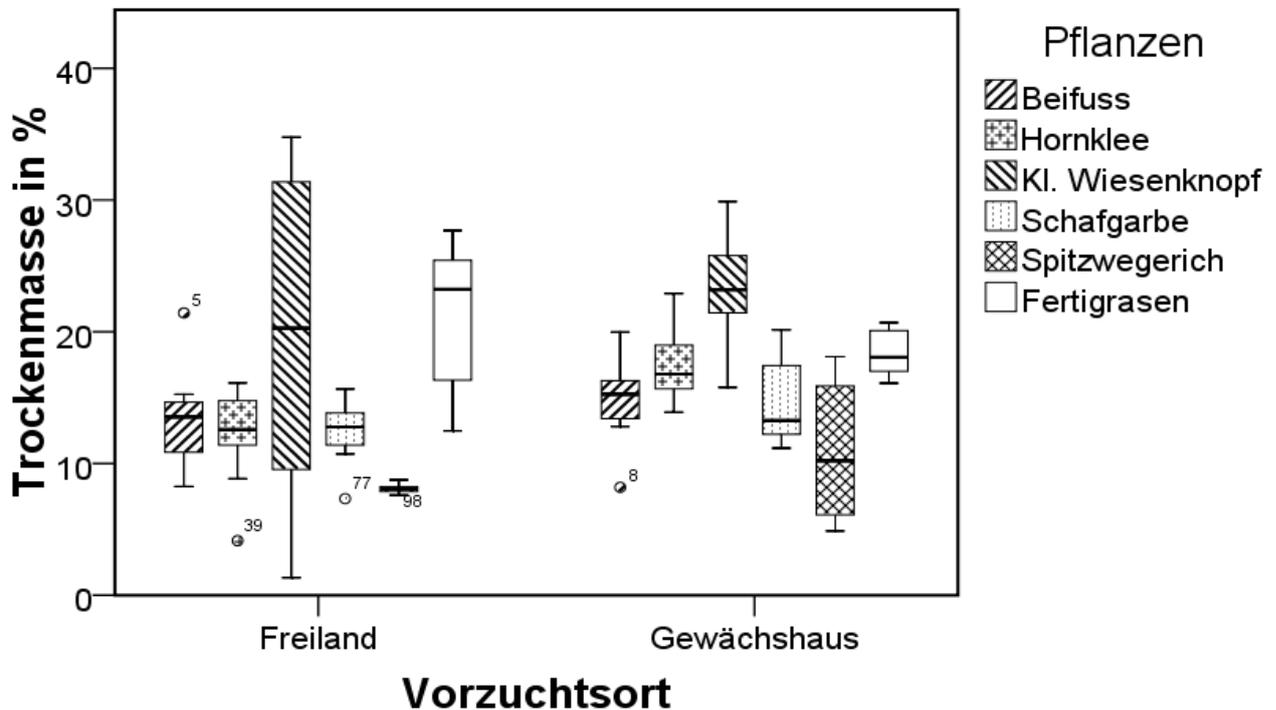


Abbildung 27: Trockenmasse in % des 2. Schnittes, nach Vorzuchtsort, Kraut, n=6

Der zweite Schnitt der Pflanzen zeigt generell leicht gesunkene Mittelwerte an TM auf.

Alle Kräuter, welche im Gewächshaus vorgezogen wurden, zeigen höhere Mittelwerte in der TM als die, welche im Freiland vorgezogen wurden. Der höchste Mittelwert in der Gewächshausvariante wird von dem Kleinen Wiesenknopf mit 23,12 % TM gebildet. Den niedrigsten Mittelwert der Gewächshausvariante weist Beifuß mit 14,48 % TM auf.

Bei den Freilandvarianten stellt Fertigrasen (Rollrasen) mit 17,23 % im Mittel den höchsten Wert dar. Nachfolgend kommen Schafgarbe mit 11,79 %, Beifuß mit 11,04 % und Hornklee mit 10,86 % TM im Mittel. Der Kleine Wiesenknopf bildet einen Mittelwert von 9,45 % TM. Den niedrigsten Mittelwert der Trockenmasse weist der im Freiland vorgezogene Spitzwegerich mit 8,01 % auf.

Die p-Werte betragen bei der Schafgarbe 0,146 und bei dem Fertigrasen (Rollrasen) 0,604 und weisen darauf hin, dass hierbei keine signifikant unterschiedlich hohen TM-Werte

zwischen den Vorzuchtvarianten vorliegen. Einen p-Wert von 0,000 weisen dagegen Hornklee, Kleiner Wiesenknopf und Spitzwegerich auf, sowie Beifuß einen p-Wert von 0,002. Es werden somit höchst signifikante Unterschiede der Höhe der TM in % angezeigt. Die eben genannten Pflanzen weisen alle höhere TM-Werte bei der Gewächshausvariante auf.

5.2.2 Anwurzelung

In Abbildung 28 werden die Ergebnisse des Entwurzelwiderstandes der Soden dargestellt. Die Kraft, die benötigt wird, um eine angewachsene Sode aus dem Substrat zu ziehen, wird in der Maßeinheit Newton (N) wiedergegeben.

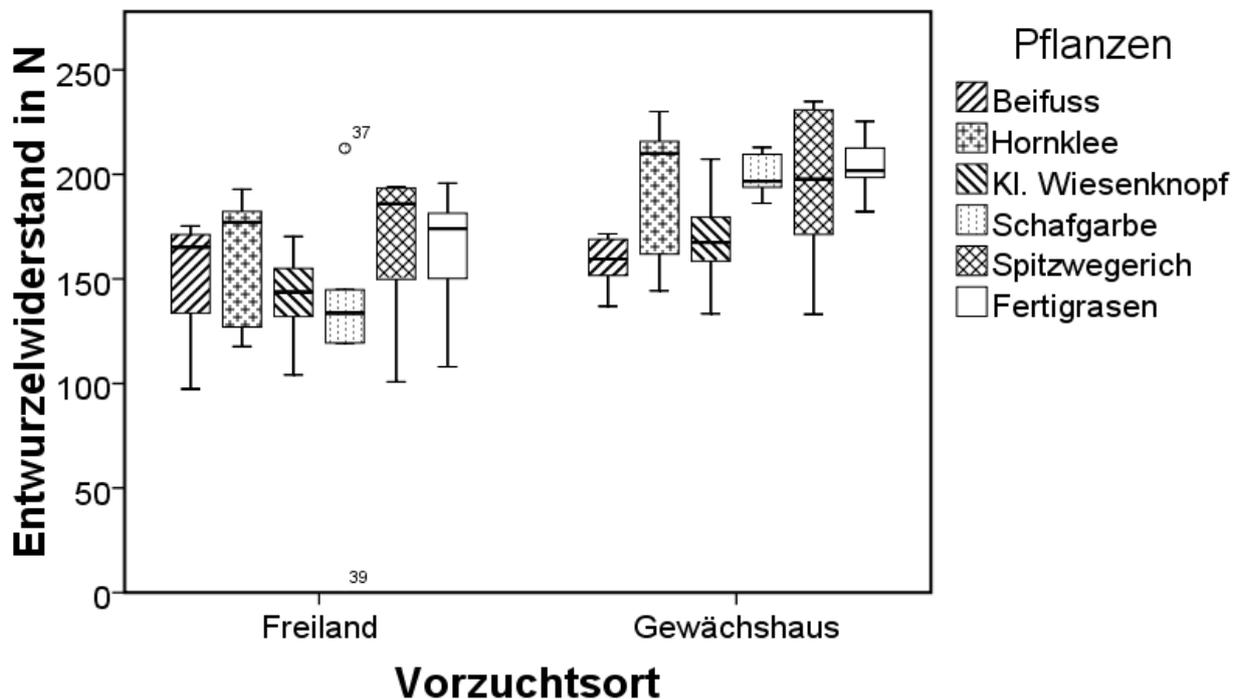


Abbildung 28: Entwurzelwiderstand in Newton (N) der Kräutersoden, Vergleich Ort, n=6

Der höchste Wert wird hierbei von Fertigrasen (Rollrasen) mit 203,71 N im Mittelwert angezeigt, welcher für Vergleichszwecke im Versuch diente. Hohe Mittelwerte im Bereich von 190 bis 200 N weisen auch Spitzwegerich (194,27 N), Hornklee (195,34 N) und Schafgarbe mit 199,33 N in den jeweiligen Gewächshausvarianten auf. Der niedrigste Mittelwert der Gewächshausvarianten befindet sich bei 158,01 N bei Beifuß.

Geringere Mittelwerte an N weisen generell die Freilandvarianten auf. Hier hat Spitzwegerich im Mittel von 168,28 N den höchsten Wert. Nachfolgend kommen Rollrasen mit 163,91 N und knapp folgend Hornklee mit 162,32 N Mittelwerten zustande. Beifuß weist mit 151,31 N und Kleiner Wiesenknopf mit 141,45 N die nachfolgenden Werte auf. Den geringsten Mittelwert weist Schafgarbe mit 124,07 N auf.

Die p-Werte betragen bei Fertigrasen 0,018, bei Schafgarbe 0,024. Die Unterschiede der gemessenen Werte zwischen den Varianten des Vorzuchtortes sind als signifikant zu bewerten. Es ist zu beachten, dass der Fertigrasen Zukaufware darstellt, deren Hersteller und Herstellungsort unbekannt sind. Die p-Werte werden bei dem Kleinen Wiesenknopf mit 0,069, Hornklee mit 0,114, Spitzwegerich mit 0,258 und Beifuß mit 0,630 angezeigt. Es bestehen keine signifikanten Unterschiede des Wurzelwiderstandes in Bezug auf den Vorzuchtsort.

5.3 Versuch Untergräser zur Stabilisierung von Kräutersoden

Die Ergebnisse des Versuches der Kräuter im kombinierten Anbau mit Gräsern unterteilen sich in BBCH-Beurteilungen nach H. HACK et al. (1992) und in Messungen der Trockenmasse der einzelnen Pflanzengruppen.

5.3.1 Beurteilungen des BBCH nach H. HACK et. al. (1992)

Tabelle 5-5 zeigt die Entwicklungsstadien von Kräutern und Gräsern im kombinierten Anbau auf.

Tabelle 5-5: BBCH nach H. HACK et al. (1992) Vergleich der Entwicklungsstadien zwischen Kräutern n=849 und Gräsern n=75

BBCH	Art		Anzahl	Signifikanz Kruskal-Wallis-Test
	Kräuter	Gräser		
10	11	0	0,000	Signifikanz Kruskal-Wallis-Test
11	29	0		
12	25	0		
13	33	0		
19	70	0		
21	61	0		
22	44	0		
23	98	0		
29	145	0		
30	6	0		
31	129	0		
32	59	0		
33	95	0		
39	43	0		
43	0	5		
45	0	16		
47	0	34		
49	0	20		
51	1	8		
55	0	1		

Anhand der Tabelle 5-5 wird deutlich, dass die Gräser höhere Entwicklungsstadien vorweisen können als die Kräuter. Die Gräser zeigen BBCH-Werte in einer Spanne von 43 bis 55 auf. Schwerpunkte werden hierbei bei BBCH 47 mit 34 Stück gebildet.

Die BBCH-Werte der Kräuter befinden sich dagegen in einem Bereich von 10 bis 51. Hierbei können Konzentrationen bei BBCH 29 mit 145 Stück und bei BBCH 31 mit 129 Stück vorgewiesen werden.

Ergebnisse

Der p-Wert befindet sich bei 0,000, was auf signifikante Unterschiede der gewonnenen BBCH-Werte des Entwicklungsstadiums nach ca. neunmonatiger Wuchszeit zwischen Kräutern und Gräsern hinweist. Die Gräser weisen ein höheres Entwicklungsstadium als die Kräuter auf.

Tabelle 5-6: BBCH nach H. HACK et al. (1992), Kräuter bei den einzelnen Gräsergruppen, n=96

BBCH	Bm	Ao	Lp	0	Frr	Fn	Pp	Cc	
10	0	7	4	0	0	0	0	0	0,000 Signifikanz Kruskal-Wallis-Test
11	0	2	11	0	5	1	0	10	
12	0	11	4	0	3	0	2	5	
13	0	12	7	0	6	3	1	4	
19	0	16	30	0	17	0	3	4	
21	24	7	9	0	3	11	5	2	
22	12	12	8	0	0	8	4	0	
23	17	12	11	19	12	10	3	14	
29	16	14	25	1	8	25	25	31	
30	0	0	0	6	0	0	0	0	
31	24	7	3	12	14	24	33	12	
32	11	1	0	19	11	5	4	8	
33	8	0	0	48	12	10	12	5	
39	2	0	0	0	18	12	6	5	
51	0	0	0	1	0	0	0	0	

Legende:

- 0 = 0-Probe
- Ao = *Anthoxanthum odoratum* L. (Ruchgras)
- Bm = *Briza media* L. (Zittergras)
- Cc = *Cynosurus cristatus* L. (Wiesen-Kammgras)
- Fn = *Festuca nigrescens* L. (Horstrotschwingel)
- Frr = *Festuca rubra rubra* L. (Ausläufer-Rotschwingel)
- Pp = *Poa pratensis* L. (Wiesen-Rispengras)

Aus der Tabelle 5-6 wird sichtbar, dass die höchsten BBCH-Werte bei der 0-Probe in der Spanne von 23 bis 51 vorgefunden werden können. Eine Konzentration liegt bei BBCH 33 mit einer Anzahl von 48 Stück vor. Der höchste BBCH-Wert in Kombination mit einer Grasart kann bei *Festuca rubra rubra* L. (Rotschwingel) im Bereich von 11 bis 39 festgestellt werden. Es folgen die Kombinationen mit Gräsern und BBCH-Werten wie *Festuca nigrescens* L. (Horstrotschwingel) von 11 bis 39, *Briza media* L. (Zittergras) von 21 bis 39, *Poa pratensis* L. (Wiesen-Rispengras) von 12 bis 39, *Cynosurus cristatus* L. (Wiesen-

kammgras) von 11 bis 39 und *Anthoxanthum odoratum* L. (Ruchgras) von 10 bis 32. In Kombination mit *Lolium perenne* L. (Deutsches Weidelgras) werden die niedrigsten BBCH-Werte im Bereich von 10 bis 31 aufgezeigt. Bei BBCH 29 werden mit 25 Stück konzentriert Kräuter gezählt.

Betrachtet man den p-Wert von 0,000, wird deutlich, dass höchst signifikante Unterschiede der Entwicklungsstadien der Kräuter innerhalb verschiedener Anbaukombinationen bestehen. Das höchste Entwicklungsstadium wird zwar von *Festuca rubra rubra* L. mit einer Anzahl von 18 Kräutern bei BBCH 39 erreicht, jedoch ist die Konzentration der Kräuter in der 0-Probe mit einer Anzahl von 48 bei BBCH 33 höher zu bewerten.

5.3.2 BBCH nach H. HACK et. al. (1992) einzelne Kräuterarten in einzelnen Gräsergruppen

Unterschiedlich hohe BBCH-Werte werden innerhalb der verschiedenen Kräuter in Kombinationen mit den Grasarten deutlich sichtbar. Siehe Anhang Tabelle 10-26 BBCH nach H. HACK et. al. (1992) einzelne Kräuterarten in einzelnen Gräsergruppen.

So weist Spitzwegerich als Kraut die höchsten BBCH-Werte innerhalb der Kräuter dieses Versuches auf. Seine höchsten BBCH-Werte werden innerhalb der 0-Probe mit 31 bis 51 gebildet. Anschließend folgen BBCH-Werte von Spitzwegerich in Kombination mit *Festuca rubra rubra* L. (Rotschwengel) mit 32 bis 39, *Cynosurus cristatus* L. (Wiesenkammgras) mit 31 bis 39, *Festuca nigrescens* L. (Horstrotschwengel) mit 31 bis 39, *Poa pratensis* L. (Wiesen-Rispengras) mit 31 bis 39, *Briza media* L. (Zittergras) mit 31 bis 33 und *Anthoxanthum odoratum* L. (Ruchgras) mit 23 bis 32. Der niedrigste BBCH-Wert von Spitzwegerich kommt in Kombination mit *Lolium perenne* L. (Deutsches Weidelgras) mit 22 bis 31 zustande.

Die Schafgarbe erreicht ebenfalls relativ hoch angesiedelte BBCH-Werte. So wird der höchste BBCH-Wert hierbei in Kombination mit dem Gras *Festuca rubra rubra* L. mit 33 bis 39 ermittelt. Nachfolgend werden BBCH-Werte bei *Festuca nigrescens* L. mit 31 bis 39, 0-Probe mit 32 bis 33, *Poa pratensis* L. mit 29 bis 39, *Briza media* L. mit 29 bis 39, *Cynosurus cristatus* L. mit 23 bis 33, *Anthoxanthum odoratum* L. mit 19 bis 31, und *Lolium perenne* L. mit 11 bis 31 erreicht.

Der Hornklee kann die höchsten BBCH-Werte innerhalb der 0-Probe mit 23 bis 33 verzeichnen. In Kombination mit Gräsern wird der höchste BBCH-Wert bei *Festuca rubra rubra* L. mit 19 bis 31 erreicht. Weiterhin folgen BBCH-Werte bei Kombination mit den Gräsern *Briza media* L. mit 21 bis 29, bei *Festuca nigrescens* L. mit 13 bis 29, bei *Cynosurus cristatus* L. mit 11 bis 29, bei *Anthoxanthum odoratum* L. mit 13 bis 23, und bei *Lolium perenne* L. mit 13 bis 22. Seinen niedrigsten BBCH-Wert zeigt Hornklee in Kombination mit *Poa pratensis* L. mit 12 bis 13 auf.

Die höchsten BBCH-Werte werden bei Wiesensalbei in der grasfreien 0-Probe mit 31 bis 33 festgestellt. In Kombination mit Gräsern kann Wiesensalbei mit *Festuca rubra rubra* L. mit 31 bis 33 die höchsten BBCH-Werte erzielen. Es folgen weitere BBCH-Werte von *Poa pratensis* L. mit 21 bis 32, *Briza media* L. mit 21 bis 31, *Cynosurus cristatus* L. mit 23 bis 31, *Festuca nigrescens* L. mit 21 bis 31 und *Anthoxanthum odoratum* L. mit 12 bis 21. Der kombinierte Anbau von Wiesensalbei und *Lolium perenne* L. bringt die niedrigsten BBCH-Werte innerhalb dieser Krautvariante mit 11 bis 21 hervor.

Der Kleine Wiesenknopf weist bei der 0-Probe mit BBCH 32 bis 33 die höchsten Werte auf. In Kombination mit einem Gras werden bei *Cynosurus cristatus* L. mit 23 bis 33 die höchsten BBCH-Werte erreicht. Anschließend folgen BBCH-Werte des Kleinen Wiesenknopfes in Kombination mit *Festuca rubra rubra* L. mit 29 bis 32, *Festuca nigrescens* L. mit 21 bis 32, *Briza media* L. mit 21 bis 31, *Poa pratensis* L. mit 12 bis 31 und *Anthoxanthum odoratum* L. mit 12 bis 29. In Kombination mit *Lolium perenne* L. werden die niedrigsten BBCH-Werte von dem Kleinen Wiesenknopf mit 12 bis 23 aufgezeigt.

Die höchsten BBCH-Werte können in diesem Versuch bei Zichorie bei der 0-Probe mit 30 bis 33 erzielt werden. Es folgen bei der Zichorie die Varianten mit den BBCH-Werten *Festuca nigrescens* L. mit 29 bis 33, *Poa pratensis* L. mit 19 bis 31, *Briza media* L. mit 21 bis 31, *Cynosurus cristatus* L. mit 13 bis 29, *Festuca rubra rubra* L. mit 13 bis 19 und *Lolium perenne* L. mit 13 bis 19. Der niedrigste BBCH-Wert von Zichorie wird bei *Anthoxanthum odoratum* L. mit 11 bis 19 gebildet.

Beifuß weist die höchsten BBCH-Werte in einer Spanne zwischen 23 bis 31 bei *Briza media* L. auf. Anschließend können BBCH-Werte in Spannen von 13 bis 29 bei *Anthoxanthum odoratum* L., mit 22 bis 31 bei *Lolium perenne* L., mit 23 bis 31 bei der 0-Probe, 19 bis 31 bei *Festuca rubra rubra* L., 29 bis 31 bei *Festuca nigrescens* L. und mit 29 bis 31 bei *Poa*

Ergebnisse

pratensis L. Die niedrigsten BBCH-Werte von der Zichorie, welche sich zwischen 13 bis 31 befinden, werden in Kombination mit *Cynosurus cristatus* L. aufgezeigt.

Der Eibisch erzielt seine höchsten BBCH-Werte in Kombination mit *Poa pratensis* L. mit 19 bis 31. Dann folgen BBCH-Werte bei den Kombinationen mit *Festuca nigrescens* L. mit 21 bis 29, *Cynosurus cristatus* L. mit 11 bis 29, 0-Probe mit 23, *Briza media* L. mit 21 bis 23, *Festuca rubra rubra* L. mit 11 bis 21 und *Lolium perenne* L. mit 10 bis 19. Der niedrigste BBCH-Wert wird von Eibisch bei *Anthoxanthum odoratum* L. mit 10 bis 12 gewonnen.

Bei der Kleinen Bibernelle mussten generell hohe Ausfälle in diesem Versuch verzeichnet werden. Teilweise kamen bei einzelnen Kombinationsvarianten mit Gräsern sowie auch bei der 0-Probe nur zwei Messwerte zustande. Die Ergebnisse müssen daher als nicht repräsentativ betrachtet werden. Die 0-Probe weist mit nur zwei Pflanzen einen BBCH-Wert von 23 als Höchstwert auf. Anschließend kommen BBCH-Werte von *Briza media* L. 21 bis 23, *Festuca nigrescens* L. 11 bis 23, *Lolium perenne* L. 11 bis 13, *Festuca rubra rubra* L. 11 bis 13 und *Cynosurus cristatus* L. mit 11 zustande. Bei den Kombinationen mit *Poa pratensis* L. und *Anthoxanthum odoratum* L. liegen keine BBCH-Werte vor.

Beifuß und die Kleine Bibernelle zeigen p-Werte von 0,272 und 0,592 auf. Durch die Ausfälle der Kräuter sind demzufolge keine signifikanten Unterschiede des Entwicklungsstadiums im kombinierten Anbau mit den einzelnen Gräsern zu erkennen. Einen p-Wert weisen die Kräuter Kleiner Wiesenknopf mit 0,024 und Schafgarbe mit 0,048 auf. Es sind daher signifikante Unterschiede der Entwicklungsstadien innerhalb der Gräsergruppen und der 0-Probe vorhanden. Die Kräuter Hornklee, Wiesensalbei, Spitzwegerich und Zichorie weisen einen p-Wert von 0,000, sowie Eibisch einen p-Wert 0,003 auf. Dies besagt, dass höchst signifikante Unterschiede des Entwicklungsstadiums innerhalb der einzelnen Varianten vorherrschen. Die höchsten Entwicklungsstadien können bei Kräutern, die in der 0-Variante angebaut wurden, verzeichnet werden.

5.3.3 Ergebnisse zur Messung der Trockenmasse

Abbildung 29 zeigt das Verhältnis der Mittelwerte der Trockenmasse in Prozent des Oberbewuchses von den angebauten Gräsern und Kräutern, pro Messpunkt.

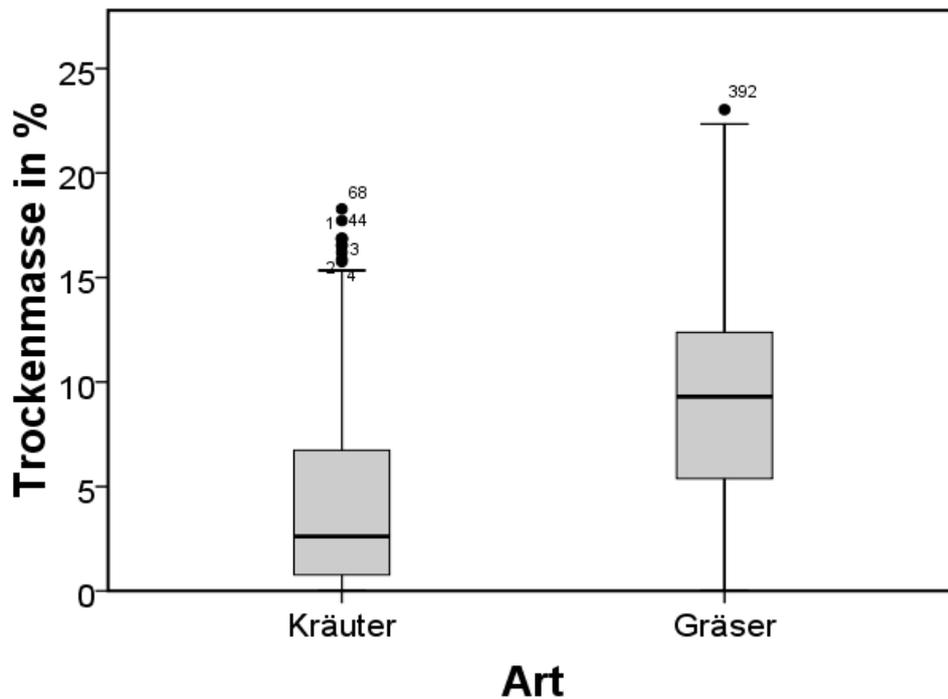


Abbildung 29: Trockenmasse in % von Kräutern und Gräsern, Versuch Untergräser, ohne 0-Probe, n=378

Den höheren Mittelwert bilden nach neun Monaten bei der Datenerhebung die Gruppe der Gräser mit 9,00 % TM. Rund die Hälfte dieses Wertes zeigt der Mittelwert der TM der Kräuter mit 4,32 % an. Die Vergleichsprobe ist hierbei ausgenommen.

Der p-Wert beträgt 0,000, so dass die Unterschiede der gemessenen Trockenmasse in % höchst signifikant sind. Die Gräser weisen insgesamt höhere TM-Werte auf als die Kräuter.

Ergebnisse

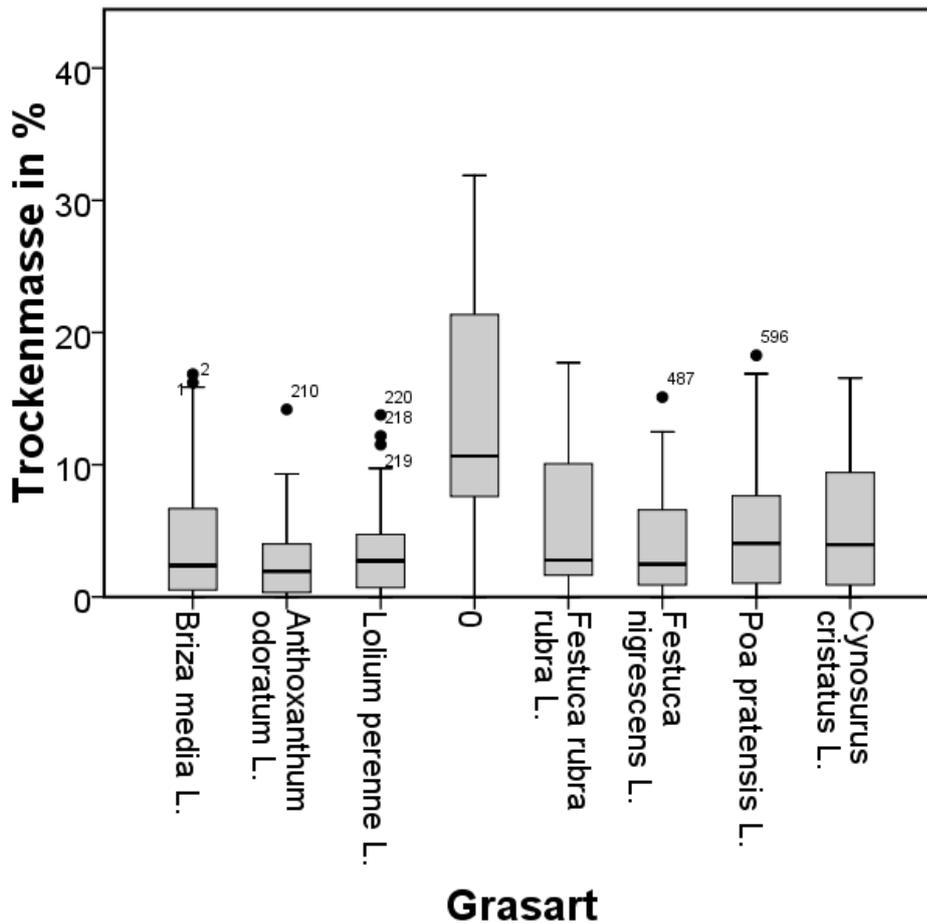


Abbildung 30: Trockenmasse der Kräuter in % in einzelnen Gräsergruppen, n=54

Der höchste Mittelwert in Prozent TM der Kräuter wird bei der Nullprobe mit 13,03 % erreicht. Innerhalb der Kräuter, welche einen mit den Gräsern kombinierten Anbau aufweisen, stellen die Mittelwerte an TM der Kräuter mit 5,41 % bei *Festuca rubra rubra* L. (Rotschwingel) die höchsten dar. 5,09 % Bei *Cynosurus cristatus* L. (Wiesenkammgras) wurden 5,09 % TM im Mittel und bei *Poa pratensis* 4,96 % TM im Mittel gemessen. Nachfolgend weisen *Briza media* L. (Zittergras) 4,49 % TM im Mittel und *Festuca nigrescens* L. (Horstrotschwingel) 4,01 % im Mittel auf. *Anthoxanthum odoratum* L. (Ruchgras) stellt mit 2,72 % TM im Mittel den geringsten Wert dar. Nachfolgend weist das starkwüchsige Gras *Lolium perenne* L. (Deutsches Weidelgras) mit 3,57 % TM den zweitgeringsten Mittelwert auf.

Der p-Wert beträgt 0,000 und somit herrschen höchst signifikante Unterschiede der TM zwischen dem kombinierten Anbau der Kräuter mit Gräsern und der 0-Probe vor. Die 0-Probe, ohne kombinierten Anbau, weist hierbei den höchsten Wert der TM in% auf.

In den Abbildungen 32-40 (siehe Anhang) werden die einzelnen Mittelwerte der Kräuterarten mit der Saatmischung der jeweiligen Grasarten in Form von Boxplots dargestellt. Zum Vergleich erfolgte der Anbau einer 0-Probe ohne jegliche Grasmischung.

Der Höchstmittelwert von Beifuß wird in den 0-Proben mit 27,58 % TM erreicht. Bei der Mischung mit *Briza media* L. (Zittergras) wird der Höchstmittelwert von 14,55 % TM in Kombination mit einer Grasart erreicht. Weiterhin werden TM-Mittelwerte von *Poa pratensis* L. (Wiesen-Rispengras) mit 13,83 %, *Cynosurus cristatus* L. (Wiesenkammgras) mit 12,56 %, *Festuca rubra rubra* L. (Rotschwingel) mit 11,08 %, *Lolium perenne* L. (Deutsches Weidelgras) mit 10,88 %, und *Festuca nigrescens* L. (Horstrotschwingel) mit 10,64 % erzielt. Niedrigster Mittelwert der TM bei Beifuß zeigt die Mischung mit *Anthoxanthum odoratum* L. (Ruchgras) mit 7,45 % an.

Spitzwegerich weist bei der 0-Probe mit 23,34 % TM den höchsten Mittelwert auf. In Kombination mit *Festuca rubra rubra* L. mit einem Mittelwert von 11,65 % TM wird der höchste Mittelwert bei der Gräsermischung erzielt. Desweiteren folgen *Briza media* L. mit 10,66 %, *Cynosurus cristatus* L. mit 10,45 %, *Poa pratensis* L. mit 9,35 %, *Festuca nigrescens* L. mit 8,98 % und *Anthoxanthum odoratum* L. mit 6,68 % im Mittel der TM. *Lolium perenne* L. weist den geringsten Mittelwert von 6,32 % TM bei Spitzwegerich auf.

Bei Schafgarbe wird als einzigem Kraut der Höchstmittelwert an TM mit einer Grasmischung erreicht. Hier ist es *Festuca rubra rubra* L. mit einem Mittelwert von 10,19 % TM. Nachfolgend wurden Mittelwerte an TM bei der 0-Probe mit 8,28 %, *Cynosurus cristatus* L. mit 7,98 %, *Poa pratensis* L. mit 7,64 %, *Festuca nigrescens* L. mit 6,52 %, *Briza media* L. mit 4,45 % und *Lolium Perenne* L. mit 2,91 % ermittelt. Bei dem kombinierten Anbau mit *Anthoxanthum odoratum* L. kommt der geringste Mittelwert der TM mit 2,45 % zustande.

Die Zichorie weist in ihrer 0-Probe mit 14,55 % TM den höchsten Mittelwert auf. Anschließend folgt die Kombination mit *Cynosurus cristatus* L. mit einem Mittelwert von 6,55 % TM als höchstem Wert bei kombiniertem Anbau. Nachfolgend werden Mittelwerte von *Poa pratensis* L. mit 5,43 %, *Briza media* L. mit 3,12 %, *Festuca rubra rubra* L. mit 3,05 %, *Lolium perenne* L. mit 2,71 % und *Festuca nigrescens* L. mit 2,40 % TM genannt. In Kombination mit *Anthoxanthum odoratum* L. erzielt die Zichorie den geringsten Mittelwert mit 1,14 % TM.

Auch bei Wiesensalbei wird wiederum der höchste Mittelwert bei der 0-Probe mit 12,65 % TM erzielt. Der höchste Mittelwert an TM bei Anbau mit einer Grasart kann in Kombination mit *Festuca rubra rubra* L. mit 7,79 % genannt werden. Weiterhin folgen *Cynosurus cristatus* L. mit 3,95 %, *Poa pratensis* L. mit 3,76 %, *Briza media* L. mit 2,79 %, *Festuca nigrescens* L. mit 2,73 % und *Anthoxanthum odoratum* L. mit 2,34 % TM im Mittel. *Lolium Perenne* L. stellt mit 2,20 % TM den niedrigsten Mittelwert von Wiesensalbei in Kombination mit Gräsern dar.

Der Eibisch erzielt bei der 0-Probe mit 14,79 % TM seinen höchsten Mittelwert. Mit *Lolium perenne* L. wird mit 4,19 % der höchste Mittelwert bei gemeinsamem Anbau mit Gräsern erreicht. Die Mischungen mit *Briza media* L. mit 2,73 %, *Festuca nigrescens* L. mit 2,69 %, *Cynosurus cristatus* L. mit 2,18 %, *Festuca rubra rubra* L. mit 2,14 % und *Poa pratensis* L. mit 1,79 % folgen mit ihren Mittelwerten an TM. Mit 1,70 % TM wird in Kombination mit *Anthoxanthum odoratum* L. der niedrigste Mittelwert an TM bei Eibisch erzielt.

Die Pflanze Kleiner Wiesenknopf weist bei der 0-Probe mit 6,73 % TM den höchsten Mittelwert innerhalb ihrer Art auf. In der Mischung mit *Anthoxanthum odoratum* L. werden mit 2,49 % TM im Mittel als höchster Wert im kombinierten Anbau erreicht. Es folgen Mittelwerte der TM von *Poa pratensis* L. mit 2,40 %, *Lolium Perenne* L. mit 2,13 %, *Festuca nigrescens* L. mit 1,52 %, *Cynosurus cristatus* L. mit 1,35 % und *Briza media* L. mit 1,34 %. Kleiner Wiesenknopf in Kombination mit *Festuca rubra rubra* L. weist einen TM-Wert im Mittel von 0,99 % auf.

Hornklee erreicht bei der 0-Probe seinen höchsten Mittelwert von 8,54 % TM. Bei der Mischung mit *Festuca rubra rubra* L. werden die höchsten Mittelwerte von 1,74 % TM in Kombination mit den Gräsern erzielt. Anschließend weisen *Cynosurus cristatus* L. mit 0,81 %, *Lolium perenne* L. mit 0,77 %, *Briza media* L. mit 0,53 %, *Festuca nigrescens* L. mit 0,39 % und *Poa pratensis* L. mit 0,36 % TM-Werte im Mittel auf. Der geringste Mittelwert an TM wird von *Anthoxanthum odoratum* L. mit 0,25 % erreicht.

Die geringsten Mittelwerte im Versuch verzeichnet Kleine Bibernelle. Der höchste Mittelwert an TM wird bei der 0-Probe mit 0,83 % erreicht. Bei der Saatmischung mit den Gräsern erzielt die Variante mit *Festuca nigrescens* L. mit 0,26 % TM den höchsten Mittelwert. Weiterhin folgen Mittelwerte von *Briza media* L. mit 0,18 %, *Poa pratensis* L. mit 0,06 %, *Festuca rubra rubra* L. mit 0,05 % und *Lolium perenne* L. mit 0,03 % TM. Der kombinierte Anbau mit

Cynosurus cristatus L. erzielt mit 0,01 % TM den geringsten Mittelwert der Bibernelle und des gesamten Versuches. Kein messbarer Mittelwert kommt bei *Anthoxanthum odoratum* L. zustande.

Alle Kräuter, bis auf die Kleine Bibernelle, weisen p-Werte von 0,000 auf. Dies besagt, dass höchst signifikante Unterschiede der TM in % innerhalb einer Kräuterart in Kombination der Anbauvarianten vorherrschen. Die Kleine Bibernelle kommt als einziges Kraut auf einen p-Wert von 0,534 und weist somit keine signifikanten Unterschiede der TM in % in verschiedenen Anbauvarianten auf. Fast alle Kräuter, welche in der Variante 0 angebaut wurden, weisen höhere TM-Werte in % auf, als Kräuter im kombinierten Anbau mit Gräsern.

5.4 Versuch Gewebe zur Stabilisierung von Kräutersoden

Die Ergebnisse aus den Versuchen zur Stabilisierung von Kräutersoden werden in diesem Abschnitt wiedergegeben.

5.4.1 Erhaltungszustand der Gewebe

Tabelle 5-7 zeigt den Erhaltungszustand der Gewebe an. Die hier dargestellten Daten wurden rein ordinal durch Sichtbeurteilung aufgenommen.

Tabelle 5-7: Erhaltungszustand der Gewebe, n=72

Gewebe	Zustand				Signifikanz Kruskal- Wallis-Test
	Gewebe vollkommen verrottet	Gewebe zerstört, aber noch teilweise vorhanden	Gewebe erhalten	Gewebe vollkommen erhalten	
	Anzahl				
Baumwolle	0	65	7	0	0,000
Kokosfaser	0	0	34	38	
Jute, fein- maschig	18	54	0	0	
Jute, grob- maschig	0	65	7	0	

Die Kokosfaser weist als einziges im Versuch verwendetes Gewebe mit 38 Stichproben den Zustand „Gewebe vollkommen erhalten“ auf. Bei dem Zustand „Gewebe erhalten“ kommt

die Kokosfaser auf 34, Baumwolle und Jute grobmaschig auf jeweils 7 Stichproben. Bei dem Zustand „Gewebe zerstört, aber noch teilweise vorhanden“ werden bei Baumwolle und bei Jute (grobmaschig) 65 Stichproben festgestellt. Weiterhin kommen noch 54 Stichproben vom Material Jute (feinmaschig) auf den vorher genannten Zustand. Der Erhaltungszustand „Gewebe vollkommen verrottet“ wird nur vom Material Jute (feinmaschig) mit 18 Stichproben beansprucht.

Der p-Wert von 0,000 weist darauf hin dass zwischen den einzelnen Geweben die Unterschiede des Erhaltungszustandes höchst signifikant zu bewerten sind. Das Kokosfasergewebe weist optisch die besten Werte des Erhaltungszustandes nach der Behandlung auf, während die feinmaschige Jute, bedingt durch eine teilweise vollkommene Verrottung, die schlechtesten Erhaltungszustände anzeigt.

5.4.2 Reißfestigkeit der Gewebe

Abbildung 31 zeigt die Reißfestigkeit der Gewebe mit den Zeitpunkten 1 (vor Versuchsanlage) und 2 (nach der Versuchsanlage) in N an.

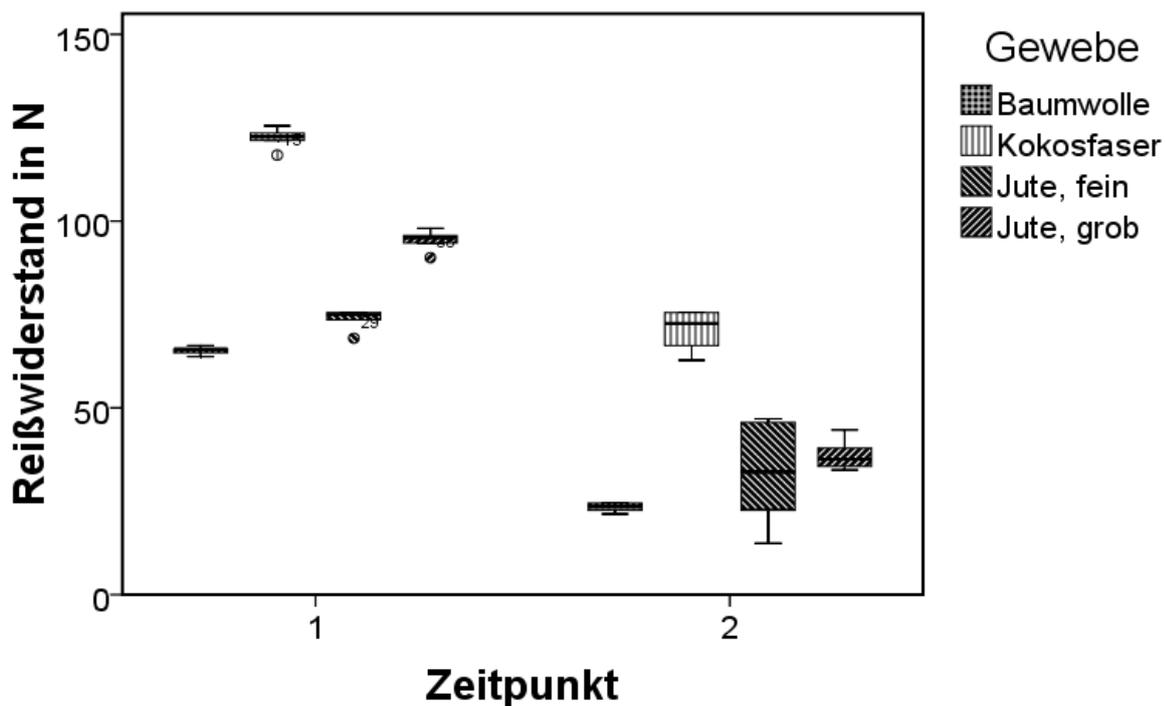


Abbildung 31: Reißfestigkeit der Gewebe in Newton (N), Vergleich Substratbehandlung n=6

Die Reißfestigkeit der Kokosfaser ist mit 122,6 N ohne Substratbehandlung und mit 70,94 N nach abgeschlossener Substratbehandlung am höchsten zu bewerten. Die geringsten Werte werden von Baumwolle mit 65,38 N vor Substratbehandlung und mit 23,37 nach erfolgter Substratbehandlung des Versuches gemessen. Das Material Jute in seiner feinen und groben Ausführung weist nach der abgeschlossenen Substratbehandlung des Zeitpunktes 2 keine großen Unterschiede auf, so dass hier bei Jute (fein) 32,53 N und bei Jute (grob) 37,27 N gemessen wurden.

Alle Gewebe weisen einen p-Wert von 0,000 und somit höchst signifikante Unterschiede in ihrer Reißfestigkeit durch die Behandlung auf. Das Kokosfasergewebe zeigt schon vor der Behandlung und auch nach der Behandlung die höchsten Werte in der Reißfestigkeit auf, während Baumwolle vor und nach der Behandlung jeweils die schlechtesten Ergebnisse aufweist.

5.5 Ergebnisse zur Konstruktionen und Entwicklung eines Kräutersodenschneiders

5.5.1 Geräterahmen

Für die Konstruktion des Geräterahmens diente als Vorbild die Bauweise zweiholmiger Geräteträgerschlepper. Der Geräterahmen des Sodenschneiders wurde in Modulbauweise für die Erleichterung des Anbaues und Ergänzung von Werkzeugen konstruiert. Die Wahl fiel auf ein Bolzenstecksystem, um verschiedene Einstellungen der Werkzeuge und deren Ergänzungen für Versuchszwecke zu ermöglichen. Gewinde kamen in Form von Oberlenkersystemen zum Einsatz, die für Feineinstellungen und als flexible Versteifungen Verwendung finden. Schraubsysteme kamen an Stellen zum Einsatz, die keine Verstellmechanismen erfordern, wie z.B. die hinteren und vorderen Querverbindungen des Rahmens und die Verschraubungen von Anschlagpunkten. Die Querträger zur Montage der Schneidevorrichtung und später der Scheibenseche bestanden zu Beginn der Konstruktion aus U-Profil-Stahl. In den Testphasen zeigten sich diese, aufgrund der von Bodenwiderständen hervorgerufenen Materialverformungen, sehr instabil. Eine Materialverstärkung der Querträger erfolgte durch das Zuschweißen der geöffneten Seite des U-Profilstahls mit einem ca. 10 mm starken Flacheisen auf ganzer Länge.

5.5.2 Werkzeuge

Die vor der Schneidevorrichtung verbaute Walze wurde verwendet, um die zu schneidende Vegetationsdecke vorzuverdichten und eine Feineinstellung der Schnitthöhe der Schneidevorrichtung sowie eine Abstützung des Gerätes zu ermöglichen. Die Wahl einer pendelnden Schwingenaufhängung mit Oberlenkerfixierung wurde getroffen, da sich dieses System als robuste Bauweise des Gewindeeinstellungsmechanismus von Nachlaufgeräten (z.B. Wälzegen bei Feingrubbern) in der landwirtschaftlichen Praxis bewährt hat.

Zu Beginn der Entwicklung des Schälmessers fand eine Orientierung an Konstruktionen von Kleinsodenschneidern statt. Als Vorbild diente für die Ausführung der Seitenschneiden und des Schälmessers 1 der Kleinsodenschneider *KOMTEK 3040*. Modifizierungen fanden bei der Wahl der Materialstärke und der Konstruktion des Anbausystems der Schneide statt. Um unter Versuchsbedingungen verschiedene Schälmesser untersuchen zu können, wurde dieses auswechselbar durch eine rückseitige Verschraubung an den Messerrahmen konstruiert. Die rückseitige Verschraubung hat den Vorteil, dass die Schrauben keiner starken Abnutzung durch die Schleifwirkung der Erde unterliegen. Auf einen oszillierend wirkenden Messerantrieb wurde bewusst verzichtet, um das Gerät so einfach wie möglich zu gestalten. Es wurde versucht das Sodenschneidersystem als angebaute, einfachkonstruierte und passivarbeitende Maschine zu entwickeln. Bei Testversuchen zeigte sich, dass das gewählte Material ST 37 für die Schneiden der Schälmesser und Seitenklingen ungeeignet war. So zeigten sich schon nach wenigen Testfahrten Stauchungen und Riefenbildung an den Schneiden. Aus diesem Grund erfolgte eine Aufpanzerung der verbauten Schneiden. Diese wurden dadurch weniger verschleißempfindlich. Aufgrund von schlechten Ergebnissen bei Testphasen des Schälmessers 1 (gerade Schneide), begann die Entwicklung weiterer Schälmessertypen mit vergrößerten Schneideoberflächen, die das Abscheren der Soden besser gestalten sollten. Hierbei wurden ein schrägverlaufendes (Schälmesser 2), ein dreizackiges (Schälmesser 3) und ein mit Balkenmäherwerksklingen aufgenietetes Messer (Schälmesser 4) konstruiert. Ziel war die Entwicklung und Fertigung eines Schälmessers, das sich selbstständig in den Boden ziehen kann. Für das Schälmesser 2 wurde eine schrägverlaufende Schneide mit einem Winkel von 15° gefertigt. Schälmesser 3 weist an den Seitenspitzen Winkel von 30° und an der mittleren Spitze 45° auf. Schälmesser 4 wurde mit Doppelmessermäherwerksklingen des *BUSSATIS-Bidux-Systems* ausgestattet, um eine möglichst große Schneideoberfläche und eine möglichst dünne Schneide zu erhalten.

Für den Anbau der Schneideapparatur (Schälmesser und Seitenschneiden) an den Geräterahmen wurde zur einfachen Handhabung und Grobeinstellung ein horizontal stehendes Rahmenbolzenstecksystem gewählt. Zur Sicherung der Schneidevorrichtung vor evtl. auftretenden Hindernissen während des Schälvorganges wurde eine Steinsicherung mit Abscherschraubensystem integriert. Aufgrund der Verformung des Querträgers der Schneidevorrichtung während eines Versuches mussten Modifikationen stattfinden. Der vertikalstehende Rahmen der Schneidevorrichtung wurde an der Oberseite, heckseitig zur hinteren Heckquerverbindung des Geräte Rahmens, abgestützt. Aufgrund der durch Lochschienen möglichen Höhenverstellung des Rahmens der Schneidevorrichtung konnte hierbei keine steife Abstützung Verwendung finden. Aus diesem Grund wurde ein Oberlenker (Arbeitslänge 285-360 mm) zwischen zwei verschraubten Anschlagstücken integriert. Die Abstützung kann nun einer Schnitttiefenverstellung durch den Messerrahmen flexibel angepasst werden. Ein zusätzlicher Nebeneffekt ist die hierdurch entstandene Feineinstellungsmöglichkeit des Schnittwinkels.

Aufgrund von mehreren fehlgeschlagenen Schälversuchen, bei den sich herausstellte, dass die Arbeitsweise der im Messerrahmen integrierten Seitenschneiden ungenügend war, wurde mit der Entwicklung geeigneter Vorschneidevorrichtungen für den Sodenseitenschnitt begonnen. Vorbild war der Einsatz von Scheibensechen an Pflügen. Diese können vor je einen Pflugkörper montiert werden, um ein senkrechtes Vorschneiden des Erdbalkens und Durchschneiden von Pflanzenresten zu ermöglichen (H. EICHHORN, 1999). Für die Montage der parallel in einem Abstand von 400 mm verlaufenden Scheibenseche wurde ein weiterer verstärkter Querträger gefertigt. Auf diesen erfolgte die Verschraubung von Klemmstücken zur Arretierung der Rundholme der Scheibenseche. Aufgrund der begrenzten Platzverhältnisse zwischen Walze und Messerrahmen wurden die Scheibenseche mit drückender Arbeitsweise montiert. Nachteilig stellte sich beim ersten Testverlauf heraus, dass nach ca. 1 bis 2 m Arbeitsweg die Scheibenseche, trotz des erfolgreichen Schnittverhaltens, ihre parallele Position verließen. Als Abhilfe wurde ein Abstandhalter, bestehend aus einem Vierkantrohr, zwischen die Scheibenseche an deren Narben verschraubt. Der positive Nebeneffekt war, dass eine gleichzeitige und relativ genaue Höhenverstellung des Seitenschnittes möglich ist.

5.5.3 Gewichtsauflastung

Über die Querträger von Schneidevorrichtung und Scheibensechen bestand die Möglichkeit der kopfseitigen Auflastung des Schneideapparates. Für die Auflastung wurden Gewichte in Form von genormten Betonplatten zu je ca. 20 kg verwendet.

5.5.4 Ergebnisse der Anwendung des Sodenschneiders

Nach der Fertigstellung des Sodenschneiders wurden mehrere Tests zum Schälen von Rasensoden und Kräutersoden durchgeführt. Nach jeder Testphase erfolgten Modifikationen der Technik.

Erster Schnittversuch Mai 2008

Der erste Schnittversuch erfolgte im Mai 2008 mit dem Schälmesser 1. Umfangreiche Einstellungen des Oberlenkers zur Dreipunktaufnahme des Schleppers und Einstellungen der Höhe an der Schneidevorrichtung sowie der Walze brachten bei diesem Test keine optimal geschnittenen Soden hervor. Erhöhte Bodenwiderstände ermöglichten wahrscheinlich nicht den selbständigen Einzug der Schneidevorrichtung in die Grasnarbe, so dass zu Beginn der Testphase eine Querfurche von ca. 40 cm Breite angelegt werden musste. Während der Testphase sprang die Schneidevorrichtung regelmäßig nach ca. 20 bis 30 cm Arbeitsweg aus dem Schnitt. Der Schlepper (Leistung ca. 15 KW) konnte nur mit zugeschaltetem Allradantrieb den Sodenschneider ziehen. Teilweise traten nahezu 100 % Schlupf auf. Die bei den Versuchen erzeugten Rasenstücke wiesen eine unregelmäßige Länge von ca. 20 bis maximal 30 cm auf. Diese waren ungleichmäßig an den Seiten abgerissen worden und wiesen zerfranste Außenkanten auf. Die untere Schnittkante wies extreme Unebenheiten auf. Es konnte während des Schneidevorganges beobachtet werden, dass es zu Widerständen der zu schneidenden Grasnarbe an den Seitenklingen der Schneidevorrichtung und der Schälmesserklingen kam. Alle Klingen, sowohl vom Schälmesser als auch den Seitenklingen der Schneidevorrichtung, wiesen Einkerbungen im Material auf. Höchstwahrscheinlich entstanden die Kerben durch Steine im Boden.

Zweiter Schnittversuch Juli 2008

Bei dem Test des Schälmessers 1 mit Panzerung der Schneide sprang während des Schälvorganges nach ca. 30 cm Schnittlänge die Schneidevorrichtung aus der gewachsenen

Grasnarbe. Zur Überprüfung der Einstellungen wurden weitere Tests auf einer Ackerfläche mit niedriger lockerer Vegetationsbedeckung fortgeführt. Trotz dieses Standortes zog sich die Schneidevorrichtung nicht selbstständig in den Boden. Nach der Herstellung einer Querfurche neigte die Schneidevorrichtung bei einer flachen Einstellung (ca. 3 cm Schnitttiefe) nach ca. 60 cm bis maximal 1 m Fahrtstrecke zum Herausspringen. Bei Einstellungen der Schnitttiefe von ca. 4 bis 6 cm verblieb die Schneidevorrichtung in der eingestellten Tiefe. Während des Arbeitens kam es zu Stauungen der auf der Fläche vorhandenen Vegetation an den Seitenschneiden der Schneidevorrichtung. Bei Einhaltung dieser Schnitttiefe waren teilweise bis zu 100 % Schlupf trotz zugeschalteten Allradantriebes feststellbar. Nach ca. 50 m Testfahrt verformte sich der Querträger, der die Schneidevorrichtung arretiert, um ca. 45°.

Dritter Schnittversuch April 2009

Der dritte Schälversuch fand mit nachgerüsteten Scheibensechen, als Seitenvorschneider, gestützter Schneidevorrichtung und verstärkten Querträgern statt. Die Versuche erfolgten mit einem schrägschneidenden Schälmesser (Schälmesser 2). Die mit dem Schälmesser 2 ausgestattete Schneidevorrichtung zog sich nicht selbstständig in die Grasnarbe ein. Durch die Einlage der Schneidevorrichtung in eine Querfurche konnte ein Schnitt bei ca. 3 cm Tiefe und ca. 30 cm Länge ausgeführt werden. Durch die Gestaltung des Schälmessers 2 kam es zu Stauchungen und Widerständen der zu schneidenden Sode im Bereich des linken Seitenmessers. Der Schälvorgang war nicht erfolgreich.

Die Umrüstung der Schneidevorrichtung auf das Schälmesser 3 und der anschließende Test folgten umgehend. Bei dieser Testfahrt kam kein selbstständiger Einzug des Sodenschneiders in die Grasnarbe zustande. Nach dem Einsetzen der Schneidevorrichtung in eine Querfurche konnte ein Schnitt erfolgreich mit einer Schälstärke von ca. 3 bis 6 cm, teilweise bis 8 cm stattfinden. Die Schnittlänge wurde durch auftretende Bodenunebenheiten, die ein Herausspringen des Sodenschneiders verursachten, nur zum Teil begrenzt. Bei diesem Versuch wurden Rasenbahnen mit einer Länge bis ca. max. 15 m produziert. Die Beschaffenheit der Schnittkanten war sauber und geradlinig. Als nachteilig erwies sich das hohe Gewicht der später mit einem Spaten auf 2,5 m abgelängten und gerollten Rasensoden. Diese konnten nur mit Hilfe eines Frontladers geborgen werden. Der Betrieb des Schleppers (ca. 15 KW Leistung) konnte ohne zugeschalteten Allradantrieb erfolgen. Hierbei war kaum Schlupf feststellbar. Eine Auflastung des Sodenschneiders fand nicht statt.

Der anschließende Versuch vorgezogene Kräuter in Sodenform zu schälen scheiterte wiederholt nach ca. 20 cm Fahrtstrecke. Infolge von Bodenwiderständen sprang der Sodenschneider aus dem beginnenden Schnitt wiederholt heraus. Höchstwahrscheinlich wurden die Widerstände, die für das Herausspringen der Schneidevorrichtung sorgten, durch den Wurzelbau der Kräuter ausgelöst. Dies ließ sich bei allen Kräuterarten feststellen.

Vierter Schnittversuch Juni 2010

Der vierte Schnittversuch fand zur Untersuchung des Schälen von Kräutersoden mit dem Schälmesser 3 und 4 und einer zusätzlichen Gewichtsauflastung des Sodenschneiders statt. Die auf den Vierkantstahlträgern der Scheibensechen und der Schneidevorrichtung platzierten Gewichte wurden in Abständen von ca. 20 kg, bis zu einem Höchstgewicht von ca. 130 kg, aufgetragen. Trotz der Auflastung kam kein Erfolg beim Schneiden der Soden zustande. Die Schneidevorrichtung sprang bei beiden Schälmesservarianten bei einer Fahrtstrecke von ca. 20 cm wiederholt aus dem Schnitt. Der Schlepper zeigte trotz zugeschaltetem Allradantrieb Schlupf an und war bei Auflastung nicht mehr imstande den Sodenschneider mit der Dreipunktaufhängung auszuheben. Kräutersoden konnten mit den Schälmessern 3 und 4 und einer zusätzlichen Auflastung nicht erzeugt werden.

6 Diskussion

6.1 Versuch Wurzelkürzung

6.1.1 Wurzeltrockenmasse gesamt

Bei Betrachtung der gesamten Wurzeltrockenmasse (oberer und unterer Wurzelballen addiert) aller Pflanzen sind Unterschiede in Abhängigkeit der ausgeführten Schnitttiefen feststellbar. Die Wurzeltrockenmasse zeigt hohe signifikante Unterschiede auf. Die 0-Probe hat hier den höchsten Mittelwert. Dies war zu erwarten, da bei allen Pflanzenarten bei der 0-Probe keinerlei Beeinflussung in Form eines Wurzelschnittes stattfand. Die hier vorgefundene Wurzelmasse stellt die Wurzelmasse unter weitgehend normalen Wachstumsbedingungen innerhalb eines Topfversuches dar. Der mittlere Wert an Wurzeltrockenmasse wird von der Variante 6 cm, mit einem nur sehr geringen Abstand zu dem niedrigsten Wurzeltrockenmassemittelwert bei 3 cm Schnitttiefe, eingenommen. Die These, dass ein tief ausgeführter Wurzelschnitt höhere Beträge der Gesamtwurzelmasse von Kräutern zulässt, kann mit diesem Ergebnis bestätigt werden. Es ist allerdings verwunderlich, dass die Differenz zwischen den Schnitttiefen nur 0,4 % beträgt. Diese geringe Differenz war nicht zu erwarten. Aufgrund dieser geringen Differenz könnte die Annahme getroffen werden, dass generell die Möglichkeit bestünde Kräuter flach zu unterschneiden. Die Streuung der beiden Wurzelschnittvarianten ist größer als die der 0-Probe. Dies zeigt, dass die einzelnen Pflanzenarten mit unterschiedlich hohem Wurzelwachstum auf die erfolgten Wurzelschnitte reagieren. Diese Erscheinung lässt sich durch physiologische und anatomische Unterschiede der Pflanzen erklären, da es sich hierbei um eine nicht homogene Gruppe handelt. Um präzisere Aussagen treffen zu können, müsste die Anzahl der Wiederholungen gesteigert werden.

Werden die einzelnen Pflanzenarten und ihre gesamte Wurzelmasse näher betrachtet, werden Signifikanzen der vorhandenen Gesamtwurzelmasse sichtbar. Die Kräuter Zichorie und Kleiner Wiesenknopf zeigen höchst signifikante Unterschiede der Wurzeltrockenmasse auf. Bei beiden Kräutern weist die 0-Probe den höchsten Wert auf, während die unterschrittenen Varianten deutlich geringere Mengen der Gesamtwurzelmasse aufzeigen. Die Werte der Gesamtwurzelmasse beider Pflanzen bei den Schnittvarianten sind, wie in Abbildung 20, Kapitel 5.1.2, erkennbar ist, um mehr als die Hälfte der Werte der 0-Probe geringer.

Auch weisen die gewonnenen Daten der Mittelwerte der Schnitttiefenvarianten, insbesondere bei dem kleinen Wiesenknopf, eine relativ hohe Streuung auf. Die Differenzen zwischen den Schnitttiefen sind bei beiden Kräuterarten als nicht besonders hoch zu bewerten. Erklärbar wäre dies anhand des Wurzelbildes beider Kräuterarten. Beide Kräuterarten sind Polwurzler und weisen somit ein System mit einer Hauptwurzel auf (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1992).

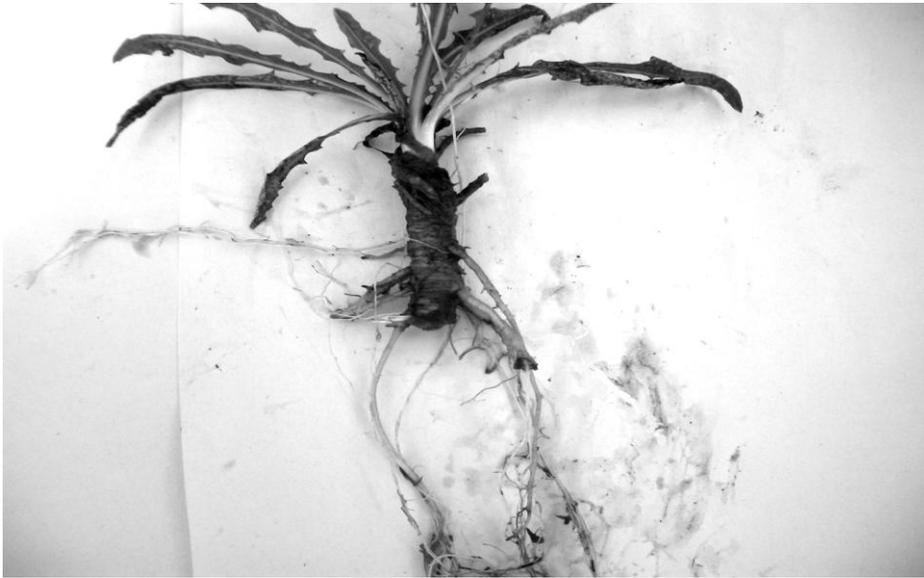


Abbildung 32: Zichorie bei Schnitttiefe 6 cm

Bei der Zichorie ist diese als eine starke und zentrale Pfahlwurzel ausgebildet (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1992). Wie anhand der Abbildung 31 zu erkennen ist, fand eine stärkere Ausbildung von Seitenwurzeln oberhalb der Schnittstelle bei Zichorie statt. Diese nahmen jedoch nicht die Mächtigkeit des ursprünglichen Pfahlwurzelsystems an. Aus diesem Grund kann bei Zichorie davon ausgegangen werden, dass das Wurzelsystem für die Bildung geringerer Werte an Wurzeltrockenmasse in % der gesamten Wurzelmasse verantwortlich ist. Der Kleine Wiesenknopf weist auch ein Polwurzelsystem auf, welches jedoch verzweigt ist (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1992). Auch hier ließe sich die gleiche Begründung wie bei der Zichorie finden.

Die Kräuter Eibisch, Spitzwegerich und die Kleine Bibernelle zeigen signifikante Unterschiede der gesamten Wurzeltrockenmasse in den verschiedenen Schnitttiefen auf. Bei Eibisch weist die Gesamtwurzelmasse bei der Schnitttiefenvariante 6 cm höhere Wurzeltrockenmassewerte als bei der Schnittvariante 3 cm und der 0-Probe auf. Dies ist auf den ersten Blick nicht erklärbar. Allerdings kann bei Eibisch eine Vermehrung der Pflanze vege-

tativ durch Wurzelteilung erfolgen (V. RENAUD, 2007). Durch den Wurzelschnitt könnte es daher bei der Variante 6 cm zu einer Anregung des vegetativen Wachstums der Pflanze und evtl. zu einer vermehrten Bildung von Wurzelmasse gekommen sein. Dass die 0-Probe keiner Behandlung in Form eines Wurzelschnittes unterlag, könnte der Grund für einen geringeren Anteil an Gesamtwurzelmasse sein. Warum dies nicht auf die Schnitttiefenvariante 3 cm zutrifft, kann allerdings nicht erklärt werden. Anhand der Abbildung 20 kann bei der Schnitttiefenvariante 3 cm bei Eibisch eine etwas höhere Streuung der ermittelten TM-Werte wahrgenommen werden. Hier bedürfte es weiterer Untersuchungen mit mehr als 6 Wiederholungen je Schnitttiefenvariante. Die These, dass die Gesamtwurzelmasse bei tieferehenden Wurzelschnitten zunimmt, kann hier bestätigt werden.

Für die Kleine Bibernelle weist die 0-Probe zwar die höchsten Werte auf, jedoch sind diese stark gestreut. Mit einem deutlichen Abstand nach unten liegen die Wurzeltrockenmassewerte der 2 Schnitttiefen. Erklärbar ist dies aufgrund der Ausbildung einer strang- bis pfahlförmigen Polwurzel (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1992). Die Schnitttiefe 6 cm zeigt etwas geringere Werte, jedoch mit einer größerer Streuung, als bei Schnitttiefenvariante 3 cm an. Dass die 0-Probe höhere Werte aufweist, lässt sich noch anhand eines nicht durchgeführten Wurzelschnittes erklären. Nicht nachzuvollziehen sind jedoch die geringeren Werte bei der tiefergehenden Schnittvariante 6 cm. Diese können nur mit der etwas größeren Streuung der gewonnenen Daten in dieser Schnitttiefenvariante bei der Kleinen Bibernelle erklärt werden. Die These, dass bei einem tiefgehenden Wurzelschnitt der Anteil der Gesamtwurzelmasse steigend ist, kann bei der Kleinen Bibernelle nicht bestätigt werden. Bei Spitzwegerich werden die höchsten Werte der Gesamtwurzelmasse bei der flach ausgeführten Schnitttiefe von 3 cm erreicht. Diese Werte zeigen jedoch anhand der Abbildung 20, im Kapitel 5.1.2 sichtbar, eine im Vergleich zu den anderen Varianten hohe Streuung auf. Die Werte der 0-Probe befinden sich unterhalb der Werte der Schnitttiefenvariante 6 cm, und zeigen bei Spitzwegerich die zweithöchsten Werte an Wurzeltrockenmasse an. Die Streuung dieser Werte ist als minimal zu bezeichnen. Spitzwegerich kann je nach seinen Umwelteinflüssen spross- oder polbürtige Wurzeln bilden (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1992). Die Bildung von Sprosswurzeln kann an feuchten Standorten bereits nach wenigen Monaten erfolgen (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1992). Durch regelmäßige, durchdringende Gießvorgänge wiesen die Wurzeln bei Spitzwegerich, wie bei der Probenauswertung deutlich wurde, durchgehend einen sprossbürtigen Aufbau auf. Dass es bei der 0-Probe zu weniger Gesamtwurzelmasse kam, lässt sich anhand des Wurzelaufbaues nicht nachvollziehen. Auch können die hoch liegenden Werte der

Wurzelschnittvarianten an diesem Beispiel durch die Streuung nicht eindeutig erklärt werden. Untersuchungen mit einer Steigerung der Wiederholungen sowie evtl. auf Wurzelwuchsreaktionen bei Reizentstehung an der Wurzel, müssten vorgenommen werden. Die These, dass die Gesamtwurzelmasse bei einem tiefer durchgeführten Wurzelschnitt zunehmend ist, kann anhand der Ergebnisse nicht bestätigt werden.

Keine signifikanten Unterschiede der Wurzelmasse zeigen dagegen Hornklee, Wiesensalbei, Beifuß und Schafgarbe auf. Insbesondere bei Wiesensalbei ist diese Reaktion sonderbar, da diese Pflanze einen pfahlförmigen Polwurzelaufbau aufweist (L. KUTSCHERA /E. LICHTENEGGER, 1992) und somit auch große Ähnlichkeiten des Wurzelbaues zu anderen Polwurzeln mit pfahlförmiger Wurzelbildung, wie z.B. Zichorie, besitzt. Im Gegensatz zur 0-Probe weisen die Werte der zwei Schnitttiefenvarianten größere Streuungen auf. Eventuell könnte dies als Erklärung dienen. Es würde sich empfehlen, bei folgenden Versuchen die Anzahl an Wiederholungen zu steigern. Bei Hornklee, Beifuß und Schafgarbe lässt sich das Nichtvorhandensein von signifikanten Unterschieden wahrscheinlich auf den Aufbau der Wurzel und des Wurzelbildes zurückführen. Hornklee bildet z.B. innerhalb seines Wurzelbaues unter natürlichen Bedingungen eine flachstreichende und eine tiefstreichende Wurzelgruppe aus. So werden am oberen Teil der Polwurzel auch stärkere Seitenwurzeln ausgebildet (L. KUTSCHERA, 1960). Dies könnte der Grund sein, dass bei einer flachen Schnitttiefe von 3 cm die Gesamtwurzelmasse etwas geringer ausfällt, da hierbei auch ein größerer Teil des oberen Wurzelbaues entfernt wird. Da die Schafgarbe eine sprossbürtige und dicotyle Pflanze (L. KUTSCHERA, 1960) darstellt, welche flache und unterirdische Ausläufer aufweist, könnte dazu beigetragen haben, dass keine signifikanten Unterschiede der Gesamtwurzelmasse zu verzeichnen waren. Die Streuungen der Werte der Schafgarbe sind als gering anzusehen, so dass die Ergebnisse, aufzeigen, dass die Pflanzen in den einzelnen Varianten relativ homogen waren, abgesehen von zwei Ausreißern.

Auf die einzelnen Pflanzenarten hin betrachtet, lässt sich die These, dass die Gesamtwurzelmasse bei zunehmender Schnitttiefe der Wurzeln ansteigend ist, wie es bei der Variante 6 cm der Fall sein sollte, nicht grundsätzlich bestätigen. Nur bei der Zichorie und bei dem Hornklee wird eine Abstufung der vorhandenen Wurzelmasse anhand des Umfangs der Behandlung sichtbar. Auch fallen teilweise vermehrt Streuungen der einzelnen Werte der Varianten auf. Um diesen Versuch aussagekräftiger zu gestalten, bedürfte es bei

zukünftigen Versuchen der Steigerung von Wiederholungen, um eindeutigere Ergebnisse zu erhalten.

6.1.2 Wurzelzuwuchs

Die Wurzelmasse des unteren Wurzelballens stellt die Neubildung an Wurzelmasse in einem Zeitraum von einem Monat nach dem erfolgten Wurzelschnitt der Pflanzen dar. Die 0-Probe wurde nicht unterschritten und wird deshalb nicht mit eingefasst. Es lassen sich nur bei der Schafgarbe höchst signifikante Unterschiede innerhalb der einzelnen Schnitttiefen feststellen. Die Wurzelmasse bei der Schnitttiefenvariante 6 cm erreicht mit 9,27 % mehr als die Hälfte der Wurzelmasse wie bei der Schnitttiefenvariante 3 cm mit 4,05 %. Erklärbar könnte dies evtl. am sprossbürtigen Wurzel Aufbau und einer dadurch auftretenden Stimulation des Wachstums an den Wurzelspitzen durch einen tiefer erfolgenden Schnitt sein. Demnach stellt ein Unterschneiden der Wurzel und auch die Bildung neuer Wurzelmasse für Schafgarbe kein Hindernis dar. Diese Pflanzenart würde sich in dieser Hinsicht für einen Sodenanbau eignen. Die These, dass bei einem tiefer erfolgenden Wurzelschnitt mehr neue Wurzelmasse gebildet wird, kann bei der Schafgarbe somit bestätigt werden. Auch schon bei der Gesamtwurzelmasse werden geringe Abstufungen sichtbar, wenn auch diese nicht signifikant sind.

Die anderen Kräuterarten zeigen keine signifikanten Unterschiede oder gar Abhängigkeiten des Wurzelwachstums mit der Schnitttiefe auf. Jedoch weisen einige Kräuterarten, insbesondere Zichorie, starke, pfahlförmig ausgeprägte Polwurzeln auf (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1992). Demzufolge müssten insbesondere hier hohe signifikante Unterschiede zwischen den Schnitttiefenvarianten auftreten. Dies ist jedoch nicht der Fall. Die aufgestellte These, dass je tiefer ein Wurzelschnitt erfolgt, um so mehr Wurzelmasse gebildet wird, lässt sich bei der Betrachtung der Ergebnisse der einzelnen Kräuter, außer bei Schafgarbe und in geringem Maße bei Hornklee, wenn auch hier nicht signifikant, nicht bestätigen. Eine Begründung hierfür könnte eine teilweise hohe Streuung der Daten sein. Auffällig wird dies besonders bei der Schnitttiefenvariante von 3 cm bei Beifuß und Wiesenalbei. Bei Spitzwegerich zeigen beide Schnitttiefenvarianten weite Streuungen an. Um präzisere Daten zu erhalten, würde sich ein Folgeversuch mit mehr als 6 Wiederholungen je Pflanzenart empfehlen.

Tabelle 6-8: Kräuter und deren Wurzelausbildungen mit Signifikanzen

Kraut	Bewurzelung	Ausbildung	Hypothese 1	Hypothese 2
Schafgarbe	sprossbürtig	Rhizom	-	+ +
Eibisch	polbürtig/sprossbürtig	k.A.	+	-
Beifuß	sprossbürtig	Mittelstock	-	-
Zichorie	polbürtig	pfahlförmig	+ +	-
Hornklee	polbürtig	vielköpfig	-	-
Spitzwegerich	Heterorhize	K.A.	+	-
Kleine Bibernelle	polbürtig	strang- bis pfahl- förmig	+	-
Wiesensalbei	polbürtig	pfahlförmig	-	-
Kleiner Wiesenkнопf	polbürtig	k.A.	+ +	-

6.1.3 Zusammenfassung

In dem Versuch Wurzelkürzungen wurden an den in dieser Arbeit beschriebenen Pflanzenarten Wurzelkürzungen in 2 Schnitttiefen (3 und 6 cm) ausgeführt und nach einem Monat die Gesamtwurzelmasse sowie die Neubildung an Wurzelmasse bestimmt. Als Vergleich diente eine 0-Probe, deren Werte bei der Auswertung der Gesamtwurzelmasse mit einfließen. Die Steigerung der Gesamtwurzelmasse der gesamten Kräuter in diesem Versuch steht in einem Zusammenhang mit der Abhängigkeit der Schnitttiefe und der Behandlung. Auf einzelne Kräuterarten bezogen, weisen Kräuter mit polbürtiger Bewurzelung signifikante bis höchst signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungsvarianten auf. Bei den Ergebnissen der Wurzelneubildung wies nur Schafgarbe höchst signifikante Unterschiede in Abhängigkeit der Wurzelschnitttiefe auf. Um die gewonnenen Ergebnisse zu verfestigen bzw. nach Ursachen zu suchen, bedarf es weiterer Untersuchungen.

6.2 Oberbewuchs Versuch Wurzelkürzung

6.2.1 Entwicklungsstadien der Kräuter

Zusätzlich zu den Einflüssen einer Wurzelkürzung auf den Wuchs und die Entwicklung an Wurzelmasse wurden auch die Einflüsse auf die Neubildung und Entwicklung des Oberbewuchses der Pflanzen untersucht. Wird das Entwicklungsstadium aller Kräuterarten nach den Wurzelschnitttiefen und der 0-Probe mit Hilfe des BBCH nach H. HACK et al. (1992)

verglichen, wird kein signifikanter Unterschied zwischen den Werten der einzelnen Varianten in Abhängigkeit der Wurzelschnitttiefe sichtbar. Auch die einzelnen Arten zeigen in ihren Entwicklungsstadien keine signifikanten Unterschiede in Abhängigkeit von der Wurzelschnitttiefe auf. Dies ist nicht erstaunlich, da es sich in diesem Versuch um stark unterschiedliche Pflanzentypen mit unterschiedlichen Entwicklungsverläufen handelt. Sie weisen unterschiedliche Keimzeiten und –zeitpunkte auf. Deutlich wird dieser Aspekt, wenn die Pflanzen Hornklee, mit einer ganzjährigen Keimzeit und einer Keimdauer von 10 bis 30 Tagen, sowie Beifuß, bei dem die Keimzeit nur von Frühjahr bis Vorsommer mit einer Keimdauer von bis zu 200 Tagen andauern kann, miteinander verglichen werden (G. BRIEMLE, 1997). So haben auch die meisten Futterpflanzen keine eindeutig definierte Reifezeit (G. VOIGTLÄNDER/N. VOSS, 1979). Die Kräuter für diesen Versuch wurden im Dezember gesät. Es erfolgte zwar ein Anbau in dem Forschungsgewächshaus unter standardisierten Bedingungen (Beleuchtung, Temperatur, Bewässerung), jedoch waren bereits nach einigen Wochen bei einigen Einzelpflanzen innerhalb einer Art deutliche Entwicklungsunterschiede feststellbar. Als Begründung für das Fehlen von signifikanten Unterschieden in den Werten des BBCH nach H. HACK et al. (1992) im Zusammenhang mit einer Wurzelschnittbehandlung, kann nur darauf hingewiesen werden, dass die in diesem Versuch behandelten Pflanzenarten starke physiologische und anatomische Unterschiede aufweisen. Dies ist auch an der hohen Streuung der Ergebnisse sichtbar. Zukünftige Versuche sollten als Auswahlversuche erfolgen, bei denen die Pflanzen nach gewissen Kriterien (Wurzelausbildung, Pflanzenfamilie etc.) ausgewählt werden. Auch sollte eine höhere Anzahl an Wiederholungen erfolgen. Die These, dass je tiefer der Wurzelschnitt ausgeführt wird, desto höher das Entwicklungsstadium ist, lässt sich mit der hier durchgeführten Untersuchung nicht belegen.

6.2.2 Trockenmasse des Oberbewuchses

Zeitgleich zu den Wurzelkürzungen erfolgte ein Schnitt des Oberbewuchses der Pflanzen bei allen Varianten. Nach einem Monat Wuchszeit zeigten alle Pflanzen höchst signifikante Unterschiede des Oberbewuchses in Abhängigkeit der Wurzelschnitttiefe an. Die Mittelwerte an Trockenmasse weisen eine ähnliche Abstufung wie bei der Gesamtwurzeltrockenmasse in % der gesamten Pflanzen auf. Die 0-Probe zeigt hier wieder den höchsten Mittelwert an. Auffallend ist hier ein extremer einzelner Ausreißerwert, welcher sich bei nahezu 80 % Trockenmasse befindet (siehe Abbildung 22). In einem Abstand von ca. 3 % folgen die Werte der Schnitttiefenvarianten. Die Differenz zwischen den Schnitttiefenvarianten

3 und 6 cm ist mit 0,84 % als sehr gering anzusehen. Den Ergebnissen nach hat eine unterschiedliche Schnitttiefe der Wurzel nur geringe Auswirkungen auf die gebildete Trockenmasse des Oberbewuchses. Demzufolge bestehen Auswirkungen eines Wurzelschnittes bei den in diesem Versuch behandelten Pflanzen im Wachstum des Oberbewuchses. Die These, dass bei tiefergehenden Wurzelschnitten eine Steigerung der Masse des Oberbewuchses erfolgt, kann somit belegt werden, wenn auch nur mit minimalen Differenzen zwischen den Varianten.

Werden die Pflanzenarten einzeln betrachtet, sind bei der Kleinen Bibernelle und dem Beifuß höchst signifikante Unterschiede in der Bildung des Oberbewuchses feststellbar. Die 0-Probe zeigt bei beiden Kräutern deutlich höhere Werte an. Die These, dass eine Abhängigkeit der Bildung von Trockenmasse des Oberbewuchses mit der Wurzelschnitttiefe besteht, kann bei Beifuß bestätigt werden. Es muss jedoch beachtet werden, dass die Differenz zwischen den zwei Schnitttiefenvarianten nur 0,15 % TM beträgt. Bei der Kleinen Bibernelle wird die Abhängigkeit der Trockenmasse des Oberbewuchses vom ausgeführten Wurzelschnitt sichtbar. Beide Schnitttiefenvarianten weisen mehr als die Hälfte geringere Trockenmassewerte der 0-Probe auf. Auch erfolgt hier eine Abstufung der Trockenmasse anhand der Tiefe des ausgeführten Wurzelschnittes. Die These, dass eine Abhängigkeit der TM des Oberbewuchses von der Schnitttiefe besteht, bestätigt sich anhand der Ergebnisse. Allerdings beträgt die Differenz nur 0,2 % und ist somit als sehr gering anzusehen.

Signifikante Unterschiede weisen auch der Wiesensalbei und die Zichorie auf. Wie schon in den vorherigen Abschnitten erwähnt, handelt es sich bei beiden Pflanzenarten um ausgesprochen pfahlförmige Polwurzelpflanzen (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1992). Der Wurzelschnitt könnte somit einen Einfluss auf die Bildung des Oberbewuchses gehabt haben. Dass der Wiesensalbei mehr an Trockenmasse des Oberbewuchses bei der Schnitttiefenvariante 6 cm als bei der unbehandelten 0-Probe aufweist, untergräbt diese Vermutung wieder und ist nicht erklärbar. Bei der Zichorie lässt sich die These, dass die Masse des Oberbewuchses von der Schnitttiefe abhängig ist, zwar bestätigen, jedoch ist die Differenz zwischen den Schnitttiefen mit 0,49 % als sehr gering anzusehen. Aufgrund einer hohen Streuung der Werte der Schnitttiefenvariante 6 cm, ist dieses Ergebnis durch weitere Untersuchungen und einer höheren Anzahl an Wiederholungen nachzuprüfen.

Bei allen anderen Kräutern, wie Spitzwegerich, Schafgarbe, Hornklee, Eibisch und dem Kleinen Wiesenknopf sind keine signifikanten Unterschiede feststellbar. Bei dem Kleinen

Wiesenknoxf tritt bei der Variante 0 ein Ausreißerwert von ca. 80 % Trockenmasse zutage. Dieser könnte vor allem auf die genetische Veranlagung der Einzelpflanze zurückgeführt werden, da die Anzucht und Datennahme unter standardisierten Bedingungen erfolgten. Für diesen Versuch müssten auch hier weitere Untersuchungen mit mehr Wiederholungen durchgeführt werden.

6.2.3 Zusammenfassung

Die Entwicklungsstadien der Kräuter zeigen keine Signifikanzen in Abhängigkeit des Wurzelschnittes und der Behandlung auf. Die Masse des Oberbewuchses zeigt bei der Gesamtbetrachtung aller Kräuter eine Abhängigkeit der Schnitttiefen bzw. der Behandlung auf. Bei den einzelnen Kräuterarten zeigen Beifuß, Kleine Bibernelle, Zichorie und Wiesensalbei signifikante Unterschiede in der Ausbildung des Oberbewuchses auf.

6.3 Untersuchungen zur Anwuchsermittlung von Kräutersoden

Bei diesem Versuch erfolgten zwei Schnitte des Oberbewuchses von Kräutersoden. Die Schnitte erfolgten in einem Intervall von einem Monat. Bestimmt wurden die Entwicklungsstadien der Kräuter und auch die gebildete Trockenmasse in %. Verglichen wurde der Vorzuchtsort der Soden. Hierbei handelte es sich um drei Jahre alte Kräutersoden aus Freilandaufzucht und rund sechs Monate alte Soden aus Gewächshausanzucht. Als Vergleichsmedium diente Fertigrasen.

6.3.1 Entwicklungsstadien der Pflanzen

Die Entwicklungsstadien anhand von BBCH-Werten von den im Freiland und der im Gewächshaus angezogenen Soden weisen insgesamt, auf zwei Schnitte betrachtet, hoch signifikante Unterschiede auf. Hier sind die Entwicklungsstadien der im Freiland vorgezogenen Pflanzen als höher zu bewerten. Als ein Grund kann das unterschiedlich hohe Alter der Soden genannt werden. Auffallend ist bei der Variante Freiland eine größere Streuung der Werte, welche von BBCH 19 bis 63 reichen. Die über einen langen Zeitraum herrschenden Umwelteinflüsse, welche auch die Entwicklungsstadien der Variante Freiland geprägt haben, könnten eine Erklärung sein. In der Variante Gewächshaus erreichen die Werte der Entwicklungsstadien eine stärkere Konzentration und eine geringere Streuung. Der BBCH

befindet sich hier in einem Bereich von 29 bis 47. Begründet könnte dies durch die Vorzucht der Soden unter standardisierten Bedingungen bei der Variante Gewächshaus werden. Die Tabelle 5-2 lässt jedoch keinen Aufschluss auf die einzelnen Arten und auch Schnitte zu.

Wird nun das Entwicklungsstadium des Bewuchses der Soden bei dem ersten Schnitttermin einzeln betrachtet, fallen nur höchst signifikante Unterschiede bei Fertigrasen auf. Das Entwicklungsstadium der Gräser ist anhand der Schätzungen bei der sogenannten Gewächshausvariante als höher zu bewerten. Der Fertigrasen stellt Zukaufware dar, dessen Herstellungsweise und Ort nicht nachzuvollziehen sind, sodass auch die höchst signifikanten Unterschiede der Entwicklungsstadien des Oberbewuchses in Frage gestellt werden müssen. Hoch signifikante Unterschiede zwischen den Entwicklungsstadien der Vorzuchtvarianten sind auch bei den Beständen des Kleinen Wiesenknopfes und der Schafgarbe vorhanden. Der Kleine Wiesenknopf zeigt in der Gewächshausvariante ein gleichmäßig höheres Entwicklungsstadium als in der Freilandvariante auf. Dort sind die Werte etwas gestreut. Schafgarbe zeigt demgegenüber ein höheres Entwicklungsstadium mit konzentrierten Werten in der Freilandvariante auf. Spitzwegerich weist signifikante Unterschiede zwischen den Vorzuchtvarianten auf. Seine Werte sind bei der Freilandvorzucht höher und reichen teilweise bis zu einem BBCH von 63. Allerdings sind diese Werte auch stärker gestreut. Alle anderen Pflanzen lassen keine signifikanten Unterschiede in ihrem Entwicklungsstadium in Bezug auf den Herkunftsort erkennen.

Erklärbar wäre dies mit der nicht vorhandenen Homogenität der hier untersuchten Arten. So weisen die Entwicklungszeiten der einzelnen Pflanzenarten unterschiedlich lange Zeiträume auf. Eine weitere Ursache könnte auch das unterschiedlich hohe Alter der Kräutersoden sein.

Der zweite Schnitt zeigt bei der Schafgarbe höchst signifikante Unterschiede der Entwicklungsstadien anhand der geschätzten BBCH-Werte nach H. HACK et al. (1992) auf. Die im Freiland vorgezogenen Soden weisen einen BBCH von 49 auf, während bei den im Gewächshaus vorgezogenen Soden der BBCH bei 40 liegt. Auch in diesem Fall kann das Alter der Schafgarbesoden als ein Grund für höchst signifikante Unterschiede herangezogen werden. Die Entwicklungsstadien des Fertigrasens und des Spitzwegerichs weisen signifikante Unterschiede auf. Bei Fertigrasen stellt diesmal die im Freiland vorgezogene Variante die höheren Werte dar. Diese zeigen jedoch eine Streuung auf. Die signifikanten Unterschiede des Fertigrasens lassen sich aufgrund der unbekanntenen Herkunft und

Herstellungsweise nicht eindeutig klären. Spitzwegerich weist auch bei dem zweiten Schnitt in der im Freiland vorgezogenen Sodenvariante höhere Werte auf. Als Begründung könnte hierbei das höhere Vorzuchtsalter der im Freiland vorgezogenen Soden genannt werden, das den Ausschlag für höhere Entwicklungsstadien geben könnte.

Dass die in diesem Versuch behandelten Pflanzen unterschiedliche Entwicklungsstadien je Art und zwischen den Arten aufweisen, lässt sich nur dadurch erklären, dass es sich hierbei um eine Gruppe von Pflanzen handelt, welche keine Homogenität aufweisen. Auch war höchstwahrscheinlich die Anzahl von 6 Wiederholungen nicht ausreichend. Auffallend ist nur, dass bei Schafgarbe und Spitzwegerich bei beiden Ernten signifikante Unterschiede, mit höheren Werten bei den Soden mit Freilandvorzucht, vorlagen.

Zu den Entwicklungsstadien des Bewuchses der Soden können keine klaren Aussagen getroffen werden, außer dass die Schafgarbe und der Spitzwegerich bei beiden Schnitten signifikante Unterschiede der BBCH-Werte bezüglich der Vorzuchtsorte und höhere Werte in der Freilandvariante aufzeigen.

6.3.2 Trockenmasse des Oberbewuchses

Bei der Gesamtbetrachtung der Trockenmasse des Oberbewuchses der einzelnen Pflanzenarten sind bei dem ersten Schnitt keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Vorzuchtsvarianten vorhanden. Werden die Trockenmassewerte bei dem ersten Schnitt nach der Pflanzenart einzeln betrachtet, weisen Spitzwegerich und Fertigrasen höchst signifikante Unterschiede in der Bildung der Trockenmasse in % auf. Beide Sodenvarianten zeigen als Freilandvariante höhere TM-Werte an. Eventuell ist hierbei das Entwicklungsstadium ausschlaggebend, das bei beiden Kräutern in der Freilandvariante ebenfalls höher zu bewerten ist. Bei dem Fertigrasen kann jedoch die Signifikanz nicht eindeutig bestätigt werden, da es sich hierbei um Zukaufware handelt. Auch der Kleine Wiesenknopf weist signifikante Unterschiede und höhere Erträge in der Freilandvariante auf. Hierbei ließe sich die gleiche Begründung wie eben bei Spitzwegerich und Schafgarbe anwenden. Bei Hornklee und Beifuß sind keine Signifikanzen in Bezug auf den Aufzuchtort feststellbar.

Der zweite Schnitt lässt signifikante Unterschiede in der Trockenmasse in % des Aufwuchses deutlich werden. Es herrschen höchste signifikante Unterschiede vor, wobei die Pflanzen der Gewächshausvariante die höheren TM-Werte erreichen. Wird der Oberbewuchs der

Soden einzeln betrachtet, zeigen Hornklee, Kleiner Wiesenknopf, Spitzwegerich und Beifuß höchst signifikante Unterschiede zwischen den Vorzuchtvarianten und höhere Werte der Trockenmasse in % bei der Gewächshausvariante auf. Begründet werden können diese höheren TM-Werte der Gewächshausvariante bei dem Kleinen Wiesenknopf und dem Spitzwegerich nicht. Es ist auch sonderbar, dass gut zwei Monate nach der Verpflanzung diese Werte deutlich ansteigen. Ein Grund könnte jedoch eine zunehmende Anpassung an die neuen natürlichen Gegebenheiten sein, da die ermittelten Entwicklungsstadien hiervon abweichen. Bei Schafgarbe und Fertigrasen sind keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf den Vorzuchtsort feststellbar.

Zu den in dieser Arbeit aufgestellten Hypothesen, dass der Vorzuchtsort und der Vorzuchszeitraum deutliche Unterschiede im Ertrag und auch in den Entwicklungsstadien widerspiegeln, kann hierbei keine klare Aussage getroffen werden.

6.3.3 Zusammenfassung

Es kann keine klare Aussage in Bezug auf den Ertrag des Aufwuchses in Abhängigkeit des Vorzuchtsortes von Kräutersoden und in Bezug auf einzelne Kräuter getroffen werden. Die Trockenmassewerte des ersten Schnittes der gesamten Kräuter zeigen keine signifikanten Unterschiede auf, während die des zweiten Schnittes bei den im Gewächshaus vorgezogenen Soden höher liegen. Beim ersten Schnitt wiesen Spitzwegerich und die Vergleichs-variante Fertigrasen in der Freilandvariante höhere Werte auf. Beim zweiten Schnitt lagen bei Beifuß, Hornklee und Spitzwegerich höhere Trockenmassewerte bei der Gewächshausvariante vor.

6.4 Anwurzelung von Kräutersoden

Bei dem Versuch der Anwurzelung von Soden nach A. J. TURGEON (1972) wurden im Freiland und im Gewächshaus vorgezogene Soden mit unterschiedlichem Alter verwendet. Die Soden von Fertigrasen und Schafgarbe weisen signifikante Unterschiede in der Höhe der Zugkräfte in N auf. Die Messwerte sind bei beiden Pflanzenarten bei der Gewächshausvariante am höchsten und die Streuungen der Werte geringer. Bei der Schafgarbe könnte dies evtl. darauf zurückgeführt werden, dass es sich noch um junge Pflanzen, welche ein Alter von ca. sieben Monaten bei dem Messvorgang aufwiesen, handelten. Das

Wurzelsystem der dicotylen Schafgarbe ist sprossbürtig und drahtig aufgebaut (L. KUTSCHERA, 1960) und könnte somit für höhere Zugwiderstände gesorgt haben. Die etwas geringere Streuung der Ergebnisse der Gewächshausvariante ließe sich durch die standardisierte Vorzucht im Gewächshaus und durch den fehlenden Begleitwuchs begründen. Gräser weisen ebenfalls ein sprossbürtiges, jedoch monocotyles Wurzelsystem auf (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1982). Dieser Punkt wäre ebenfalls eine Erklärung für hohe Messwerte des Fertigrasens. Der Fertigrasen stellt ein Zukaufprodukt dar, das als Vergleichsmedium dienen sollte. Der Herstellungsort, das Alter und auch die Herstellung waren nicht nachzuvollziehen. Weiterhin könnten auch die Wetterverhältnisse für ein unterschiedliches Anwuchsverhalten gesorgt haben. Der Anwuchszeitpunkt der im Freiland vorgezogenen Soden lag im Juli 2010, der sich durch hohe Durchschnittstemperaturen und geringe Niederschläge (siehe 0) auszeichnete, wobei hier eine regelmäßige Bewässerung von ca. 15-20 l/m² nach den Vorgaben von R. LEHR et al. (1997) erfolgte. Der Anwuchszeitpunkt der im Gewächshaus vorgezogenen Soden erfolgte im August, der um ca. 4° C verringerte Durchschnittstemperaturen, aber ca. 100 mm/m² höhere Niederschläge aufwies.

Es kann nicht eindeutig gesagt werden, dass die in der Gewächshausvariante vorgezogenen Kräuter einen höheren Wurzelwiderstand haben. Dafür sind die Unterschiede der Werte, außer bei Schafgarbe und Fertigrasen, als nicht signifikant genug zu bewerten. Auch weisen einige Kräuter, wie z.B. Hornklee und Spitzwegerich, sehr hohe Streuungen der gemessenen Werte auf. Eine höhere Anzahl an Wiederholungen würde hier mehr Aufschluss geben. Ebenso muss auf das Nichtvorhandensein von Homogenität bei den in diesem Versuch behandelten Pflanzenarten verwiesen werden. Die These, dass es zu deutlichen Unterschieden der Pflanzen im Anwuchsverhalten kommt, kann somit nicht ohne Weiteres bestätigt werden.

Zusammenfassung

Es kann keine klare Aussage zum Vorzuchtsort auf das Anwurzelnverhalten der Soden getroffen werden. In diesem Versuch wiesen nur Schafgarbe und auch die Vergleichsvariante Fertigrasen höhere Werte des Vorzuchtortes Gewächshaus auf. Alle anderen Kräuter wiesen keine Signifikanten Unterschiede auf.

6.5 Versuch Untergräser zur Stabilisierung von Kräutersoden

In diesem Versuch wurde der kombinierte Anbau von verschiedenen Gräserarten mit Kräutern vorgenommen, um ein geeignetes Trägermaterial für Kräutersoden zu finden. Zum Vergleich wurden eine 0-Probe und eine Obergrasart ausgewählt. Nach ca. neun Monaten Anzuchtzeit unter standardisierten Bedingungen wurde der Versuch ausgewertet.

6.5.1 Entwicklungsstadien der Kräuter und Gräser

Die Entwicklungsstadien wurden von allen Arten der Gräser und Kräuter anhand des BBCH nach H. HACK et al. (1992) verglichen. Hierbei waren höchst signifikante Unterschiede mit höheren Werten für die Gräser bei gleichzeitig geringerer Streuung feststellbar.

Auch bei der Schätzung des BBCH-Wertes der gesamten Anzahl der Kräuter in den jeweils angebauten Grasvarianten und der 0-Probe wurde ein höchst signifikanter Unterschied zwischen den Varianten festgestellt. Die Kräuter in der 0-Probe weisen zwar den höchsten BBCH-Wert im Bereich von 51 auf, jedoch befindet sich die höchste Anzahl an Kräutern bei BBCH 49. Bei den Gräsern wird das höchste Entwicklungsstadium der Kräuter bei *Festuca rubra rubra* (Ausläufer-Rotschwingel) bei einem BBCH von 39 mit einer Anzahl von 18 Pflanzen erreicht. Bei den meisten Gräserarten befinden sich die höchsten Anzahlen von Kräutern unterhalb eines BBCHs von 30. Dieses Ergebnis war zwar in erster Linie von *Lolium perenne* zu erwarten, da diese Art ein schnellwüchsiges Gras mit stark verdrängenden Eigenschaften ist (E. KLAPP, 1965). Anscheinend trifft dies aber auch auf sogenannte schwachhorstbildende, schwachwüchsige und extensive Gräser wie *Anthoxanthum odoratum* oder *Briza media* mit geringerem Wachstum (E. KLAPP, 1965) zu. Bei dem Vergleich der Entwicklungsstadien von einzelnen Kräutern weisen Hornklee, Wiesensalbei, Eibisch, Spitzwegerich und Zichorie einen höchst signifikanten Unterschied des BBCH auf. Schafgarbe und kleiner Wiesenknopf weisen signifikante Unterschiede der Höhe des BBCH innerhalb der Anbaukombinationen auf. Die größte Anzahl wird bei der 0-Probe vorgefunden. Bei Schafgarbe wird zwar die höchste Anzahl an Kräutern bei BBCH 39 bei der 0-Probe erreicht, jedoch werden höhere BBCH-Werte bei *Festuca rubra rubra* L. mit einer Anzahl von 10 eingenommen. Dies könnte darauf hindeuten, dass die Schafgarbe von *Festuca rubra rubra* in ihrer Entwicklung weniger beeinflusst wird als von anderen Gräsern. Jedoch ließe sich ein etwas geringeres Entwicklungsstadium bei der 0-Probe nicht erklären.

Bei dem Kleinen Wiesenknopf und den Kräutern Beifuß und der Kleinen Bibernelle sind keine signifikanten Unterschiede der Entwicklungsstadien anhand des BBCH feststellbar. Beide Kräuter weisen keine aussagekräftigen Ergebnisse auf, da die Zahl der geschätzten Pflanzen unterhalb des n-Wertes von 15 liegt.

Anhand der BBCH-Werte lässt sich feststellen, dass fast alle Kräuter trotz des kombinierten Anbaues mit Untergräsern deutlich geringere Entwicklungsstadien aufweisen als Kräuter der 0-Probe, bei der kein kombinierter Anbau erfolgt ist. Es kann durch die ermittelten BBCH-Werte der Kräuter darauf geschlossen werden, dass sich Untergräser, als natürliches Material, zur Stabilisierung von Soden nicht eignen würden.

6.5.2 Trockenmassebestimmung

Werden die gesamten Kräuter und Gräser ihrer Trockenmasse, ohne 0-Probe, verglichen, wird ein höchst signifikanter Unterschied sichtbar. Die Gräser zeigen hier höhere Trockenmassewerte an. Dies war, da der Großteil der Gräser von schwachwüchsigen Gräsern gebildet wird, nicht absehbar. Allerdings kann dieses Ergebnis mit den höheren Entwicklungsstadien und dem generell schnelleren Wuchs von Gräsern (E. KLAPP, 1965) erklärt werden, auch wenn es sich hierbei fast nur um schwachwüchsige Gräser handelt.

Werden Trockenmassewerte in % der gesamten Kräuter im kombinierten Anbau mit den einzelnen Gräsergruppen und der Nullprobe verglichen, herrschen höchst signifikante Unterschiede vor. Die Nullprobe, in der die Kräuter ohne die Begleitung von Gräsern wuchsen, weist die höchsten Werte an Trockenmasse mit 13,03 % auf. Die Streuung der ermittelten Werte ist jedoch höher als bei den anderen Varianten mit kombiniertem Anbau. Im kombinierten Anbau mit den Gräsern sind die Trockenmassewerte der Kräuter in % deutlich geringer ausgefallen. Hier werden nur zwischen 2,72 % TM bei *Anthoxanthum odoratum* L. (Ruchgras) bis maximal 5,41 % TM bei *Festuca rubra rubra* L. (Ausläufer-Rotschwengel) erreicht.

Dieses Ergebnis bestätigt die schon vorher bestehende Aussage, dass ein kombinierter von Anbau von Kräutern mit Gräsern schlecht möglich ist (G. BRIEMLE, 1997). Erstaunlich ist hierbei, dass auch als schwachwüchsig bekannte Arten von Gräsern die Bildung von Trockenmasse der Kräuter negativ beeinflussen (E. KLAPP, 1971; A. PETERSEN, 1988). Dies

war vor Versuchsbeginn vor allem bei *Lolium perenne* zu erwarten. Ein Faktor, der evtl. eine weitere Rolle spielen kann, ist der Aussaatszeitpunkt der Kräuter. Dieser befand sich im Sommer, Anfang Juli. Die Keimzeiten von Kräutern liegen jedoch, wie im Kapitel 2 ersichtlich ist, in unterschiedlichen Zeiträumen. Die meisten Kräuter benötigen im Vergleich zu Gräsern eine deutlich längere Keimdauer. (z.B. bei Beifuß bis zu 200 Tagen (G. BRIEMLE, 1997). Bei Vergleich der Trockenmasse in % der einzelnen Kräuter in den einzelnen Gräsergruppen weisen alle Kräuter bis auf die kleine Bibernelle höchste Signifikanzen zwischen den Varianten und deutlich höhere Werte in der 0-Probe auf. Die Kleine Bibernelle zeigte in diesem Versuch große Ausfälle auf. Die ermittelten Werte sind deshalb nicht zu verwenden.

Dass ein kombinierter Anbau schlecht möglich ist, oder zumindest nicht bei der Aussaatmenge von ca. 4 g/m² Saatgut von Gräsern, wurde durch den Versuch eines kombinierten Anbaus von Kräutern mit Gräsern nochmals bestätigt. Versuche bei verminderter Saatgutzugabe könnten weiteren Aufschluss darüber geben, ob die TM-Werte der Kräuter sich steigern lassen würden. Die Gräser würden sich als Trägermaterial von Kräutersoden aufgrund ihrer verdrängenden Wirkung in der hier durchgeführten Anbauvariante nicht eignen.

6.6 Gewebe zur Stabilisierung von Kräutersoden

6.6.1 Erhaltungszustand der Gewebe

Bei den Untersuchungen zur Beurteilung des Erhaltungszustandes der im Substrat verlegten und bedeckten Gewebe fand nach der Freiräumung der obersten Deckschicht eine Sichtbeurteilung der einzelnen Gewebe statt. Die Gewebe wiesen höchst signifikante Unterschiede in ihren Erhaltungszuständen auf. Die Kokosfasermatte zeigte hierbei den besten Erhaltungszustand. Bei der Sichtbeurteilung waren kaum Verrottungen oder Zerstörungen der Struktur feststellbar. Bei den anderen Geweben wie Baumwolle und den zwei Jutevarianten, befand sich die Masse der Stichproben bei dem Zustand: Gewebe zerstört, aber noch teilweise vorhanden. Anhand dieser Ergebnisse kann darauf geschlossen werden, dass sich der Einbau eines tragenden natürlichen Gewebes zur Stabilisierung von Kräutersoden evtl. mit Kokosfasermatten realisieren lassen würde.

6.6.2 Reißfestigkeit der Gewebe

Vor dem Einbau der Gewebe in das Substrat wurde eine Messung mit einer Federzugwaage zur Reißfestigkeit der Gewebe durchgeführt. Nach einem Zeitraum von rund sechs Monaten wurde das Gewebe nochmals auf die Reißfestigkeit untersucht. Zwischen den einzelnen Zeiträumen der Untersuchungen der Gewebe sind höchst signifikante Unterschiede feststellbar. In diesem Versuch wurde deutlich, dass Baumwolle als gewebte Stoffbahn und beide Varianten aus Jute sich nicht als Untergrundmaterial zur Stabilisierung von Soden eignen. Der Verrottungsprozess dieser Materialien war durch die Wirkungen des Substrates und der Bewässerung der Tischbeete zu weit fortgeschritten, was anhand der Daten des Erhaltungszustandes schon sichtbar wird. So konnte z.B. bei dem Baumwollgewebe nur noch ein durchschnittlicher Messwert von ca. 23,37 N ermittelt werden. Die Kokosfasermatte konnte diesen Einflüssen anhand der Beurteilung des Erhaltungszustandes und auch des Tests der Reißfestigkeit am besten widerstehen. Zwar ist auch hierbei der Mittelwert im Vergleich zur ersten Messung (122,6 N) gesunken, jedoch werden immer noch Messwerte von 70,9 N erreicht. Dieses Niveau wurde bei der ersten Messung in etwa von der Baumwolle erreicht. Aufgrund der unterschiedlichen Verfügbarkeit im Handel weisen die verwendeten Materialien unterschiedliche Stärken auf. So betrug die Stärke der Kokosfasermatte ca. 15 mm, während bei der Baumwolle nur ca. 1 mm Materialstärke vorzuweisen war. Für zukünftige Untersuchungen würde es sich anbieten, diesen Versuch fortzusetzen und Materialien mit gleicher Stärke anfertigen zu lassen. Das in diesem Versuch eingesetzte Kokosfasergewebe in Mattenform würde sich als spät verrottendes Trägermaterial bei der Sodenanzucht und der Verpflanzung eignen. Da es sich bei der Kokosfasermatte um ein natürliches und unbehandeltes Material handelt, könnten evtl. Düngungseffekte auf die zu etablierenden Pflanzen ausgehen. Die Wachstumsleistungen von einzelnen Pflanzen und auch die Verwendung verschiedener Mattenstärken und -dichten müssten in zukünftigen Versuchen untersucht werden.

6.6.3 Zusammenfassung

Für die Wahl eines geeigneten Trägermaterials zur Stabilisierung von Kräutersoden wurden Gewebe von Baumwolle, Jute und Kokosfaser neun Monate in Substrat unter Vorzuchtbedingungen von Soden präpariert. Untersuchungen des Erhaltungszustandes und der Reißfestigkeit der Materialien ergaben, dass Kokosfaser sich als Trägermaterial

eignen würde. Weitere Untersuchungen mit unterschiedlichen Dichten und Materialstärken, sowie über evtl. vorhandene Nebeneffekte, müssten folgen.

6.7 Kräutersodenschneider

Im Rahmen dieser Arbeit wurde mit der Entwicklung eines einfachen Sodenschneider-systems begonnen, welches für Schälvorgänge von Kräutersoden eingesetzt werden sollte. In ihrem Grundaufbau orientierte sich die Konstruktion an konventionellen landwirtschaftlichen Schlepperanbaugeräten. Die Gestaltung des Schälmessers mit seiner geraden Schneide und den beiden Seitenschneiden war zu Beginn mit der von handgeführten, im Garten- und Landschaftsbau eingesetzten Sodenschneidern (*KOMTEK*) vergleichbar. Ein oszillierender Antrieb der Schneideapparatur erfolgte nicht. Diese erste Konstruktion stellte, aufgrund der nicht funktionsfähigen Arbeitsweise, eine Fehlkonstruktion dar. Durch zahlreiche Modifikationen, insbesondere der Gestaltung der Schneiden, konnte ein Erfolg im Schälen von Rasenbahnen erzielt werden. Hierbei zeigten eine dreispitzförmige Schneide und Seitenvorschneiden aus Scheibensechen die besten Ergebnisse bei den Schälvorgängen auf, auch wenn der Sodenschneider nicht in der Lage war, sich eigenständig auf Zug in die Grasnarbe zu ziehen.

Bei Beachtung der Anforderungen an Fertigrasen nach DIN 18917, würde der in dieser Arbeit beschriebene Sodenschneider hinsichtlich der Schälstärke diese Anforderungen nicht erfüllen. Statt der maximal verlangten 2,5 cm Schälstärke (R. LEHR et al., 1997) konnten nur ca. 3 bis 5 und sogar maximal 8 cm Schälstärke der Soden erreicht werden. Dicksoden finden ihre Anwendung für Sportplatzausbesserungen (E. HARDMAN, 2009). Die Gründe für die schwankende Schälstärke waren zum einen unebener Untergrund und zum anderen die große Entfernung zwischen Schälmesser und Anbaupunkt am Schlepper. Durch den starren Anbau setzte bei Bodenunebenheiten der Schlepper den Soden-schneider wiederholt aus seinem Schnitt bzw. beeinflusste die Schnitttiefe. Produktionsstandorte für Fertigrasenanbau müssen eine ebene Oberfläche aufweisen, um die Erzeugung von Soden mit gleicher Schnittstärke zu ermöglichen (G. SCHWAB, 2009). Diese Gegebenheiten waren auf dem Versuchsgelände und im weiteren Umkreis nicht anzutreffen.

Sehr problematisch gestalteten sich die Versuche, Kräutersoden zu schälen. Es kam weder ein selbstständiger und erfolgreicher Einzug unter die Vegetationsdecke noch ein Schälvorgang des Sodenschneiders zustande. Ein Grund für die nicht erfolgreichen Schälvorgänge

könnte der Wurzel Aufbau der Kräuter sein. Bei Kräutern handelt es sich um dicotyle Pflanzen, während Gräser zu den monocotylen Pflanzen gezählt werden können. Dicotyle Pflanzen weisen einen pol- oder sprossbürtigen Wurzel Aufbau auf (L. KUTSCHERA/M. SOBOTIK, 1992). Die in diesen Versuchen behandelten Kräuter zeigten diese Bewurzelungen. Bei einigen Arten, z.B. Zichorie, Wiesensalbei und Kleine Bibernelle, kommen pfahlförmige Polwurzelsysteme vor (L. KUTSCHERA/M. SOBOTIK, 1992). Während des Topfversuches von Wurzelkürzungen fielen bei fast allen, per Hand ausgeführten, Wurzelschnitten hohe Schnittwiderstände der Wurzeln auf.

Gräser weisen generell einen sprossbürtigen Wurzel Aufbau mit einem hohen Feinwurzelanteil auf (K. U. HEYLAND, 1996). Auch ist bei Gräsern das sekundäre Dickenwachstum der Wurzeln nicht vorhanden und es wird keine sekundäre Rinde aus dem Percambium gebildet (L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1982). Es könnte sein, dass aus diesen Gründen die Widerstände beim Schälen von monocotylen Pflanzen geringer ausfallen als bei dicotylen Pflanzen. Die Schnittwiderstände der Wurzeln von Kräutern und Gräsern müssten in zukünftigen Versuchen untersucht werden.

Anhand der Versuche wurde deutlich, dass sich das in dieser Arbeit entwickelte Sodenschneidersystem, basierend auf im Fertigrasenbau eingesetzte Technik, nicht auf Schälvorgänge von Kräutersoden übertragen lässt. Es bedarf aus diesem Grunde der Entwicklung einer speziellen, für dicotyle Pflanzen geeigneten Sodenschneidertechnik.

6.8 Übergreifende Diskussion zur Sodenherstellung

Die oben genannten Ergebnisse der einzelnen Versuche waren oftmals nicht eindeutig, um klare Aussagen zur Etablierbarkeit von Kräutern zu treffen. Die hier durchgeführten 6 Wiederholungen je zu untersuchender Pflanzenart waren anscheinend zu gering angesetzt. Um eine bessere Aussagekraft der Ergebnisse zu erhalten müssten die Wiederholungen je einzelner Art deutlich (z.B. auf 12 Wiederholungen) erhöht werden. Aufgrund von den teilweise sehr großen Arbeitsumfängen der einzelnen Versuche, müsste jedoch die zu behandelnde Artenzahl an Pflanzen je Versuch deutlich reduziert werden. Die Zahl der in den meisten Untersuchungen behandelten Pflanzenarten (9) war eindeutig zu hoch angesetzt. Um zukünftige Versuche übersichtlicher zu gestalten und auch noch mehrere Wiederholungen dieser durchzuführen zu können würde es sich empfehlen nur noch maximal 3 Pflanzenarten zu behandeln.

Das Wort „Kräuter“ ist ein Überbegriff für eine nicht homogene Gruppe von Pflanzen und ist keine botanische Bezeichnung. Es handelt sich hierbei um eine große Bandbreite von Pflanzentypen mit starken physiologischen und anatomischen Unterschieden. Für zukünftige Versuche sollte eine Zusammenstellung der zu untersuchenden Kräuter nicht mehr nach ihren Wirkstoffen stattfinden, sondern sich anhand von Auswahlversuchen nach dem jeweiligen Wurzelbau und der Pflanzenfamilien gestalten.

Die Versuche der Wurzelkürzungen haben gezeigt, dass ein Unterschneiden der Wurzeln von Kräutern auch bei polbürtigen Pflanzen bei einer Schälstärke von 3 cm möglich ist, ohne dass diese eingehen. Die Erträge des Oberbewuchses, die bei Etablierungsmaßnahmen als Erfolg gewertet werden können, waren jedoch bei einem erfolgten Wurzelschnitt insgesamt geringer zu bewerten, als die der unbehandelten Nullprobe. Dies war jedoch auch aufgrund der Schnitttiefen von 3 und 6 cm zu erwarten, da die meisten in diesem Versuch behandelten Kräuter tiefwurzeln Pflanzen darstellen (L. KUTSCHERA, 1960; L. KUTSCHERA/E. LICHTENEGGER, 1992). Jedoch zeigten Kräuter mit polbürtiger Bewurzelung, und speziell diejenigen mit einem pfahlförmigen Wurzelbau, z.B. Zichorie und die Kleine Bibernelle, geringere Trockenmasse-Mengen in % des Oberbewuchses auf als die der unbehandelte Nullprobe. Eine Herstellung von Kräutersoden in Bezug auf die Möglichkeit der Unterschneidung der Wurzeln dieser beiden Kräuter war zwar erfolgreich, jedoch mit verringerten Erträgen verbunden. Schafgarbe und Spitzwegerich, Hornklee aber auch der Eibisch sind in dieser Hinsicht am ehesten geeignet, da bei den Varianten des Oberbewuchses kaum signifikante Unterschiede feststellbar sind. Natürlich müsste dieser Versuch mehrmals mit einer höheren Anzahl an Wiederholungen durchgeführt werden, um eine höhere Aussagekraft zu erlangen. Da Kräuter teilweise lange Keim- und Entwicklungszeiten aufweisen (G. BRIEMLE, 1997), gestaltet sich eine Vorzucht für Soden mittels einer Breitsaat schwierig. Dies zeigte auch der Voranbau der Kräuter unter Freilandbedingungen auf. Aufgrund von Anflug mussten regelmäßige Bewuchsregulierungen vorgenommen werden. Aufgrund der im Fertigrasenbau üblichen Breitsaat konnte nur auf handmanuelle Maßnahmen, die sehr zeitintensiv waren, zurückgegriffen werden. Trotz dieser Regulierungsmaßnahmen konnten z.B. für den Versuch des Anwuchsverhaltens nach A. J. TURGEON (1972) keine reinen Kräutersoden gestochen werden. Für eine Kräutersodenproduktion würde sich daher diese Anbauvariante nicht empfehlen. Im Rahmen des Versuches zum Anwuchsverhalten von Kräutersoden fand auch eine Vorzucht unter standardisierten Bedingungen im Gewächshaus statt. Durch die Abschirmung von Anflug und durch

die Sterilisation des Substrates waren Beiwuchsregulierungen nicht notwendig und erleichterten die Vorzucht deutlich. Auch waren bei einigen Pflanzenarten (Hornklee, Beifuß, Kleiner Wiesenknopf und Spitzwegerich) trotz einer Anbauzeit von rund sechs Monaten teilweise die Erträge des Oberbewuchses höher als in der Freilandvariante, wenn auch erst beim zweiten Schnitt. Bei der Freilandvariante zeigten nur der Kleine Wiesenknopf und der Spitzwegerich höhere Erträge und dies nur beim ersten Schnitt. Eine exakte Aussage zum Ertragsverhalten der unterschiedlichen Vorzuchtsorte konnte somit nicht getroffen werden. Es ist jedoch zu bedenken, dass ein Anzuchszeitraum von ca. sechs Monaten als wirtschaftlich vorteilhafter zu bewerten ist, da somit auf einer Anzuchsfläche ca. die sechsfache Menge an Soden im Vergleich zu einem dreijährigen Anzuchszeitraum produziert werden kann. Das Anwuchsverhalten, in Form von Entwurzelwiderständen, nach A. J. TURGEON (1972) gemessen, brachte nur bei der Schafgarbe signifikante Unterschiede hervor. Hier waren die Werte bei der Gewächshausvariante höher angesiedelt.

Für die Produktion von Kräutersoden ist allerdings eine Vorzucht unter diesen Bedingungen als nicht sehr praxistauglich zu bewerten. Günstiger könnte die Vorzucht von Kräutersoden in Folientunneln stattfinden. Dieser Aspekt wäre jedoch in zukünftigen Forschungsvorhaben zu untersuchen.

Bei der Sodenbergung des Versuches zum Anwuchsverhalten zeigte sich jedenfalls deutlich, dass reine Kräutersoden der Gewächshausvariante in geringem Alter von sechs Monaten ohne komplizierte Vorbehandlungen zum Zerfallen neigen. Bei den im Freiland vorgezogenen Soden war ein Anteil an Beiwuchs, trotz regelmäßiger Beiwuchsregulierungsmaßnahmen, vorhanden und auch das Wurzelsystem, aufgrund der Vorzuchszeit von rund drei Jahren, stärker ausgebildet. Die Soden zerfielen nicht ohne weiteres, mussten aber trotzdem sehr vorsichtig behandelt werden, um ein Zerfallen zu verhindern. Dies wurde beim Anpassen der Kräutersoden in die Versuchsrahmen nach TURGEON (1972) sehr deutlich. Gründe können hier insbesondere im Wurzel Aufbau der Kräuter gesehen werden. Eine Produktion von Kräutersoden scheint deshalb ohne eine Stabilisierung der Soden nicht möglich zu sein. Der Versuch eines kombinierten Anbaues mit Untergräsern hat jedoch gezeigt, dass eine Verstärkungsmaßnahme von Kräutersoden sich wahrscheinlich nicht durch einen Begleitwuchs von schwachwüchsigen Gräsern bewerkstelligen lässt, da diese den optimalen Wuchs der Kräuter behindern. Aus diesem Grund müsste entweder die Aussaatstärke der Gräser deutlich reduziert werden, was in Folgeuntersuchungen zu klären wäre, oder es müsste ein geeignetes, in das

Vorzuchtssubstrat eingebautes Trägermaterial Verwendung finden. In dieser Arbeit zeigte sich, dass sich als natürliches Trägermaterial Kokosfaser aufgrund einer hohen Zugfestigkeit und eines guten Erhaltungszustands am besten zur Stabilisierung von Kräutersoden eignen würde. Zukünftige Untersuchungen wären nötig, um die Materialstärke und Dichte des Materials Kokosfaser zu optimieren und die Bildung von TM der Pflanzen auf diesem Material und evtl. vorhand-ene Düngungseffekte zu untersuchen.

Das Schälen von Kräutersoden scheiterte in dieser Arbeit aufgrund der Bewurzelung der angebauten Kräuter und des auf Technik aus der Fertiggrasenproduktion basierenden Sodenschneidersystems. Dadurch, dass Kräuter zu den dicotylen Pflanzen gehören und somit ein anderes, durch Dickenwachstum geprägtes Wurzelsystem aufweisen, konnten mit einem auf Zug betriebenen Schälmessersystem trotz verschiedener Modifikationen, keine Kräutersoden geschält werden. Für zukünftige Versuche und die Produktion von Kräutersoden bedarf es der Entwicklung einer neuen Sodenschneidertechnik. Ein Lösungsansatz könnte die Konstruktion einer Schneidevorrichtung mit oszillierender Arbeitsweise sein. Die bei den Schälversuchen aufgetretenen Widerstände könnten hierdurch reduziert werden. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass eine Erzeugung von Kräutersoden, auch in Schnitttiefen von 3 cm, möglich ist. Die Anforderungen an den Anzuchtsort und auch an die Anzuchtsbedingungen unterscheiden sich von denen in der Fertiggrasenproduktion und können somit nicht übertragen werden. Auch muss die Stabilität von Kräutersoden durch Trägermaterialien erhöht werden, um Schäden der Soden vorzubeugen. Die einzusetzende Schältechnik muss an die Gegebenheiten des Wurzelaufbaues von dicotylen Pflanzen angepasst werden.

7 Zusammenfassung

Als Kräuter werden alle krautigen Pflanzen, die nicht zu den Gehölzen und zu den Gräsern zählen, bezeichnet. Sie erfüllen wichtige Funktionen bei der Förderung von Insekten und der Ästhetik von Landschaften und tragen zur Verbesserung des Grundfutters landwirtschaftlicher Nutztiere bei. Ansaaten von Kräutern in geschlossene Vegetationsdecken und bei Neuanlagen sind durch deren langandauernde Entwicklungsphasen sehr schwierig zu realisieren. Eine innovative Option zur Etablierung in Grünlandbeständen kann die Herstellung von Kräutersoden sein. Ziel dieser Arbeit ist die Untersuchung der Eignung von Kräutern zur Sodenproduktion. Durch unterschiedliche Merkmale von Kräutern und Gräsern können Probleme bei der Entwicklung von Kräutersoden auftreten. Folgende Hypothesen der Untersuchungen zur Kräutersodenproduktion liegen dieser Arbeit zu Grunde:

- Kräuter mit tiefen Polwurzeln werden bei flach ausgeführten Wurzelschnitten schlechter anwurzeln, geringeren Ertrag und ein niedrigeres Entwicklungsstadium des Oberbewuchses aufweisen.
- Tiefere Wurzelschnitte ermöglichen höhere Zuwächse an Gesamtwurzelmasse, an neugebildeter Wurzelmasse, im Oberbewuchs und in den Entwicklungsstadien.
- Die Entwicklung und der Ertrag werden im Vergleich zu Grassoden niedriger liegen.
- Der Vorzuchtsort sowie der Vorzuchszeitraum werden deutliche Einflüsse im Ertrag aufzeigen.
- Die Anwuchsbereitschaft ist im Vergleich zu Rasensoden geringer.
- Um bessere Sodenstabilitäten zu ermöglichen, muss ein möglichst robustes und widerstandsfähiges natürliches Trägermaterial Anwendung finden.

In dieser Arbeit sind verschiedene Anbauversuche mit Wurzelkürzungen und Ertragsbestimmungen sowie Sodenverpflanzungen, die Ermittlung eines optimalen Trägermaterials und Untersuchungen zur Entwicklung eines Sodenschneidersystems durchgeführt worden.

Wurzelkürzungen an Kräutern ergaben, dass die Bildung der Gesamtwurzelmasse, der Wurzelneubildung und der Masse des Oberbewuchses bei einzelnen Kräutern nur z.T. im Zusammenhang mit der Schnitttiefe stehen und die Entwicklungsstadien der Kräuter keine signifikanten Unterschiede aufzeigen. Hieraus ergibt sich, dass ein Wurzelschnitt generell möglich ist, jedoch verschiedenen Arten von Kräutern unterschiedlich stark auf diesen reagieren.

Zu den Entwicklungsstadien, zum Ertrag des Bewuchses und zum Anwurzungsverhalten von Kräutersoden können in Abhängigkeit vom Vorzuchtsort und im Vergleich zu Fertigrasen keine abschließenden Aussagen getroffen werden. Es besteht daher weiterer Forschungsbedarf.

Ein kombinierter Anbau mit Untergräsern eignet sich durch die wuchsverdrängende Wirkung nicht zur Stabilisierung von Kräutersoden. Es konnte aber gezeigt werden, dass Trägermaterial aus Kokosfaser durch die hohe Zugfestigkeit und der Langlebigkeit des Materials geeignet ist. Demzufolge könnte es bei der Produktion von Kräutersoden eine wichtige Rolle spielen.

Das Design von Sodenschneidertechnik aus dem Fertigrasenbau kann nicht auf die Erzeugung von Kräutersoden übertragen werden, da Kräuter andere Wurzelmerkmale als Gräser haben und sich daher spezielle Anforderungen ergeben. Für einen erfolgreichen Schälvorgang von Kräutersoden bedarf es der Entwicklung einer speziell angepassten Technik. Denkbar wäre die Verwendung oszillierender Schneideorgane, welche den Schneidvorgang besser ermöglichen könnten.

Dadurch, dass ein flacher Wurzelschnitt bei Kräutern erfolgen kann, ist eine Erzeugung von Kräutersoden möglich. Aufgrund von morphologischen Unterschieden zwischen Kräutern und Gräsern unterscheiden sich diese in ihren Anforderungsprofilen, die Techniken der Fertigrasenproduktion können somit nicht direkt auf eine Kräutersodenproduktion übertragen werden. Mit dieser Arbeit fand ein erster Ansatz zur technischen Entwicklung einer Kräutersodenproduktion statt. Die Versuche haben gezeigt, dass noch viele Fragen bei der Entwicklung von Kräutersoden offen sind. Es wäre daher wünschenswert, diese durch weitere Forschungsvorhaben zu beantworten.

8 Summary

All herbaceous plants which do not belong to bosks and grasses are defined as herbs. They fulfill important functions in order to enable insects to grow as well as shape the landscape aesthetically; additionally herbs are a fundamental contributor to the improvement of animal food and agricultural productive livestock. Sowings of herbs in closed vegetation covers and in new plantings are difficult to establish because of their long-lasting development phases. The production of herb sods can be an innovative option for the establishment of herbs in grassland populations. The aim of this work is to determine whether herbs are a useful tool for the sod production or not. Due to the different characteristics of herbs and grasses various problems in the development of herb sods could occur. The following hypotheses underlie this work:

- herbs with pin shaped roots will show a bad rooting, reap lower yields and furthermore will develop inferior stages of vegetation
- lower undercut of the roots allows higher increases of the total and emergent root mass in the above mentioned vegetation and its development-stages
- the development progress and the yield will be less efficient than that of grass-sods
- the breeding area as well as the breeding period will show clear effects on the yield
- the fouling attendance is lower compared to grass-sods
- to submit a better stability of sod a robust, resistant, and natural support material must be used

This thesis investigated the development of a sod cutting system, different growing experiments with root trimming, yield determination, planting of herb sods as well as the determination of finding an ideal support material.

Root cuts showed that the formation of the total root mass, the root emergent and the mass of the above vegetation of particular herbs only partly relate to the depth of the cut and that the developmental stages of these herbs do not indicate any crucial differences. One can therefore extrapolate that a root cut is generally speaking possible; however different types of herbs react immensely dissimilar to the cuts. A final conclusion at this point cannot be drawn about the breeding area in comparison of turf to the yield of fouling and the root be-

Summary

havior of herb sods. It is therefore essential that further research into this area will be conducted.

A combined cultivation of bottom grasses is not suitable for the stabilization of herb sods because of the displacing effect in its growing. However, the argument can be sustained that coconut fiber as a support material is suitable due to the high tensile strength and longevity of its composition. Hence, it could play a crucial role in the production of herb sods.

The design of sod cutting systems from turf construction is not applicable to the production of herb sods, as herbs have a different root character in comparison to grasses. It requires enhanced technology in order to establish a successful peeling technique of the herbs.

A production of herb sods can be possible by shallowly cutting the root of the herbs. Because of the morphologic differences between herbs and grasses they also differ in the growing requirements. The technology of turf construction is also not applicable to the herb sods production. This work was an initial research approach into the technical development of herb sods production. The experiments have shown that multiple queries in the development of herb sods are still open for discussion. Hence, it would be desirable to answer these questions with the help of further experimental research.

9 Literaturverzeichnis

- W. AHLMER (2010): Botanischer Informationsknoten Bayern. URL:
http://www.bayernflora.de/de/info_pflanzen.php?taxnr=1714, Abgerufen am 23.01.2010
- AICHBERGER, M. BIZAJ, F. FRITSCH, D. GANSINGER, W. HAGMÜLLER, I. HAHN, A. HOLZZANK, V. KOLAR, E. STÖGER (Arbeitsgruppe Kräuter und Gewürze für Nutz- und Heimtiere) (2006): Ratgeber für die Anwendung ausgewählter Heil- und Gewürzpflanzen, Eigenverlag, Enzersfeld
- D. AICHELE/H. SCHWEGLER (1973): Unsere Gräser, 3. Aufl., Franckh'sche Verlagsbuchhandlung, W. Keller & Co., Stuttgart
- G. ANACKER (2008): Lebensleistung und Nutzungsdauer der Milchkuh – Was kann das Grünland beitragen? In Effiziente Grünlandbewirtschaftung, Deutscher Grünlandtag, 22. Allgäuer Grünlandtag 2008, LfL, Freising
- ANBAU UND VERWENDUNG VON KRÄUTERN (11/1990): Hrsg. Die Schule in Nordrhein-Westfalen, Eine Schriftenreihe des Kultusministeriums, Umwelterziehung 2, Verlagsgesellschaft Ritterbach mbH, Frechen,
- J. P. BAKKER (1989): Nature Management by grazing and cutting, Geobotany 14, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Netherlands
- R. F. BARNES, c. J. NELSON, M. COLLINS, K. J. MOORE (2003): Forages an introduction to grassland Agriculture, Volume 1, 6th Edition, Iowa State University Press, Blackwell Publishing Company, Ames/USA
- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WEINBAU UND GARTENBAU (8/2007): Rasen und Wiese im Hausgarten, Merkblatt 4254, Veitshöchheim
- I. BENDER (2003): Praxishandbuch Pferdeweide, Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co, Stuttgart
- F. BIANCHINI, F. CORBETTA (1978): Der große Heilpflanzenatlas (Le piante della salute), BLV Verlagsgesellschaft mbH, München
- H. v. BLEICHERT (1951): Erfolgreiche Grünlandwirtschaft, Paul Parey in Berlin und Hamburg
- W. O. v. BOBERFELD (1994): Grünlandlehre, biologische und ökologische Grundlagen, UTB 1770, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- M. BOCKSCH (1998): Das praktische Buch der Heilpflanzen, Kennzeichen- Heilwirkung, Anwendung- Brauchtum, BLV Verlagsgesellschaft, München
- M. BOCKSCH (29.05.2009): Verbandsreferent Deutscher Rollrasenverband, mündliche Mitteilung
- R. BOSCH GmbH (1999): Kraftfahrttechnisches Taschenbuch, 23. Aufl., Friedrich Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden
- D. BOWN (1995): Dumont's Große Kräuterenzyklopädie, Dumont Buchverlag, Köln
- L. BREMNESS (1988): Das große Buch der Kräuter, AT Verlag Aarau/ Schweiz

- T. BRENDLER, J. GRÜNEWALD, C. JÄNICKE (2003): Heilpflanzen/Herbal remedies (CD-ROM), Medpharm Scientific Publishers, Stuttgart
- G. BRIEMLE, D. EICKHOFF, R. WOLF (1991): Mindestpflege und Mindestnutzung unterschiedlicher Grünlandtypen aus landschaftsökologischer und landeskultureller Sicht, Hrsg. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe Abteilung 2 Grundsatz Ökologie und der Staatlichen Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung und Grünlandwirtschaft (LVVG), Aulendorf, Karlsruhe
- G. BRIEMLE (1997): Farbatlas Kräuter und Gräser in Feld und Wald, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart (Hohenheim)
- BROCKHAUS (1990): Enzyklopädie, Band 12, Kir - Lag, 19. Aufl., FA Brockhaus GmbH, Mannheim
- BROWER* (2009): Brower Turf, Keswick, Canada, <http://www.browerturf.com>
- F. BRÜNNER/J. SCHÖLLHORN (1972): Bewirtschaftung von Wiesen und Weiden, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart
- K. BUCHGRABER, G. GINDL (2004): Zeitgemäße Grünlandbewirtschaftung, 2. Aufl., Leopold Stocker Verlag, Graz/Österreich
- BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT und VERBRAUCHERSCHUTZ (Hrsg.) (2007): Arzneipflanzen, Anbau und Nutzen, Selbstverlag, Berlin
- M. S. CHRISTIANSEN, V. HANCKE (1980): BLV Bestimmungsbuch Gräser, BLV Verlagsgesellschaft, München, Wien, Zürich
- S. DABBERT, A. M. HÄRING, R. ZANOLI (2004): Organic Farming, Policies & Prospects, Zed Books Ltd, New York/USA
- W. R. DACHROTH (2002): Handbuch der Baugeologie und Geotechnik, Springer Verlag, Berlin
- M. DEGENBECK (2007), BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WEINBAU UND GARTENBAU, Abteilung LANDESPFLEGE (Hrsg.): Basiswissen Rasenbau – Anlage und Pflege von Rasenflächen, veränderter Nachdruck, erschienen in: Deutscher Gartenbau 2006, Heft 4, 6, 8, 10, 12, Veitshöchheim
- H. DIERSCHKE, G. BRIEMLE (2008): Kulturgrasland, Wiesen, Weiden und verwandte Staudenfluren, Eugen Ulmer KG, Stuttgart
- W. DIETL, J. LEHMANN (2004): Ökologischer Wiesenbau, nachhaltige Bewirtschaftung von Wiesen und Weiden, Österreichischer Agrarverlag, Leopoldsdorf/Österreich
- H. P. DÖRFLER, G. ROSELT (1990): Heilpflanzen, Gestern und Heute, Lingen Verlag, Bergisch Gladbach
- K. DÖRTER (1974): Süßgräser, Riedgräser und Binsengewächse, Uranier Verlag, Leipzig/Jena/Berlin, DDR
- DUDEN (2001): Duden-Herkunftswörterbuch, Bibliographisches Institut & F. A. Brockhaus AG, Mannheim
- H. EICHHORN (Hrsg.) (1999): Landtechnik, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart (Hohenheim)
- A. EINHAUSER, C. HÖRTER (2002): Formelsammlung Mathematik, Physik, Chemie, Cornelsen Verlag, Berlin

- M. ENSBERG, K. KURT, L. STAR, E. STILMA, S. TROOSTHEIDE (2002): Kruiden voor Koeien, Literatuurstudie over het gebruik van kruiden in de biologische melkveehouderij, AGRO-BIO Consultancy, In opdracht van het Louis Bolk Instituut, Universität Wageningen/Niederlande
- J. ESSER (4.06.2009): Rollrasenbetrieb Hof Esser, Groppendorf, mündliche Mitteilung
- G. FISCHER (1984): Heilkräuter und Gewürzpflanzen, 7. Auflage, Karl F. Haug Verlag, Berlin/Tübingen/Saulgau
- FLL, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung, Landschaftsbau e.V. (Hrsg.) (2005): Regel-Saatgut-Mischungen Rasen RSM 2005, 27. Jahrgang, 1. Aufl., Selbstverlag, Bonn
- FNR (2007): Arzneipflanzen, Anbau und Nutzen, Hrsg.: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Selbstverlag, G lzew
- W. FREY, R. L SCH (2004): Lehrbuch der Geobotanik, Pflanzen und Vegetation in Raum und Zeit, Spektrum Akademischer Verlag, München
- D. FROHNE (2006): Heilpflanzenlexikon, Ein Leitfaden auf wissenschaftlicher Grundlage, 8. Aufl., Deutscher Apotheker Verlag, Stuttgart
- J. FROHNER, L. LORBEER, H. REICHMANN (2010): Gartenbautechnik,  sterreichischer Agrarverlag, Wien/Österreich
- K. D. GANDERT (1988): Rasen im Garten, 5. Auflage, BFG Bücher für Gartenfreunde, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin/DDR
- E. GE L (1971): Weidewirtschaft, 2. Aufl., Leopold Stocker Verlag, Graz und Stuttgart
- E. GE L (1985): Das Grünland, Leopold Stocker Verlag, Graz und Stuttgart
- A. GÖTZ/J. KONRAD (Schriftl.) (1978): Pflanzenbau, Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart
- W. GROSSER, P. HIMMELHUBER (1997): Rasen, Zierrasen, Spielwiese, Blumenwiese, Eugen Ulmer Verlag GmbH & Co., Stuttgart (Hohenheim)
- GROUNDSMAN (2009): Unikom Vertriebsgesellschaft mbH, Rottenburg, <http://www.unikom.eu>
- H. HAASE (2009): Ratgeber für den praktischen Landwirt, Neuauflage der 8. Auflage 1960, Verlag Siebeneicher, Berlin, Manuscriptum Verlagsbuchhandlung Thomas Hoof KG, Waltrop und Leipzig
- H. HACK, H. BLEIHOLDER, L. BUHR, U. MEIER, U. SCHNOCK-FRICKE, E. WEBER, A. WITZENBERGER (1992): Einheitliche Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien mono- und dicotyler Pflanzen – Erweiterte BBCH-Skala, Allgemein-
- E. HARDMAN (1.04.2009): Sportamt Basel/Schweiz, mündliche Mitteilung
- M. E. HEATH, R. F. BARNES, D. S. METCALFE (1985): Forages, the science of grassland agriculture, 5th Edition, Iowa state university press, Ames/USA
- E. HEINEMANN, R. FELDHAUS (2003): Hydraulik für Bauingenieure, Vieweg + Teubner Verlag, Stuttgart
- H. HERRMANN/U. MEYER-ÖTTING (Schriftl.) (1981): Agrarwirtschaft, Fachstufe Landwirt, BLV Verlagsgesellschaft München, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup

- K. U. HEYLAND (Hrsg) (1996): Allgemeiner Pflanzenbau, 7. Aufl., Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co, Stuttgart (Hohenheim)
- K. v. HEYNITZ, G. MERCKENS (1987): Das biologische Gartenbuch, 5. Aufl., Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- K. HILLER/M. F. MELZIG (2005): Lexikon der Arzneipflanzen und Drogen, Area Verlag GmbH, Erfstadt
- H. HOCHBERG (2008): Effiziente Grünlandbewirtschaftung für's Milchvieh, In: Effiziente Grünlandbewirtschaftung, Deutscher Grünlandtag, 22. Allgäuer Grünlandtag 2008, LfL, Freising
- K. HOCHHAUS (29.05.2010): mündliche Mitteilung, Burghaun-Großenmoor
- W. HOOD FITCH (1924): Illustrations of the British Flora, London
- J. HOUDRET (2008): Die große Enzyklopädie der Kräuter, 1. Aufl., Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG, Stuttgart
- HUSQVARNA (2009): Husqvarna Deutschland GmbH, Gochsheim, <http://www.husqvarna.de>
- C. P. HUTTER (Hrsg.), G. BRIEMLE, C. FINK (1993): Wiesen, Weiden und anderes Grünland, Weitbrecht Verlag in K. Thienemanns Verlag, Stuttgart und Wien
- J. ISSELSTEIN, G. SPATZ, M. HOFFMANN (2001): Organic Grassland Farming, Grassland Science in Europe Volume 6, Mece Druck und Verlag, Duderstadt
- E. J. JÄGER, K. WERNER (2002): Gefäßpflanzen, kritischer Band, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg
- W. M. KÄHLER (1998): SPSS für Windows, 4. Aufl., Verlag Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden
- H. J. KAISER (1972): Statistischer Grundkurs, Kösel-Verlag GmbH & Co, München
- KALINKE CLASSEN (2009): Kalinke areal- und Agrar- Pflegemaschinen Vertriebs GmbH, Berg-Höhenrain, <http://www.kalinke.de>
- D. KAUTER (2/2002): Entwicklung der Rasenkultur in Mitteleuropa, Hrsg., Deutsche Rasengesellschaft e.V., Verlag Hortus-Zeitschriften Cölln+Bleek GbR, Bonn
- A. KESEL, M. JUNGE, W. NACHTIGALL (1999): Einführung in die angewandte Statistik für Biowissenschaftler, Birkhäuser Verlag Basel, Boston, Berlin
- S. KIRSTEN (2006): Herbaversum, URL: http://www.herbaversum.de/?Kraeter_-_Profile/Kraeter_von_D_bis_F/Eibisch , Abgerufen am: 10.05.2010
- E. KLAPP, W. O. v. BOBERFELD (2004): Gräserbestimmungsschlüssel, 5. Aufl., Verlag Eugen Ulmer Stuttgart
- E. KLAPP (1965): Grünlandvegetation nach Beispielen aus West-, Mittel- und Süddeutschland; Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg
- E. KLAPP (1971): Wiesen und Weiden, 4. Aufl., Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg
- E. KLAPP, W. O. v. BOBERFELD (1990): Taschenbuch der Gräser, 12. Aufl. Verlag Paul Parey Berlin und Hamburg
- J. KOPS (1822): Flora batava, Volume 4, J.C. Sepp, Amsterdam

- W. KÖHLER, G. SCHACHTEL, P. VOLESKE (2002): Biostatistik, 4. Aufl., Springer-Verlag Berlin, Heidelberg
- KOMTEK (2008): Intelligente Lösungen e.K., Inh. F. Hemmerich, Möckmühl, <http://www.KomTek.de>
- R. F. KUNZE (1986): Lexikon der Landtechnik, Futterernte und Konservierung, Vogel-Buchverlag, Würzburg
- L. KUTSCHERA (1960): Wurzelatlas mitteleuropäischer Ackerunkräuter und Kulturpflanzen, DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt/Main
- L. KUTSCHERA, E. LICHTENEGGER (1982): Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen, Band 1 Monocotyledoneae, Verlag Gustav Fischer, Stuttgart, New York
- L. KUTSCHERA, E. LICHTENEGGER (1992): Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen, Band 2 Pteridophyta und Dicotyledoneae, Teil 1 Morphologie, Anatomie, Soziologie, Wirtschaft, Verlag Gustav Fischer, Stuttgart, Jena, New York
- L. KUTSCHERA, M. SOBOTIK (1992): Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen, Band 2 Pteridophyta und dicotyledoneae, Teil 2 Anatomie, Verlag Gustav Fischer, Stuttgart, Jena, New York
- L. KUTSCHERA, E. LICHTENEGGER, M. SOBOTIK (2009): Wurzelatlas der Kulturpflanzen gemäßiger Gebiete mit Arten des Feldgemüsebaues, 7. Band der Wurzelatlasreihe, DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main
- J. KRASZEWSKI, T. GREGA, M. WAWRZYNSKI (2004): Effect of feeding herb mixture on cow performance, modification of milk chemical composition, technological value of milk for processing and nutritive value for humans, in: Annals of Animal Science, Vol 4, number 1, pages 91-100
- B. KRAUTZNER, G. PERATONER, F. BOZZO (2004): Standortgerechte Gräser und Kräuter, Saatgutproduktion und Verwendung für Begrünungen in Hochlagen, BAL Veröffentlichung Nr. 42, Bundesanstalt für Alpenländische Landwirtschaft, BAL Gumpenstein
- H. KRUKOWSKI, NOWAKOWICZ, B. DEBEK, L. SABA, R. STENZEL (1998): Effect of mineral-herbal mixtures on IgG blood serum level in growing calves, Roczniki Naukowe Zootechniki, 1998, Vol.: 25, 4: 97-103
- R. LEHR (Bgr.), H. E. BEIER, A. NIESEL, H. PÄTZOLD (Hrsg.) (1997): Taschenbuch für den Garten-, Landschafts- und Sportplatzbau, 5. Aufl., Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin, Wien
- R. LIEBEREI, C. REISDORFF, W. FRANKE (Bgr.) (2007): Nutzpflanzenkunde, 7. Aufl., Thieme-Verlag, Stuttgart
- A. LINDER, W. BERCHTOLD (1979): Elementare statistische Methoden, UTB, Birkhäuser Verlag Basel, Boston, Stuttgart
- H. LOCHNER/J. BREKER (Schriftl.) (2007): Agrarwirtschaft, Fachstufe Landwirt, 8. Aufl., BLV Buchverlag GmbH & Co. KG, München; Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup
- W. LOMER/R. KOPPEN (Hrsg.) (2009): Garten- und Landschaftsbau, Der Gärtner 4, 3. Aufl., Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart (Hohenheim)

- F.LOSCH (1914): Unsere Heilpflanzen in Wort und Bild, 3. Auflage, Bechtermünz Verlag, Augsburg
- H. MACKROTT (1994): Milchviehhaltung, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- R. MABEY et. al. (Hrsg.), (1989): Das neue BLV Buch der Kräuter, Gesundheit, Ernährung, Schönheit, BLV Verlagsgesellschaft, München
- L. MANNETJE, R.M. JONES (2000): Field and Laboratory Methods for Grassland and Animal Production Research, Cabi Publishing, Wallingford Oxon/UK
- P. MANUSCH/ E. PIERINGER (Hrsg.) (1995): Ökologische Grünlandbewirtschaftung, C.F. Müller Verlag, Heidelberg
- MEYERs (1975): Enzyklopädisches Lexikon, 9. Aufl., Bibliographisches Institut AG, Mannheim
- E. MÜLLER (1990): Heilpflanzen, Anbau – Anwendung, Leopold Stocker Verlag, Graz/Österreich
- H. NORDEN (19.06.2009): Norden Rollrasen, mündliche Mitteilung, Brockel
- R. OPPERMANN, H. U. GUJER (Hrsg.) (2003): Artenreiches Grünland bewerten und fördern; Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- M. PAHLOW (1985): Das große Buch der Heilpflanzen, Gesund durch die Heilkräfte der Natur, Hrsg.: Gräfe und Unzer GmbH, München
- C. J. PEARSON, R. L. ISON (1987): Agronomy of grassland systems, Cambridge University Press, Cambridge, New York, Melbourne, Sydney
- A. PETERSEN (1965): Das kleine Gräserbuch für den praktischen Landwirt und seine Berater, 2. Aufl., Akademie-Verlag Berlin/DDR
- A. PETERSEN (1988): Die Gräser als Kulturpflanzen und Unkräuter auf Wiese, Weide und Acker, 6. Aufl., Akademie-Verlag Berlin/DDR
- R. RAMAN/S. KANDULA (2008): Zoopharmacognosy, Self-Medication in Wild Animals.
URL:
<http://www.ias.ac.in/resonance/March2008/p245-253.pdf> , Abgerufen am: 29.04.2010
- V. RENAUD (2007): Gemüse und Kräuter von A-Z, Eugen Ulmer Verlag Stuttgart
- C. RICHTER (2005): Agrikulturchemie und Pflanzenernährung, Margraf Publishers GmbH, Weikersheim
- J. RIEDER (1983): Dauergrünland, BLV Verlagsgesellschaft München
- RIEGER-HOFMANN* (2007): Rieger-Hofmann GmbH, Blaufelden-Raboldshausen,
<http://www.rieger-hofmann.de>
- C. SCHADE (24.06.2009): NIRA GmbH & Co. KG, Rollrasenproduzent, mündliche Mitteilung, Groß-Ippener
- P. SCHAUBENBERG/F. PARIS (1970): BLV Bestimmungsbuch Heilpflanzen, BLV Verlagsgesellschaft mbH, München
- I. SCHMIDT (2004): Lexikon der Heilpflanzen, Komet Verlag GmbH, Köln

- G. SCHNOTZ/T. BÜCHNER (2001): Die Verwendung von Fertigrasen zur Begrünung, Zeitschrift Turf Gazon 1/2001
- U. SCHUMACHER (2002): Milchviehfütterung im ökologischen Landbau, Bioland Verlags GmbH, Mainz
- G. SCHWAB (15.05.2009): Schwab Rollrasen, mündliche Mitteilung, Waidhofen
- A. STÄHLIN, O. SCHWEIGHART (1960): Verbreitete Pflanzengesellschaften des Dauergrünlandes, der Äcker, Gärten und Weinberge, BLV Verlagsgesellschaft München, Bonn, Wien
- E. STÖGER, W. ZOLLISCH, W. KNAUS (2003): Ökologische Rinderfütterung, Österreichischer Agrarverlag, Leopoldsdorf/Österreich
- E. STRASBURGER, F. NOLL, H. SCHENCK, A. F. W. SCHIMPER (Bgr.), A. BRESINSKY, C. KÖRNER, J. W. KADEREIT, G. NEUHAUS, U. SONNEWALD (2008): Lehrbuch der Botanik, 36. Aufl., Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg
- P. G. TOW, A. LAZENBY (2001): Competition and succession in pastures, Cabi Publishing, Wallingford Oxon/UK
- VEREIN FÜR ARZNEI- UND GEWÜRZPFLANZEN SALUPLANTA e.V. BERNBURG (Hrsg.), (2007): Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenanbaus, Band 3, Krankheiten und Schädigungen an Arznei- und Gewürzpflanzen, Selbstverlag, Bernburg
- G. VOIGTLÄNDER, N. VOSS (1979): Methoden der Grünlanduntersuchung und -bewertung, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart
- VANVUUREN (2009): Vanvuuren, Turf Tick Products B.V., Harmelen, Niederlande, <http://www.turftick.com>
- VWW- Verband deutscher Wildsamens- und Wildpflanzenproduzenten e.V. (2011) <http://www.natur-im-vww.de> abgerufen am 4.3.2011
- R. WILLFORT (1979): Gesundheit durch Heilkräuter, 19. Aufl. , Rudolf Trauner Verlag, Linz/Österreich
- J. WOHLSCHLAGER (1996): Rasen und Blumenwiese, 3. Aufl., Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart (Hohenheim)
- M. ZIMMERMANN (1969): Schlipf Praktisches Handbuch der Landwirtschaft, 34. Aufl., Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin

10 Anhang

Tabelle 10-9: RSM 2.4 Gebrauchsrasen-Kräuterrasen (FLL, 2004)

Art, botanischer Name	Art, deutscher Name	Mischungsanteil in Gewichts-%	
		Regelwert	Spielraum
<i>Agrostis capillaris</i>	Rotes Straußgras	5,0	5,0
<i>Festuca ovina duriuscula</i>	Härtlicher Schaf-Schwengel	10,0	5,0 bis 15,0
<i>Festuca rubra commutata</i>	Horst-Rotschwengel	15,0	10,0 bis 20,0
<i>Festuca rubra rubra</i>	Rotschwengel	13,0	10,0 bis 20,0
<i>Festuca rubra trichophylla</i>	Haarblättriger Rotschwengel	15,0	10,0 bis 20
<i>Lolium perenne</i>	Deutsches Weidelgras	3,0	3,0
<i>Poa pratensis</i>	Wiesen-Rispengras	20,0	15,0 bis 25,0
<i>Poa trivialis</i>	Gewöhnliches-Rispengras	2,0	2,0
<i>Achillea millefolium</i>	Schafgarbe	0,5	
<i>Bellis perennis</i>	Gänseblümchen	0,3	
<i>Centaurea jacea</i>	Wiesen-Flockenblume	0,5	
<i>Crepis capillaris</i>	Kleinköpfiger Pippau	0,5	
<i>Dianthus deltoides</i>	Heide-Nelke	1,0	
<i>Galium mollugo</i>	Wiesen-Labkraut	0,2	
<i>Galium verum</i>	Echtes Labkraut	0,2	
<i>Leontodon autumnalis</i>	Herbst-Löwenzahn	0,5	
<i>Leontodon hispidus</i>	Steifhaariger Löwenzahn	0,8	
<i>Leucanthemum vulgare</i>	Magerwiesen-Margaritte	2,0	
<i>Lotus corniculatus</i>	Hornklee	1,0	
<i>Medicago lupulina</i>	Hopfenklee	0,5	
<i>Plantago media</i>	Mittlerer Wegerich	1,0	
<i>Potentilla verna</i>	Fingerkraut	0,5	
<i>Prunella vulgaris</i>	Kleine Braunelle	2,0	
<i>Salvia pratensis</i>	Wiesensalbei	1,5	
<i>Sanguisorba minor</i>	Kleiner Wiesenknopf	1,0	
<i>Thymus pulegioides</i>	Breitblättriger Thymian	1,5	
<i>Trifolium incarnatum</i>	Inkarnat-Klee	1,0	
<i>Trifolium pratense</i>	Rotklee	0,5	

Tabelle 10-10: RSM 7.1.2 Landschaftsrasen-Standard mit Kräutern (FLL, 2004)

Art, botanischer Name	Art, deutscher Name	Mischungsanteil in Gewichts-%		Mindest- eignung
		Regel- wert	Spiel- raum	
Achillea millefolium	Schafgabe	0,2	keine Werte	keine Werte
Centaurea jacea	Wiesen-Flockenblume	0,2		
Daucus carota	Wilde Möhre	0,1		
Gallium mollugo	Wiesen-Labkraut	-		
Galium verum	Echtes Labkraut	0,1		
Leontodon species	Arten von Löwenzahn	0,1		
Leucanthemum vulgare	Magerwiesen-Margeritte	0,3		
Pimpinella saxifraga	Kleine Bibernelle	0,1		
Plantago lanceolata	Spitzwegerich	0,1		
sanguisorba minor	Kleiner Wiesenknopf	0,1		
Lotus corniculatus	Hornklee	0,2		
Medicago lupulina		0,1		

Die RSM 7.1.2 Landschaftsrasen Standard mit Kräutern erhält die Grasarten mit den gleichen Mischungsanteilen in Gewichts-% wie RSM 7.1.1 Landschaftsrasen ohne Kräuter. Die Beimischungen der Kräuter und Leguminosen zu RSM 7.1.1 gehen zu Lasten des Anteils des Grases *Festuca ovina*. (FLL, 2004)

Tabelle 10-11: RSM 8.1, Tabelle 2 - Kräuter (Mischungsanteil 30%) (FLL, 2004)

Art	Art	Mischungsanteil in Gewichts-%			
		Regelwert			
botanischer Name	deutscher Name	Variante	Variante	Variante	Variante
		1	2	3	4
Achillea millefolium	Schafgarbe	0,5	0,5	0,5	0,5
Agrimonia eupatoria	Odermennig	-	-	-	1,0
Agrostemma githago	Kornrade	2,0	2,0	2,0	2,0
Ajuga reptans	Kriechender Günsel	-	-	-	0,2
Anthemis tinctoria	Färberkamille	1,5	1,5	1,5	1,5
Campanula glomerata	Knäul-Glockenblume	-	-	0,2	-
Campanula patula	Wiesen-Glockenblume	0,2	-	-	0,2
Campanula rotundifolia	Rundblättrige Glockenblume	0,2	0,2	-	-
Centaurea cyanus	Kornblume	1,5	1,5	1,5	1,5
Centaurea jacea	Wiesen-Flockenblume	1,5	1,5	-	1,5
Centaurea scabiosa	Skabiosen-Flockenblume	-	-	1,5	-
Crepis biennis	Wiesen-Pippau	1,0	-	-	1,0
Daucus carota	Wilde Möhre	1,5	1,5	1,5	-
Dianthus carthusianorum	Kartäusernelke	-	-	1,5	-
Dianthus deltoides	Heide-Nelke	-	1,5	-	-
Galium mollugo	Wiesen-Labkraut	1,5	-	-	1,5
Galium verum	Echtes Labkraut	0,5	0,5	0,5	0,5
Hieracium pilosella	Kleines Ha-bichtskraut	-	0,2	-	-

Anhang

<i>Hypericum perforatum</i>	Echtes Johanniskraut	1,5	1,5	1,5	1,5
<i>Knautia arvensis</i>	Acker-Witwenblume	1,0	1,0	1,0	1,0
<i>Leontodon hispidus</i>	Steifhaariger Löwenzahn	0,5	0,5	0,5	-
<i>Leucanthemum vulgare</i>	Magerwiesen-Margaritte	1,5	1,5	1,5	1,5
<i>Lotus corniculatus</i>	Hornklee	0,3	0,3	0,3	0,3
<i>Lychnis floscuculi</i>	Kukuks-Lichtnelke	0,5	-	-	0,5
<i>Malva moschata</i>	Moschus-Malve	1,5	1,5	1,5	1,5
<i>Onobrychis viciifolia</i>	Saat-Esparsette	1,5	1,5	1,5	-
<i>Origanum vulgare</i>	Oregano	-	-	1,0	-
<i>Papaver rhoeas</i>	Klatschmohn	1,0	1,0	1,0	1,0
<i>Pimpinella saxifraga</i>	Kleine Bibernelle	1,5	1,5	1,5	1,5
<i>Prunella vulgaris</i>	Kleine Braunelle	-	-	-	1,5
<i>Rumex acetosella</i>	Kleiner Sauerampfer	-	1,0	-	-
<i>Salvia pratensis</i>	Wiesensalbei	2,0	2,0	2,0	2,0
<i>Sanguisorba minor</i>	Kleiner Wiesenknopf	2,5	2,5	2,5	2,5
<i>Silene dioica</i>	Rote Lichtnelke	-	-	-	1,0
<i>Silene vulgaris</i>	Traubenkropf-Leimkraut	1,0	1,0	1,0	1,0
<i>Thymus pulegioides</i>	Breitblättriger Thymian	-	-	0,7	-
<i>Thymus serpyllum</i>	Sand-Thymian	-	0,5	-	-
<i>Tragopogon pratensis</i>	Wiesen-Bocksbart	1,8	1,8	1,8	1,8

Tabelle 10-12: Versuch Wurzelkürzung, Wurzelrockenmasse in %, gesamt

Schnitttiefe	TM Wurzelmasse in %					Signifikanz ANOVA
	Mittelwert	Maximum	Median	Minimum	Standardabweichung	
0 cm	9,71	40,16	8,59	6,28	5,29	0,008
3 cm	7,26	21,34	7,29	0,88	3,89	
6 cm	7,66	14,85	8,32	0,74	3,62	

Tabelle 10-13: Versuch Wurzelkürzung, Wurzelrockenmasse in %, Aufteilung nach Kräutertart, gesamter Wurzelballen

Kraut	Schnitttiefe	TM Wurzelmasse in %					Signifikanz ANOVA
		Mittelwert	Maximum	Median	Minimum	Standardabweichung	
Beifuß	0 cm	15,21	40,16	9,44	8,81	12,39	0,380
	3 cm	10,18	11,74	10,35	8,08	1,47	
	6 cm	9,89	10,50	10,02	8,87	0,58	
Eibisch	0 cm	7,48	8,64	7,32	6,64	0,83	0,015
	3 cm	8,09	10,67	7,92	5,96	1,81	
	6 cm	10,74	13,03	11,08	6,23	2,38	
Wiesensalbei	0 cm	7,56	9,32	7,21	6,35	1,07	0,329
	3 cm	7,59	12,50	7,31	2,07	3,53	
	6 cm	5,62	7,86	6,18	1,84	2,35	
Zichorie	0 cm	10,44	16,99	10,19	6,52	3,61	0,000
	3 cm	2,59	4,70	2,28	1,32	1,30	
	6 cm	3,34	7,05	2,60	1,20	2,38	
Kleine Bibernelle	0 cm	11,63	26,91	8,64	6,67	7,68	0,042
	3 cm	3,53	6,69	3,33	0,88	1,88	
	6 cm	4,32	14,85	2,57	0,74	5,33	
Hornklee	0 cm	9,67	11,03	10,38	7,31	1,52	0,074
	3 cm	7,31	9,23	8,62	1,46	2,99	
	6 cm	10,30	13,42	9,96	8,54	1,78	
Kleiner Wiesknopf	0 cm	9,84	11,59	9,51	8,60	1,08	0,002
	3 cm	5,29	7,78	6,13	1,70	2,49	
	6 cm	5,75	8,10	6,23	2,84	2,15	
Schafgarbe	0 cm	7,52	10,56	6,91	6,33	1,60	0,476
	3 cm	9,78	21,34	7,71	6,36	5,71	
	6 cm	9,78	13,46	9,47	7,39	2,03	
Spitzwegerich	0 cm	8,07	9,37	8,21	6,28	1,04	0,040
	3 cm	11,00	14,60	11,15	8,16	2,51	
	6 cm	9,23	10,99	9,44	7,35	1,53	

Tabelle 10-14: Versuch Wurzelkürzug, Wurzelrockenmasse in %, Aufteilung nach Kräuterart, unterer Wurzelballen

Kraut	Schnitttiefe	TM Wurzelmasse in %					Signifikanz ANOVA
		Mittelwert	Maximum	Median	Minimum	Standardabweichung	
Beifuß	3 cm	6,57	11,78	6,70	0,56	4,34	0,598
	6 cm	5,41	10,97	4,59	3,43	2,82	
Eibisch	3 cm	6,32	10,59	6,46	3,15	2,67	0,206
	6 cm	7,88	9,28	7,69	6,90	0,94	
Wiesensalbei	3 cm	7,83	13,52	8,28	0,11	4,79	0,080
	6 cm	3,71	6,57	4,04	1,31	1,95	
Zichorie	3 cm	1,58	3,42	1,39	0,35	1,06	0,755
	6 cm	1,36	3,21	0,81	0,12	1,37	
Kleine Bibernelle	3 cm	3,58	6,46	3,98	0,85	2,28	0,319
	6 cm	2,45	4,13	2,20	1,20	1,31	
Hornklee	3 cm	8,38	11,16	9,58	1,47	3,52	0,176
	6 cm	10,71	13,23	10,50	8,76	1,72	
Kleiner Wiesenknopf	3 cm	5,12	7,88	5,98	1,58	2,50	0,153
	6 cm	3,25	6,30	2,97	1,82	1,60	
Schafgarbe	3 cm	4,05	6,03	4,75	0,75	2,00	0,001
	6 cm	9,27	10,91	9,68	5,55	1,96	
Spitzwegerich	3 cm	9,91	15,08	9,57	6,28	3,39	0,370
	6 cm	8,19	12,30	7,06	4,87	2,97	

Tabelle 10-15: Versuch Untergräser zur Stabilisierung von Soden, Trockenmasse in %, Vergleich Art

Art	TM in Prozent					Signifikanz ANOVA
	Mittelwert	Maximum	Median	Minimum	Standardabweichung	
Kräuter	4,32	18,27	2,61	0,00	4,39	0,000
Gräser	9,00	23,03	9,30	0,00	4,94	

Tabelle 10-16: Versuch Wurzelkürzung, Trockenmasse in % des Oberbewuchses nach Schnitttiefe

Schnitttiefe	TM Oberbewuchses in %					Signifikanz ANOVA
	Mittelwert	Maximum	Median	Minimum	Standardabweichung	
0 cm	15,71	78,61	14,39	7,19	9,66	0,005
3 cm	11,46	33,44	11,21	2,31	5,81	
6 cm	12,3	20,02	13,44	1,14	4,54	

Tabelle 10-17: Versuch Wurzelkürzung, Trockenmasse in % des Oberbewuchses der einzelnen Kräuter nach Schnitttiefe

Kraut	Schnitttiefe	TM Oberbewuchses in %					Signifikanz ANOVA
		Mittelwert	Maximum	Median	Minimum	Standardabweichung	
Beifuß	0 cm	20,92	22,41	20,95	19,57	1,32	0,002
	3 cm	13,64	22,85	13,43	7,24	5,22	
	6 cm	13,79	15,70	13,97	10,56	1,84	
Eibisch	0 cm	12,34	17,97	11,31	9,12	3,39	0,197
	3 cm	14,74	17,56	15,28	11,70	2,32	
	6 cm	14,70	16,93	14,19	13,32	1,36	
Wiesensalbei	0 cm	10,31	12,54	10,67	7,89	1,77	0,017
	3 cm	8,79	11,19	8,70	7,04	1,70	
	6 cm	12,56	15,69	11,57	10,28	2,44	
Zichorie	0 cm	13,53	24,21	11,42	7,19	6,15	0,037
	3 cm	6,36	8,28	6,26	4,54	1,40	
	6 cm	6,85	13,65	6,17	1,14	5,45	
Kleine Bibernelle	0 cm	12,55	16,44	10,83	10,36	2,99	0,001
	3 cm	5,06	13,09	3,44	2,31	4,10	
	6 cm	5,26	7,86	4,95	2,90	2,18	
Hornklee	0 cm	16,92	23,03	17,08	12,20	3,72	0,593
	3 cm	13,04	33,44	9,76	3,95	10,42	
	6 cm	16,01	20,02	15,90	9,38	3,84	
Kleiner Wiesenkopf	0 cm	26,06	78,61	15,72	14,43	25,75	0,403
	3 cm	15,73	29,24	14,01	9,63	7,05	
	6 cm	14,98	15,95	15,20	12,58	1,23	
Schafgarbe	0 cm	13,46	15,81	13,59	10,83	1,67	0,459
	3 cm	12,95	14,69	13,09	11,44	1,33	
	6 cm	12,05	15,36	12,28	8,23	2,56	
Spitzwegerich	0 cm	15,28	18,82	16,35	10,10	3,16	0,417
	3 cm	12,84	15,91	11,91	10,66	2,45	
	6 cm	14,52	18,48	14,73	9,45	3,77	

Tabelle 10-18: Versuch Anwuchsermittlung von Kräutersoden nach A. J. TURGEON (1972), Trockenmasse des gesamten Oberbewuchses der Kräuter in % des 1. Schnittes, Vergleich Anzuchtsort

Vorzuhtsort	Trockenmasse in %					Signifikanz ANOVA
	Mittelwert	Maximum	Median	Minimum	Standardabweichung	
Freiland	17,66	34,78	14,91	6,05	8,20	0,260
Gewächshaus	15,73	29,88	15,82	4,88	6,07	

Tabelle 10-19: Versuch Anwuchsermittlung von Kräutersoden nach A. J. TURGEON (1972), Trockenmasse des gesamten Oberbewuchses der Kräuter in % des 2. Schnittes, Vergleich Anzuchtsort

Vorzuhtsort	Trockenmasse in %					Signifikanz ANOVA
	Mittelwert	Maximum	Median	Minimum	Standardabweichung	
Freiland	11,40	24,94	11,40	1,32	4,13	0,000
Gewächshaus	17,65	28,76	17,12	11,16	3,87	

Tabelle 10-20: Versuch Anwuchsermittlung von Kräutersoden nach A. J. TURGEON (1972), Trockenmasse des Oberbewuchses der Kräuter in % des 1. Schnittes, Vergleich Anzuchtsort

Kraut	Vorzuhtsort	TM in Prozent					Signifikanz ANOVA
		Mittelwert	Maximum	Median	Minimum	Standardabweichung	
Beifuß	Freiland	15,66	21,43	14,65	13,89	2,87	0,861
	Gewächshaus	15,28	19,97	16,29	8,19	4,24	
Hornklee	Freiland	13,72	16,11	14,77	8,85	2,61	0,142
	Gewächshaus	15,51	16,45	15,67	13,89	0,88	
Kl. Wiesenknopf	Freiland	30,61	34,78	31,37	25,00	3,83	0,023
	Gewächshaus	23,95	29,88	24,58	15,78	4,72	
Schafgarbe	Freiland	13,11	15,66	13,83	7,33	3,03	0,268
	Gewächshaus	15,00	19,75	14,26	13,05	2,56	
Spitzwegerich	Freiland	7,92	8,76	8,13	6,05	1,00	0,002
	Gewächshaus	5,96	6,42	6,10	4,88	0,55	
Rollrasen	Freiland	24,98	27,68	24,85	23,13	1,83	0,000
	Gewächshaus	18,68	20,64	18,69	16,10	1,79	

Tabelle 10-21: Versuch Untergräser zur Stabilisierung von Soden, Trockenmasse in % der gesamten Kräuter im kombinierten Anbau mit den einzelnen Grasarten

Gräser	TM Kräuter in Prozent					Signifikanz ANOVA
	Mittelwert	Maximum	Median	Minimum	Standardabweichung	
Briza media L.	4,49	16,85	2,37	0,00	4,97	0,000
Anthoxanthum odoratum L.	2,72	14,18	1,94	0,00	3,05	0,000
Lolium perenne L.	3,57	13,76	2,73	0,00	3,50	0,000
0-Probe	13,03	31,88	10,66	0,00	8,69	0,000
Festuca rubra rubra L.	5,41	17,72	2,78	0,00	5,10	0,000
Festuca nigrescens L.	4,01	15,11	2,47	0,00	3,90	0,000
Poa pratensis L.	4,96	18,27	4,04	0,00	4,78	0,000
Cynosurus Cristatus L.	5,09	16,56	3,95	0,00	4,63	0,000

Tabelle 10-22: Versuch Anwuchsermittlung von Kräutersoden nach A. J. TURGEON (1972), Trockenmasse des Oberbewuchses der Kräuter in % des 2. Schnittes, Vergleich Anzuchtsort

Kraut	Voranzuchtsort	TM in Prozent					Signifikanz ANOVA
		Mittelwert	Maximum	Median	Minimum	Standardabweichung	
Beifuß	Freiland	11,04	13,17	10,85	8,26	1,80	0,002
	Gewächshaus	14,48	15,50	14,61	12,94	1,02	
Hornklee	Freiland	10,86	13,58	12,12	4,14	3,41	0,000
	Gewächshaus	19,60	22,90	18,99	17,12	2,27	
Kleiner Wiesenknopf	Freiland	9,45	15,56	9,55	1,32	5,19	0,000
	Gewächshaus	23,12	28,76	22,10	20,74	2,95	
Schafgarbe	Freiland	11,79	12,99	11,57	10,72	0,85	0,146
	Gewächshaus	14,50	20,15	12,21	11,16	4,13	
Spitzwegerich	Freiland	8,01	8,19	8,07	7,59	0,22	0,000
	Gewächshaus	15,97	18,11	15,88	14,00	1,42	
Rollrasen	Freiland	17,23	24,94	16,33	12,47	4,13	0,604
	Gewächshaus	18,20	20,69	17,58	16,82	1,62	

Tabelle 10-23: Versuch Anwuchsermittlung von Kräutersoden nach A. J. TURGEON (1972), Wurzelwiderstand der Soden der einzelnen Kräuterarten in Newton (N)

Kraut	Ort	Wurzelwiderstand in N					Signifikanz ANOVA
		Mittelwert	Maximum	Median	Minimum	Standardabweichung	
Beifuß	Freiland	151,31	175,29	165,20	97,35	30,43	0,630
	Gewächshaus	158,01	171,57	159,46	136,96	12,82	
Hornklee	Freiland	162,32	192,84	177,11	117,65	31,81	0,114
	Gewächshaus	195,34	230,00	210,05	144,31	34,12	
Kleiner Wiesenknopf	Freiland	141,45	170,29	143,68	104,12	22,40	0,069
	Gewächshaus	168,92	207,26	167,45	133,33	24,35	
Schafgarbe	Freiland	124,07	212,45	133,63	0,49	68,93	0,024
	Gewächshaus	199,33	212,94	196,72	186,18	10,11	
Spitzwegerich	Freiland	168,28	193,92	185,88	100,78	36,91	0,258
	Gewächshaus	194,27	234,90	197,70	133,14	38,16	
Rollrasen	Freiland	163,91	195,78	174,02	107,94	31,44	0,018
	Gewächshaus	203,71	225,39	201,81	182,16	14,59	

Tabelle 10-24: Versuch Gewebe zur Stabilisierung von Kräutersoden, Zugkraftversuch in Newton (N), ohne und mit erfolgter Substratbehandlung

Gewebe	Substratbehandlung	Zugkraft in N					Signifikanz ANOVA
		Mittelwert	Maximum	Median	Minimum	Standardabweichung	
Baumwolle	ohne	65,38	66,69	65,71	63,74	1,01	0,000
	mit	23,37	24,52	23,54	21,58	1,15	
Kokosfaser	ohne	122,26	125,53	122,58	117,68	2,61	0,000
	mit	70,94	75,51	72,57	62,76	5,29	
Jute fein	ohne	73,88	75,51	75,02	68,65	2,68	0,000
	mit	32,53	47,07	32,85	13,73	13,12	
Jute grob	ohne	94,96	98,07	95,62	90,22	2,66	0,000
	mit	37,27	44,13	36,28	33,34	3,97	

Tabelle 10-25: Versuch Untergräser zur Stabilisierung von Kräutersoden, Trockenmasse in % der einzelnen Kräuterarten je nach kombiniertem Anbau mit den einzelnen Grasarten.

Kraut	Ausgesät mit Gras	TM in Prozent					Signif. ANOVA
		Mittelwert	Maximum	Median	Minimum	Standardabweichung	
Beifuß	<i>Briza media</i> L.	14,55	16,85	15,82	8,60	3,06	0,000
	<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	7,45	9,30	7,79	5,64	1,50	
	<i>Lolium perenne</i> L.	10,88	13,76	10,62	8,38	1,97	
	0-Probe	27,58	31,88	28,05	22,35	3,54	
	<i>Festuca rubra rubra</i> L.	11,08	17,72	11,53	3,09	4,92	
	<i>Festuca nigrescens</i> L.	10,64	15,11	10,16	7,73	2,44	
	<i>Poa pratensis</i> L.	13,83	18,27	14,96	6,38	4,46	
	<i>Cynosurus cristatus</i> L.	12,56	16,56	11,21	10,17	2,69	
Eibisch	<i>Briza media</i> L.	2,73	6,67	2,53	0,67	2,17	0,000
	<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	1,70	2,30	1,70	0,96	0,51	
	<i>Lolium perenne</i> L.	4,19	6,58	4,54	1,81	1,73	
	0-Probe	14,79	22,65	14,87	7,60	5,92	
	<i>Festuca rubra rubra</i> L.	2,14	2,78	2,28	1,14	0,62	
	<i>Festuca nigrescens</i> L.	2,69	4,61	2,91	0,93	1,45	
	<i>Poa pratensis</i> L.	1,79	2,64	1,82	0,79	0,62	
	<i>Cynosurus cristatus</i> L.	2,18	5,39	2,16	0,38	1,85	
Wiesensalbei	<i>Briza media</i> L.	2,79	4,42	2,64	1,97	0,88	0,000
	<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	2,34	3,05	2,22	1,47	0,60	
	<i>Lolium perenne</i> L.	2,20	3,94	1,99	0,65	1,44	
	0-Probe	12,65	22,31	11,21	8,98	4,81	
	<i>Festuca rubra rubra</i> L.	7,79	13,02	7,62	1,73	4,00	
	<i>Festuca nigrescens</i> L.	2,73	5,46	2,72	0,62	2,04	
	<i>Poa pratensis</i> L.	3,76	6,13	3,65	1,51	1,95	
	<i>Cynosurus cristatus</i> L.	3,95	6,92	3,76	1,51	1,78	
Zichorie	<i>Briza media</i> L.	3,12	4,55	3,51	0,22	1,64	0,000
	<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	1,14	3,27	0,59	0,34	1,16	
	<i>Lolium perenne</i> L.	2,71	4,31	2,85	0,77	1,42	
	0-Probe	14,55	22,06	12,50	8,52	5,75	
	<i>Festuca rubra rubra</i> L.	3,05	4,08	3,14	1,67	0,96	
	<i>Festuca nigrescens</i> L.	2,40	3,59	2,21	0,92	1,04	
	<i>Poa pratensis</i> L.	5,43	6,74	5,11	4,45	0,92	
	<i>Cynosurus cristatus</i> L.	6,55	9,11	6,41	4,24	1,99	
Kleine Bibernelle	<i>Briza media</i> L.	0,18	0,45	0,10	0,00	0,21	0,534
	<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	<i>Lolium perenne</i> L.	0,03	0,09	0,00	0,00	0,04	
	0-Probe	0,83	4,97	0,00	0,00	2,03	
	<i>Festuca rubra rubra</i> L.	0,05	0,16	0,00	0,00	0,07	
	<i>Festuca nigrescens</i> L.	0,26	0,66	0,21	0,00	0,30	
	<i>Poa pratensis</i> L.	0,06	0,20	0,00	0,00	0,09	
	<i>Cynosurus cristatus</i> L.	0,01	0,05	0,00	0,00	0,02	

Anhang

Hornklee	<i>Briza media</i> L.	0,53	2,20	0,20	0,04	0,83	0,000
	<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	0,25	0,76	0,17	0,09	0,25	
	<i>Lolium perenne</i> L.	0,77	1,41	0,69	0,40	0,34	
	0-Probe	8,54	11,46	8,42	6,16	1,75	
	<i>Festuca rubra rubra</i> L.	1,74	2,10	1,82	1,15	0,33	
	<i>Festuca nigrescens</i> L.	0,39	1,02	0,31	0,00	0,40	
	<i>Poa pratensis</i> L.	0,36	1,53	0,00	0,00	0,63	
	<i>Cynosurus cristatus</i> L.	0,81	1,51	0,68	0,32	0,49	
Kleiner Wiesenknopf	<i>Briza media</i> L.	1,34	2,31	1,49	0,09	0,89	0,000
	<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	2,49	8,98	1,52	0,07	3,38	
	<i>Lolium perenne</i> L.	2,13	8,76	0,70	0,62	3,26	
	0-Probe	6,73	10,51	6,88	3,71	2,52	
	<i>Festuca rubra rubra</i> L.	0,99	2,04	0,73	0,45	0,64	
	<i>Festuca nigrescens</i> L.	1,52	2,14	1,54	0,91	0,53	
	<i>Poa pratensis</i> L.	2,40	4,64	2,52	0,62	1,47	
	<i>Cynosurus cristatus</i> L.	1,35	2,61	1,39	0,04	0,91	
Schafgarbe	<i>Briza media</i> L.	4,45	9,54	3,91	1,38	3,30	0,000
	<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	2,45	4,24	2,36	1,04	1,27	
	<i>Lolium perenne</i> L.	2,91	3,91	2,99	2,18	0,65	
	0-Probe	8,28	12,59	8,44	4,07	3,06	
	<i>Festuca rubra rubra</i> L.	10,19	13,64	10,54	5,81	2,65	
	<i>Festuca nigrescens</i> L.	6,52	8,36	6,82	3,73	1,55	
	<i>Poa pratensis</i> L.	7,64	10,70	7,52	3,64	2,93	
	<i>Cynosurus cristatus</i> L.	7,98	11,00	9,20	3,84	2,91	
Spitzwegerich	<i>Briza media</i> L.	10,66	12,44	11,12	8,50	1,40	0,000
	<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	6,68	14,18	5,53	4,00	3,84	
	<i>Lolium perenne</i> L.	6,32	8,81	5,94	4,48	1,79	
	0-Probe	23,34	25,83	24,37	19,65	2,71	
	<i>Festuca rubra rubra</i> L.	11,65	16,51	11,84	7,16	3,63	
	<i>Festuca nigrescens</i> L.	8,98	12,50	9,21	5,67	2,84	
	<i>Poa pratensis</i> L.	9,35	12,81	8,50	7,65	1,94	
	<i>Cynosurus cristatus</i> L.	10,45	12,52	10,69	6,57	2,05	

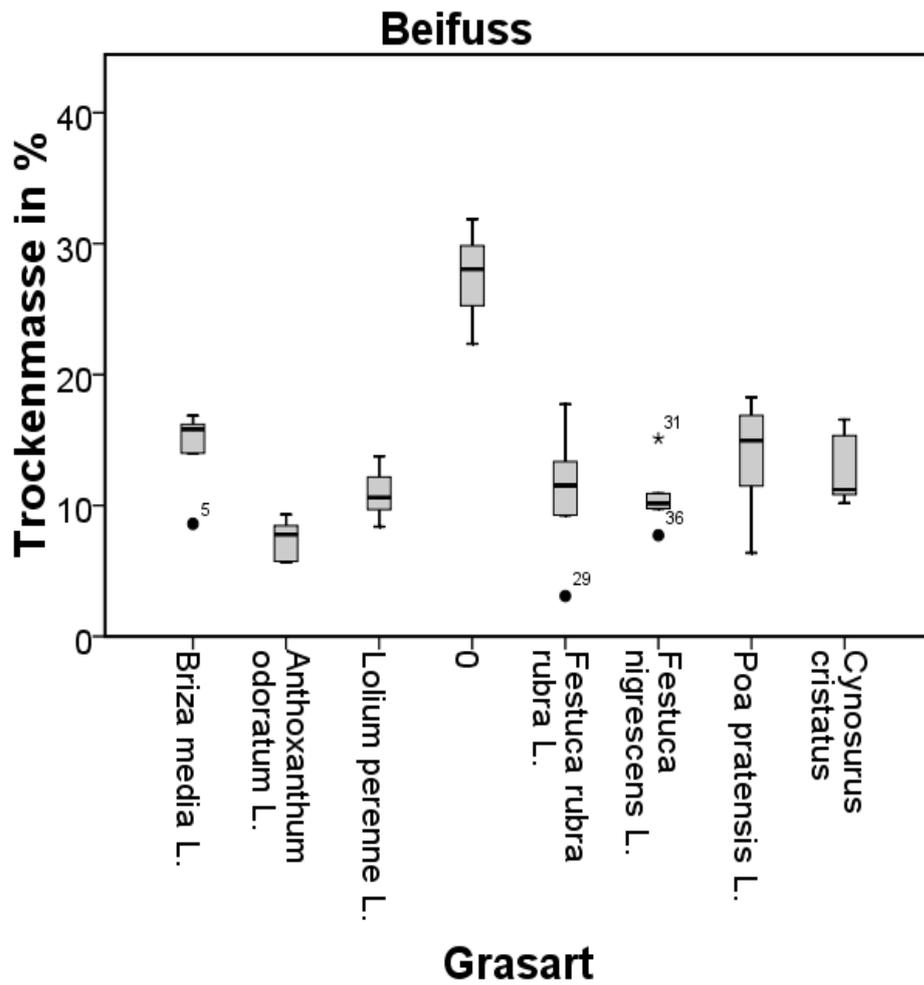


Abbildung 33: Trockenmasse in % des Oberbewuchses von Beifuß im kombinierten Anbau mit Gräsern, n=6

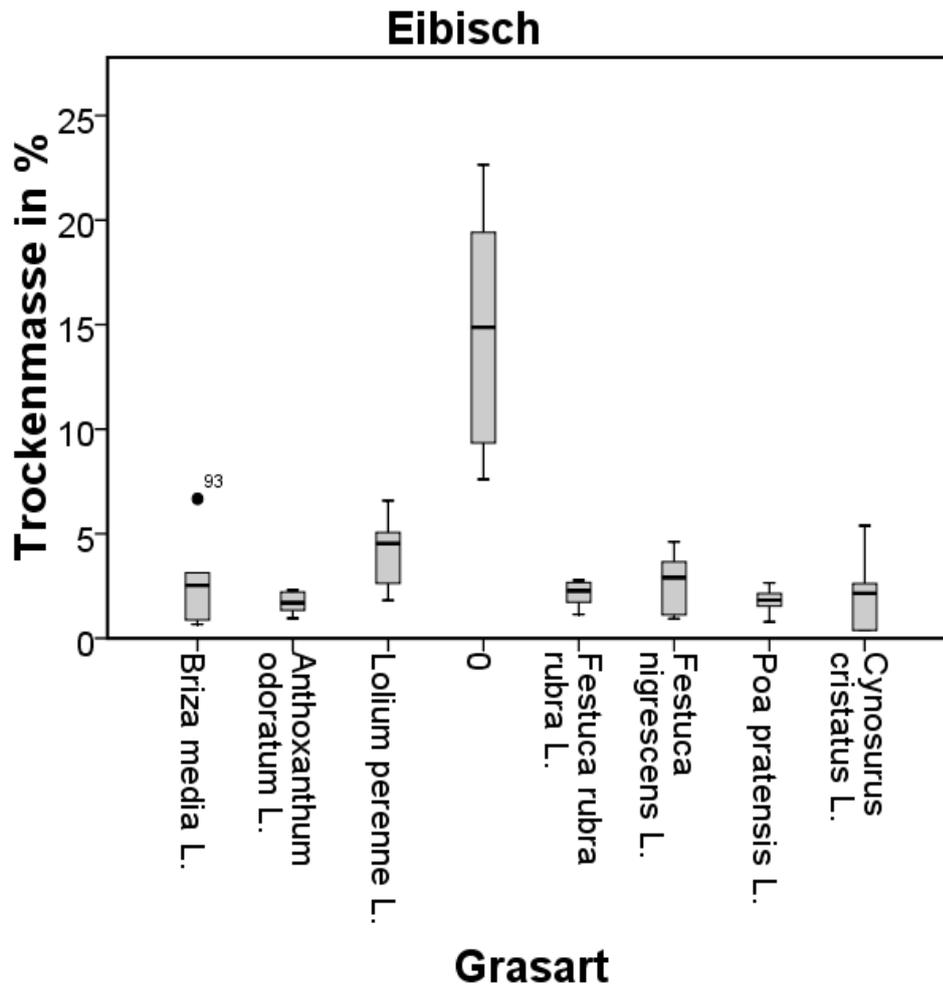


Abbildung 34: Trockenmasse in % des Oberbewuchses von Eibisch im kombinierten Anbau mit Gräsern, n=6

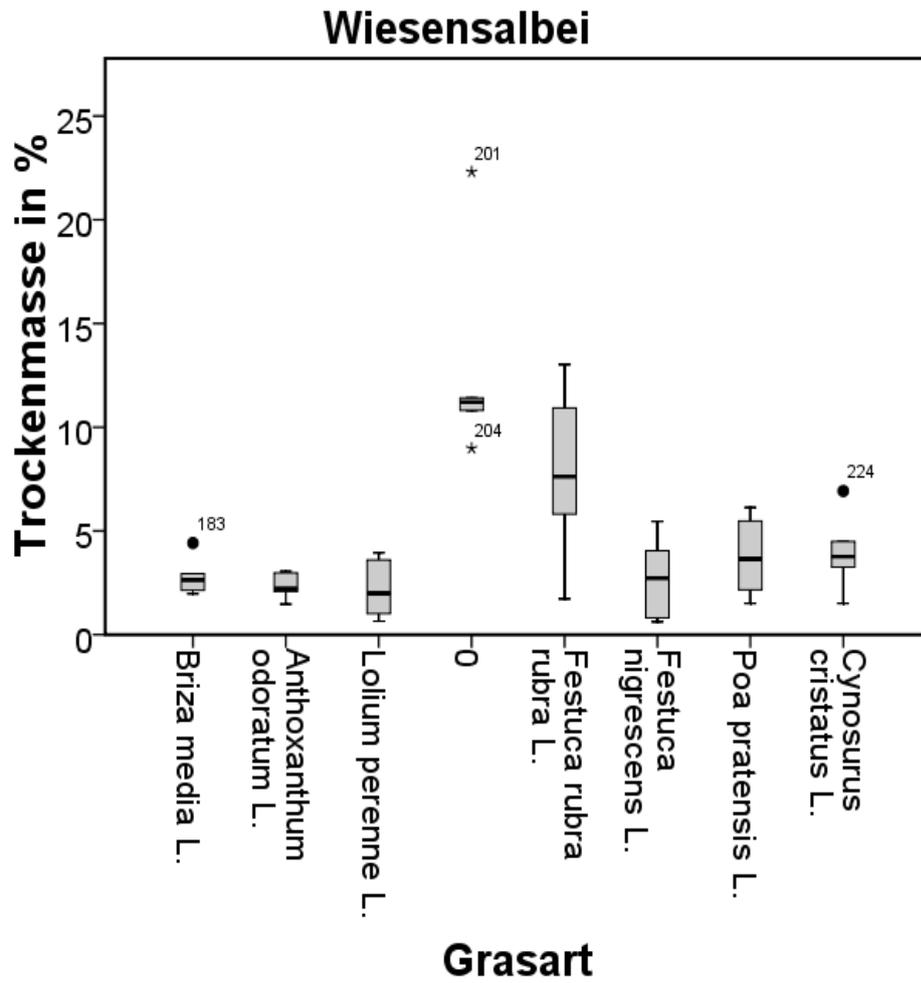


Abbildung 35: Trockenmasse in % des Oberbewuchses von Wiesensalbei im kombinierten Anbau mit Gräsern, n=6

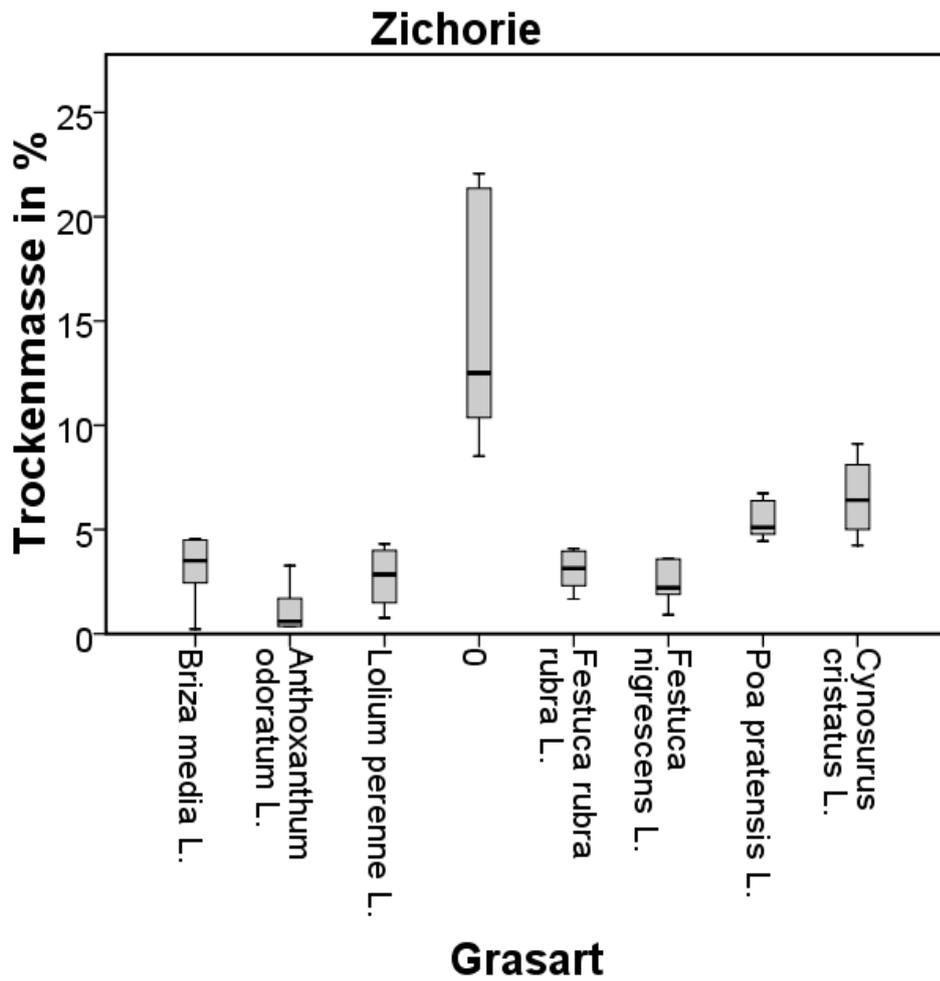


Abbildung 36: Trockenmasse in % des Oberbewuchses von Zichorie im kombinierten Anbau mit Gräsern, n=6

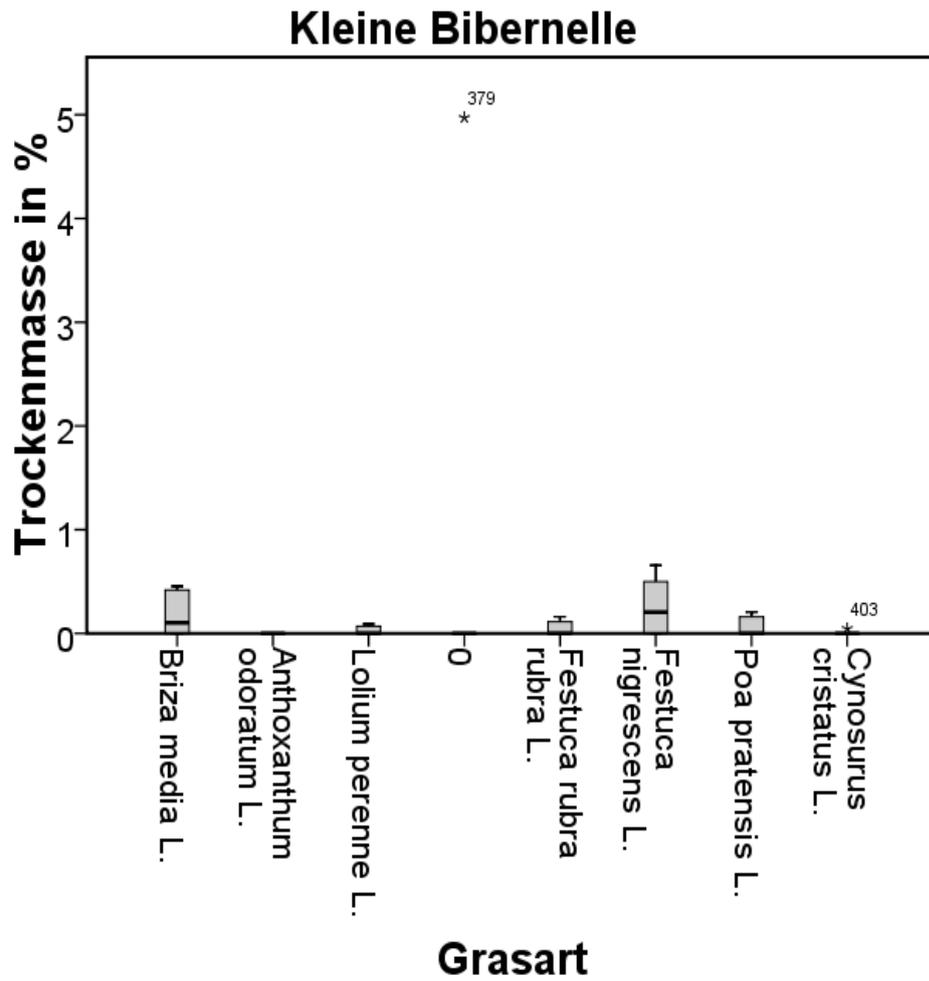


Abbildung 37: Trockenmasse in % des Oberbewuchses der Kleinen Bibernelle im kombinierten Anbau mit Gräsern, n=6

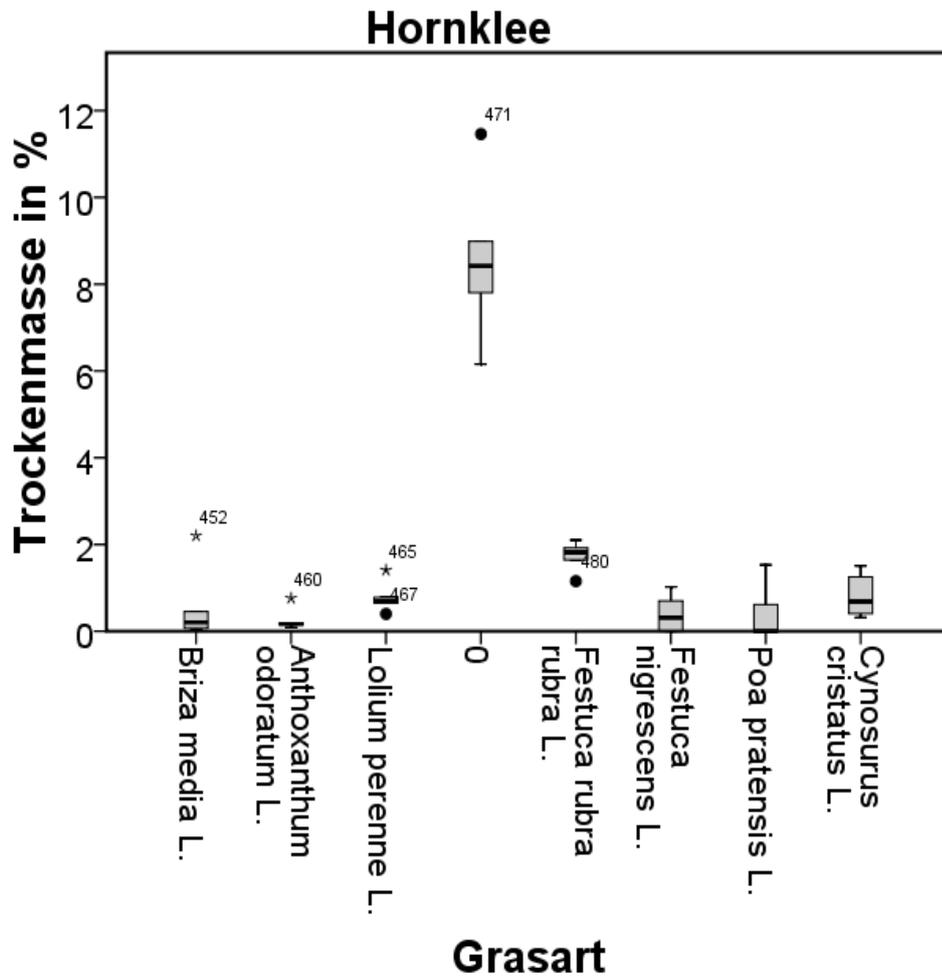


Abbildung 38: Trockenmasse in % des Oberbewuchses von Hornklee im kombinierten Anbau mit Gräsern, n=6

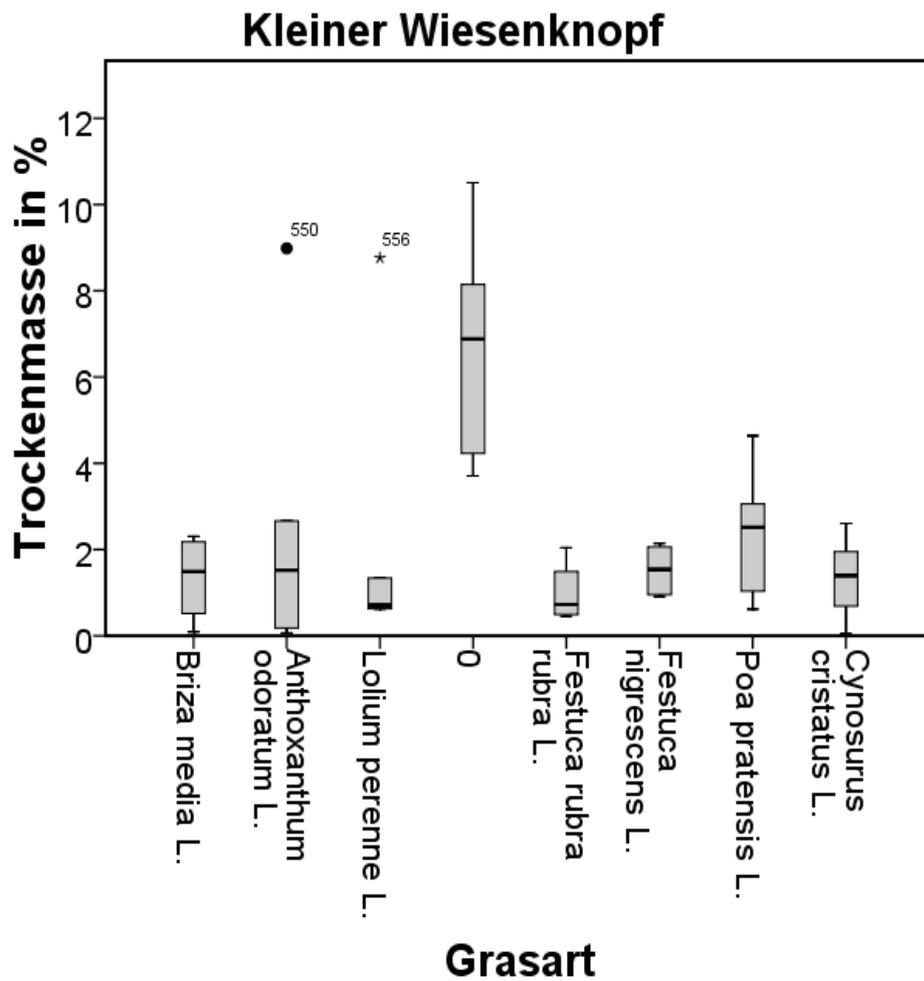


Abbildung 39: Trockenmasse in % des Oberbewuchses des Kleinen Wiesenknopfes im kombinierten Anbau mit Gräsern, n=6

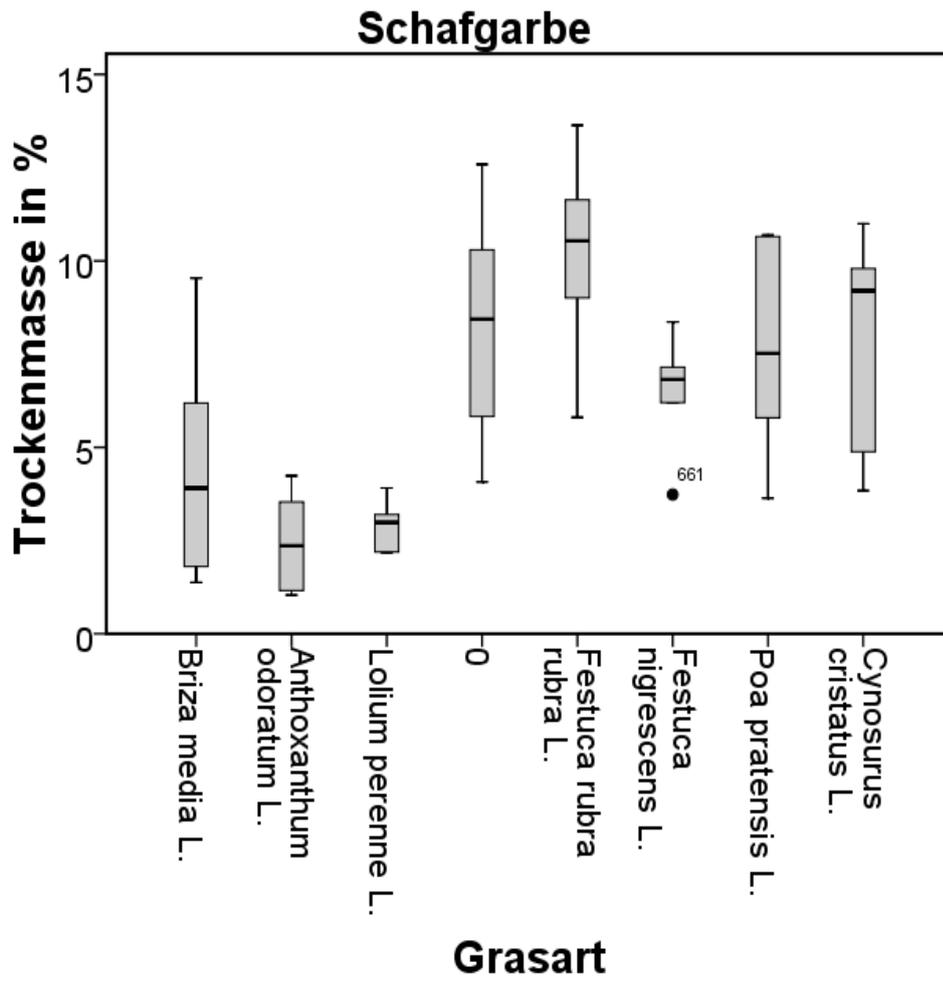


Abbildung 40: Trockenmasse in % des Oberbewuchses von Schafgarbe im kombinierten Anbau mit Gräsern, n=6

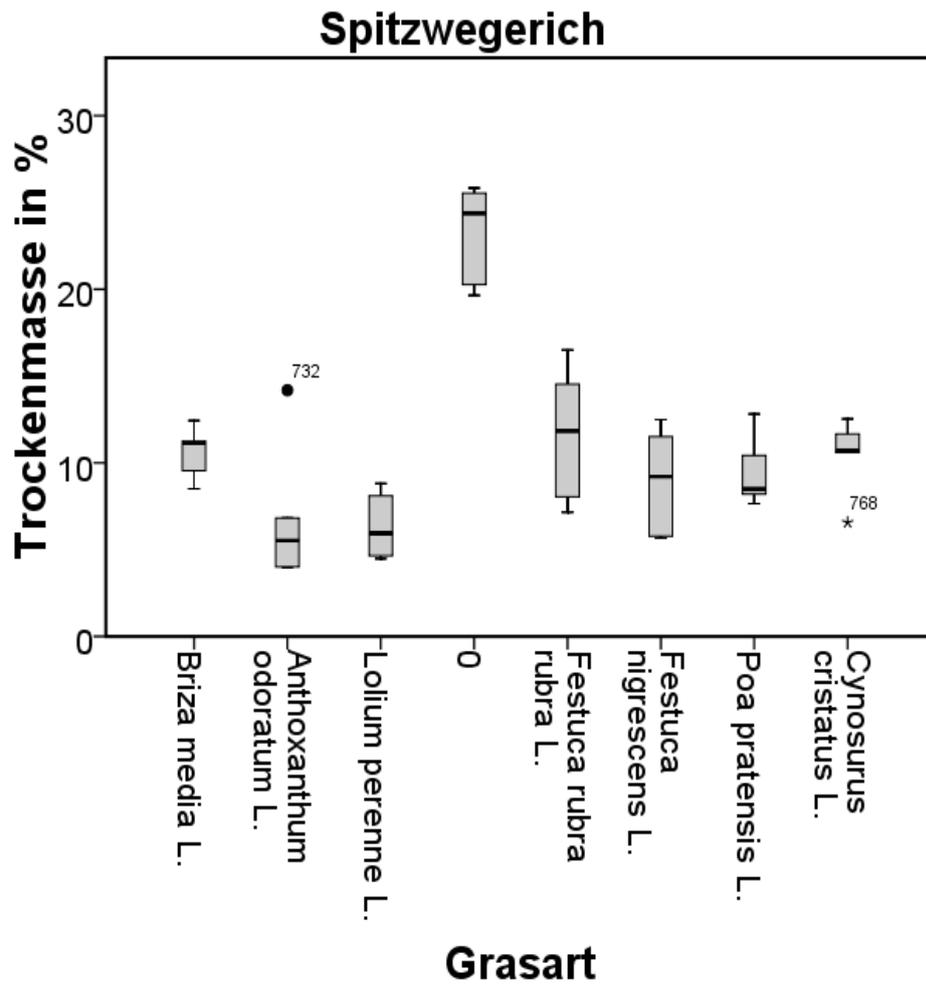


Abbildung 41: Trockenmasse in % des Oberbewuchses von Spitzwegerich im kombinierten Anbau mit Gräsern, n=6

Tabelle 10-26:BBCH-Werte der einzelnen Kräuter bei den 3 Schnittiefen und Signifikanz des Kruskal-Wallis-Tests des Versuches Untergräser zur Stabilisierung von Kräutersoden

Kräuter	Schnitt-tiefe	BBCH Werte																					
		2 9	3 1	3 2	3 3	3 9	4 0	4 1	4 2	4 3	4 4	4 5	4 7	4 9	5 1	5 9	6 0	6 1	6 2	6 3	6 4		6 5
Beifuß	0 cm	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,566
	3 cm	0	0	1	0	0	0	3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	6 cm	0	0	1	0	0	0	1	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Eibisch	0 cm	0	1	0	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,497
	3 cm	0	3	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	6 cm	0	2	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Wiesen-salbei	0 cm	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,736
	3 cm	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	6 cm	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Zichorie	0 cm	0	2	0	0	0	0	0	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,782
	3 cm	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
	6 cm	1	2	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Kl. Bibernelle	0 cm	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,088
	3 cm	0	0	0	0	0	0	1	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	6 cm	0	0	0	0	1	1	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Hornklee	0 cm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	1	0	1	0,176
	3 cm	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	
	6 cm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	2	0	1	0	
Kl. Wiesenknopf	0 cm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,713
	3 cm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
	6 cm	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Schafgarbe	0 cm	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0,496
	3 cm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	
	6 cm	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
Spitzwegerich	0 cm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	0,252
	3 cm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2	2	
	6 cm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	1	2	

Signifikanz Kruskal-Wallis-Test