



Begrünungen im Ackerbau



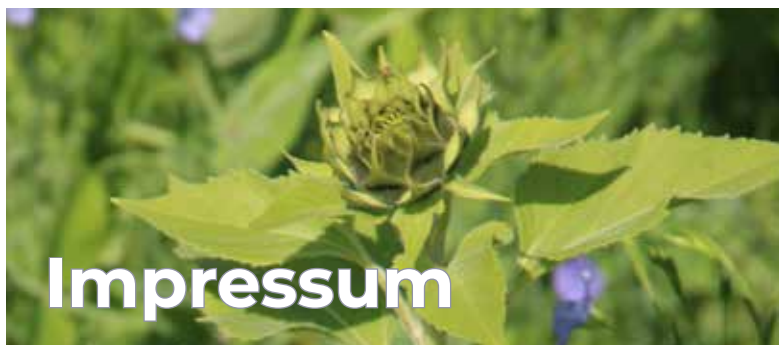
Mit Unterstützung von Bund, Ländern und Europäischer Union

 Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus


LE 14-20
Entwicklung für den Ländlichen Raum

Europäischer
Landwirtschaftsfonds für
die Entwicklung des
ländlichen Raums:
Hier investiert Europa in
die ländlichen Gebiete.





Medieninhaber und Herausgeber: Bio Forschung Austria
Esslinger Hauptstr. 132-134
A-1220 Wien, Österreich
Tel.: +43 1 4000 49 150
E-Mail: office@bioforschung.at
www.bioforschung.at

AutorInnen: Dr. Eva Erhart, DI Lisa Doppelbauer, Karoline Messenböck BSc, Christoph Reithofer BSc, Dieter Haas, Mag. Marion Bonell und Dr. Wilfried Hartl (Bio Forschung Austria)
Karl Riedl (Maschinenring Hollabrunn-Horn)
DI Franz Handler, DI Reinhard Streimelweger und DI Peter Riegler-Nurscher (Josephinum Research)
Doz. Dr. Gernot Bodner (Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Pflanzenbau)
Dr. Monika Sobotik (Verein zur Förderung der Wurzelforschung und deren Nutzenanwendung – Pflanzensoziologisches Institut)

Bildrechte: DI Lisa Doppelbauer, Karoline Messenböck BSc, Christoph Reithofer BSc, Dieter Haas, Dr. Eva Erhart, Harald Schelander, DI Franz Handler, Doz. Dr. Gernot Bodner, Dr. Wilfried Hartl

Layout: Katharina Sandler MSc

Stand: Dezember 2020

Ein herzlicher Dank gilt den Projektpartnern der ARGE Begrünung Karl Strohmayer, Franz Traudtner, Johannes Doppelbauer, Harald Schelander und DI Heinz Köstenbauer, die mit ihrem Engagement dieses Projekt, die Versuche und damit auch die Ergebnisse erst möglich gemacht haben.

Die Broschüre wurde im Rahmen des EIP-AGRI-Projektes **Minderung der N- und C-Emissionen in die Luft und der N-Verlagerung in tiefere Bodenschichten durch Optimierung des Begrünungsanbaus im Ackerbau (MinNC 16.1.1- und 16.2.1-S2-15/17)** erstellt und durch EU, Bund und Länder im Rahmen des Österreichischen Programms für Ländliche Entwicklung 2014-2020 gefördert.

Eigenverlag

© Bio Forschung Austria Wien ISBN 978-3-9502700-6-8

Sämtliche Rechte, insbesondere der Vervielfältigung, der Veröffentlichung, der Digitalisierung und des öffentlichen Vortrages bleiben dem Urheber Bio Forschung Austria erhalten. Diese Broschüre darf nur mit Zustimmung von Bio Forschung Austria und nur vollinhaltlich, ohne Weglassung oder Hinzufügung veröffentlicht oder weitergegeben werden.



Gedruckt nach der Richtlinie „Druckerzeugnisse“ des Österreichischen Umweltzeichens,
Bösmüller Print Management GesmbH & Co. KG, UW-Nr. 79



Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	2
Begrünungsmischungen	3
BFA Mischung 1	7
BFA Mischung 2.....	8
Anbau.....	9
Anbauzeitpunkt	10
Saatstärke.....	12
Getrennter Anbau.....	13
Neuanbau nach Umbruch.....	13
2-Phasen-Begrünung	14
Untersaaten.....	15
Bodenbedeckung	16
C/N-Verhältnis	18
C/N-Verhältnis von Begrünungspflanzenarten.....	18
C/N Verhältnis von Begrünungsmischungen	19
Stickstoffdynamik.....	20
Wintermanagement	21
Begrünungsumbruch im Frühjahr	24
Wurzeln von Begrünungen.....	25
Wurzeltiefe und Wurzelcharakteristik	25
Wurzelbiomasse	28
Spektralanalytische Untersuchungen	29
Kostenanalyse.....	31
Begrünungskompass.....	32
Literatur	32
Links	32



Einleitung

Begrünungen wirken sich in jeder Hinsicht positiv auf die Bodenfruchtbarkeit aus. Begrünungspflanzen nehmen gelöste Nährstoffe wie Nitrat-Stickstoff aus dem Boden auf und speichern sie in ihrer Biomasse. Die Nährstoffkonservierung in gut gemanagten Begrünungen verhindert Auswaschungsverluste ins Grundwasser, die gleichzeitig Verluste von wertvollen Nährstoffen aus dem Betrieb darstellen.

Die Bedeckung und die Durchwurzelung schützen den Boden vor Verschlammung und Erosion durch Wind und Wasser. Die Wurzelausscheidungen füttern das Bodenleben, regen die bodenbiologische Aktivität an und mobilisieren Nährstoffe, wodurch die Bodenfruchtbarkeit gesteigert wird. Die abgestorbenen Begrünungspflanzen dienen als Nahrung für Bodenlebewesen. Aktive Bodenorganismen und Wurzeln sorgen durch ihre Ausscheidungen für die Lebendverbauung des Bodens. Diese verbessert die Bodenstruktur, die Wasseraufnahme an der Bodenoberfläche und die Wasserspeicherung im Boden.

Begrünungen binden CO_2 aus der Luft in ihrer Biomasse. Dieser Kohlenstoff wird nach dem Abbau der Pflanzen und der Umwandlung zu Humus zum Teil im Boden gespeichert. Das aus dem Boden entweichende CO_2 wird zum Teil von den nachfolgenden Kulturpflanzen wieder als wichtiger Pflanzenbaustoff aufgenommen

und verbessert den Ertrag. Die Pflanzenwurzeln und ihre Ausscheidungen bringen organische Stoffe auch in tiefere Bereiche des Bodens. Dadurch werden Lebewesen auch in den tieferen Bodenschichten mit energiereicher Nahrung versorgt und Humus auch im Unterboden angereichert.

Begrünungen können enorm viel leisten, wenn sie optimal angelegt und gemanagt werden.

Im EIP-AGRI Projekt „Emissionsminderung durch Begrünungen“ wurden drei Jahre lang auf Standorten in Niederösterreich, Burgenland, Steiermark, Oberösterreich, Kärnten und Wien Versuche durchgeführt, mit dem Ziel, Begrünungen so zu optimieren, dass möglichst wenig Verluste an Stickstoff und Kohlenstoff auftreten.

Damit Begrünungen ihre Funktion, Nährstoffe zu speichern und über den Winter zu „retten“, voll erfüllen können, gibt es viele „Schrauben“, an denen Sie als Landwirt, als Landwirtin drehen können. Mit der vorliegenden Broschüre möchten wir Ihnen auf der Basis der im Projekt erarbeiteten Ergebnisse das Werkzeug dazu in die Hand geben: Tipps, wie die Begrünungsmischung, der Anbau, das Wintermanagement und der Umbruch so gestaltet werden können, dass Verluste minimiert werden und die Nährstoffe bei der Folgefrucht ankommen.

Begrünungsmischungen

Eine effektive abfrostende Begrünung soll aus mindestens fünf Pflanzenarten aus mindestens drei unterschiedlichen Pflanzenfamilien bestehen. Winterharte Begrünungen und Untersaaten brauchen mindestens drei Mischungspartner.

Artenreiche Begrünungsmischungen können sich durch ihre Diversität besser an das Jahresklima anpassen: sie enthalten sowohl trockenheits- und feuchtigkeitsliebende Arten, dadurch gelingt die Begrünung sowohl in trockenen als auch in nassen Jahren. Die Wahl von artenreichen Mischungen ist damit auch eine Art von Risikoversicherung, weil man nicht wissen kann, wie die Witterung im Sommer und Herbst sein wird.

Artenreiche Begrünungen durchwurzeln den Boden in verschiedenen Tiefen und können somit die Wasser- und Nährstoffvorräte des Bodens optimal nutzen und das Nitratauswaschungsrisiko verringern. Die Pflanzenarten unterscheiden sich auch in Bedarf und Aufnahmefähigkeit für Nährstoffe, dadurch können unterschiedliche Nährstoffpools im Boden genutzt werden. Durch die Kombination der unterschiedlichen Wurzelsysteme der verschiedenen Pflanzenarten können artenreiche Begrünungen das Nitrat eher in den oberen Bodenschichten halten als Reinbestände.

Mischungen mit einer hohen Anzahl an Mischungspartnern sind anpassungsfähig im Umgang mit Feuchtigkeit bzw. Trockenheit, Temperatur und Reststickstoff im Boden. Bei ungünstigen Bedingungen für einen Partner wird man diesen kaum oder gar nicht im Bestand finden. Trotzdem ist der Bestand bodenbedeckend, da die Lücken von den anderen Mischungspartnern aufgefüllt werden, für die die Bedingungen passen. Die aus ein und derselben artenreichen Saatgutmischung hervorgehenden Begrünungsbestände können je nach Standort und Bedingungen sehr unterschiedlich ausfallen.

Wichtig ist, dass die Pflanzenarten zum Standort passen und sich bezüglich ihrer Eigenschaften ergänzen. So können schnell wachsende Arten wie Buchweizen und



Unter trockenen Bedingungen haben sich in dieser artenreichen Begrünungsmischung (BFA 1) Sandhafer, Ölrettich und Phacelia durchgesetzt.



Artenreiche Begrünungen sind sehr anpassungsfähig an unterschiedliche Bedingungen.



Schnellwachsender Buchweizen sorgt für eine rasche Bodenbedeckung.

Ölrettich für rasche Bodenbedeckung sorgen. Körnerleguminosen brauchen länger, können aber viel Biomasse bilden und Luftstickstoff binden.

In hohem Maße trockentolerante Arten sind Sudangras, Leindotter, Hirse, Platterbse oder Buchweizen. Als feuchtigkeitsliebende Arten können Ackerbohne und Alexandrinerklee bezeichnet werden, wobei die wenigsten Begrünungspflanzen Probleme mit feuchten Bedingungen haben, solange keine Staunässe herrscht.

Ölrettich und Rübsen nehmen im Herbst viel Stickstoff auf und können ihn in ihren Rübenkörpern über den Winter speichern und so vor Auswaschung schützen. Die Freigabe des Stickstoffs erfolgt im Laufe des Frühlings und ist für spät angebaute Kulturen von Vorteil.

Senf ist aufgrund seiner hohen gasförmigen N-Verluste über Winter sowie seiner starken Konkurrenzkraft als Mischungskomponente wenig geeignet und sollte, wenn überhaupt, nur in geringen Anteilen in der Begrünungsmischung vorkommen. Senf verliert über den Winter bis zu 37 % von dem in seiner Biomasse vorhandenen Stickstoff in gasförmiger Form. Das ist mehr als doppelt soviel wie bei leguminosenbetonten und leguminosenfreien Begrünungsmischungen (Badawi et al., 2011).

Leguminosen sind ein wichtiger Bestandteil von Begrünungsmischungen, weil sie organisch gebundenen Stickstoff liefern, ohne den keine Humusanreicherung möglich ist. Bei einem Humus-C/N-Verhältnis von 10 ist rein rechnerisch für die Anreicherung von 1 t Humus-Kohlenstoff im Boden die Einbringung von 100 kg Stickstoff in organisch gebundener Form und das zusätzlich zum Bedarf der Pflanzen notwendig. Die Anreicherung von Humus im Unterboden kann nur durch die Wurzeln der Hauptfrüchte und jene der Begrünungspflanzen erfolgen.

Der im Frühjahr nach dem Absterben und Umbruch gebildete Nitratstickstoff wird von den Folgefrüchten rasch aufgenommen, auch wegen der durch die Zwischenfrüchte verbesserten Bodenstruktur. Natürlich muss die Begrünung an die geplante Folgekultur und deren Stickstoffbedarf angepasst werden. Dafür gibt der im Projekt erstellte Begrünungskompass zahlreiche Empfehlungen.

Stickstoffzehrende Hauptfrüchte brauchen als Vorfrucht eine leguminosenhaltige Begrünung, deren Abbauprozesse als Flächenrotte so verlaufen, dass Nitrat zum richtigen Zeitpunkt zur Verfügung gestellt wird. Gerade in der biologischen Wirtschaftsweise kann mit ausgewählten Begrünungsmischungen eine gezieltere Düngung erreicht werden, die bodenfruchtbarkeitsfördernde Wirkung hat. Sorgfältig



Rispenhirse zählt zu den trockentoleranten Pflanzen.



Leguminosen wie die Platterbse fixieren Luftstickstoff, der wichtig für die Humusanreicherung ist.



BFA Mischung 1 - Artenreiche Mischung die bei verschiedensten Standortbedingungen gedeiht.

ausgewählte Begrünungsmischungen, Anbau-termin und ein angepasstes Wintermanagement machen dies möglich.

Um die Stickstofffixierung zu optimieren, sollten leguminosenreiche Mischungen auch Nichtleguminosen als „Stickstofffänger“ beinhalten, wie z.B. Ölrettich und Meliorisationsrettich. Diese nehmen im Boden vorhandenes Nitrat sofort auf und sorgen für ein N-armes Umfeld für die Leguminosen, die erst dann ihre funktionsfähigen Knöllchen ausbilden. Bei zu hoher Nitratfreisetzung zum falschen Zeitpunkt (reinen Leguminosenmischungen) besteht erhöhte Gefahr der Nitratverlagerung in tiefere Bodenschichten und der Nitratauswaschung. Eine Nach-unten-Verlagerung von Stickstoff erhöht auch das Distelrisiko. Vor allem bei späten Nachfrüchten wie Mais sollten unbedingt stickstoffspeichernde Nicht-Leguminosen in die Begrünungsmischung aufgenommen werden.

Bei höheren Nitratstickstoffmengen im Boden nach der Ernte lohnt sich der Anbau von Leguminosen, vor allem von grobkörnigen Leguminosen – auch wegen des hohen Saatgutpreises – nicht. Die Leguminosen werden in solchen Fällen in ihrem Wachstum von den üppig wachsenden Nichtleguminosen unterdrückt

und bringen kaum Stickstofffixierungsleistung. Falls trotz Restnitratgehaltes eine weitere Stickstofffixierung gewünscht wird, zum Beispiel als Vorsorge für Starkzehrer-Folgefrüchte, dann müssen schnellwachsende Nichtleguminosen in der Begrünungsmischung enthalten sein. Diese sorgen für ein nitratarmes Umfeld der Leguminosen, die erst dann ihre funktionsfähigen Knöllchen ausbilden.

Vor jedem Begrünungsanbau sollte eine Nitratmessung mit dem einfachen Nitrat-test durchgeführt werden, damit man die Auswahl der Begrünungsmischungen an die Standortbedingungen anpassen kann.

Auch ist es sinnvoll, die Leguminosen in den Begrünungen zu Blühbeginn auf ihre Funktion als N-Fixierer zu kontrollieren. Durch eine Bonitur des Knöllchenbesatzes und der Farbe im Inneren der Knöllchen (rosa bis rot) kann man ihre Aktivität erkennen. So kann man überprüfen, ob die Leguminosen die in sie gestellten Erwartungen erfüllen.

Eine unzureichende Knöllchenbildung kann auf zu viel verfügbaren Nitratstickstoff im Boden hinweisen, oder ein Anzeichen für zu viele Leguminosen in der Fruchtfolge und beginnende Leguminosenmüdigkeit sein.



Knöllchen an den Wurzeln der Ackerbohne. Knöllchenbakterien (Rhizobien) können in Symbiose mit Leguminosen Luftstickstoff fixieren.

Aus phytosanitärer Sicht ist es wichtig, in Begrünungsmischungen möglichst keine Arten beizumengen, die auch in der Hauptfruchtfolge vorkommen, damit sich durch die Begrünung keine „Brücke“ für Schädlinge und Krankheiten bildet, die die ausreichenden Anbauabstände der Hauptfrüchte unterläuft. Dies gilt vor allem für Leguminosen und Kreuzblütler. Die Begrünungsfruchtfolge soll so an die Hauptfruchtfolge angepasst werden, dass der Leguminosen-Anteil 25 % nicht überschreitet. In Fruchtfolgen mit Sclerotinia-anfälligen Hauptfrüchten wie Soja oder Karotten sollten in der Begrünungsmischung keine Sonnenblumen enthalten sein.

Bei den meisten Kreuzblütlern ist der Mindest-Anbauabstand etwa 5 Jahre, bei Lein 10 Jahre, für Peluschken und Linsen 6 Jahre, für Wicken und Ackerbohnen 4-6 Jahre. Alexandriner- und Perserklee brauchen 3-4 Jahre Abstand. In den Begrünungsmischungen zählen die Arten jedoch nur als Anteil entsprechend ihrem Bild

im Bestand. In die Wertung als Fruchtfolgeglied soll auch die Bestandesdauer der Begrünung am Feld einbezogen werden.

Für Begrünungen auf Dammkultur braucht es angepasste Mischungen, die auch unter den herausfordernden Bedingungen des recht groben Saatbettes mit bis zu 10 cm großen Bodenschollen nach der Dammanlage keimen können. Gut etablierten sich in den Versuchen z.B. Winterrübsen, Ölrettich und Sorghum.

Mit winterharten Begrünungen bleibt der Boden viel länger mit lebenden Wurzeln durchwurzelt. Das ermöglicht die Nährstoffaufnahme den ganzen Winter über und fördert das Bodenleben. Dadurch schützen winterharte Begrünungen effektiver vor Nitratauswaschung. Der Umbruch von winterharten Begrünungen ist aber naturgemäß schwieriger als der von abfrostenden Begrünungen. Im Frühjahr verbrauchen winterharte Begrünungen mehr Wasser. Während dies auf trockenen Standorten schwierig ist, hat es auf feuchten Standorten den Vorteil, dass der Boden früher bearbeitbar wird.



Lein braucht 10 Jahre Fruchtfolgeabstand.

Anleitungen für den Einfachen Boden-Nitrattest und für die Knöllchenbonitur kann man auf der Website von Bio Forschung Austria herunterladen:

- www.bioforschung.at/wp-content/uploads/2019/02/Einfacher_Boden_Nitrattest_Folder-2016.pdf
- www.bioforschung.at/wp-content/uploads/2020/03/Soja-Knöllchen-Bonitur-BIO-FORSCHUNG-AUSTRIA.pdf



Die abfrostende Begrünungsmischung BFA1 ist sehr artenreich. Sie enthält neun verschiedene Komponenten aus vier verschiedenen Pflanzenfamilien. Sie ist so zusammengesetzt, dass sie auf den meisten Standorten, und sowohl bei trockenen als auch bei feuchten Verhältnissen gedeiht. Die entstehenden Begrünungsbestände können dementsprechend recht unterschiedlich aussehen. Die Begrünungsmischung BFA1 ist mit drei Arten von großkörnigen Leguminosen in hohem Anteil recht leguminosenreich, und daher vor stickstoffbedürftigen Folgefrüchten sehr geeignet.

Beschreibung

Leguminosenbetont, abfrostend; angestrebte Aussaatmenge 110 kg/ha

Zusammensetzung

großkörniger Anteil:

Platterbse	28 kg/ha
Ackerbohne	28 kg/ha
Sommerwicke	28 kg/ha
Sandhafer	16 kg/ha

feinkörniger Anteil:

Ölrettich	2,3 kg/ha
Phacelia	2,3 kg/ha
Leindotter	2,3 kg/ha
Perserklee	1,6 kg/ha
Kresse	1,5 kg/ha

Grob in Summe: 100 kg/ha (90 %)

Fein in Summe: 10 kg/ha (10 %)

Die artenreiche abfrostende Mischung BFA 1 lieferte in allen Versuchsjahren auf fast allen Standorten vergleichsweise hohe Biomasseerträge. Die Ergebnisse zeigen die Wichtigkeit einer artenreichen Mischung, besonders in Jahren mit schwierigen Witterungsverhältnissen.



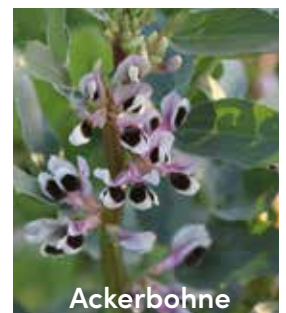
Sandhafer



Sommerwicke



Ölrettich



Ackerbohne



Kresse



Perserklee



Leindotter



Phacelia



Platterbse



BFA Mischung 2

Die teilweise winterharte Begrünungsmischung BFA2 enthält fünf verschiedene Komponenten aus drei verschiedenen Pflanzenfamilien. Mit ihrem Anteil an Ölrettich und Meliorationsrettich ist sie relativ „Rettichbetont“, enthält aber auch reichlich Leguminosen.

Ebenso wie die Mischung BFA1 gedeiht sie auf den meisten Standorten, sowohl bei trockenen als auch bei feuchten Verhältnissen.

Die Mischung BFA 2, wiewohl winterhart, eignet sich trotzdem für eine frühe Aussaat unmittelbar nach der Getreideernte.

Beschreibung

Leguminosenmischung, teilweise winterhart; angestrebte Aussaatmenge 90 kg/ha

Zusammensetzung

großkörniger Anteil:

Pannon. Winterwicke 30 kg/ha
Waldstaudenroggen 50 kg/ha

feinkörniger Anteil:

Inkarnatklee 5 kg/ha
Ölrettich 3 kg/ha
Meliorationsrettich 2 kg/ha

Grob in Summe: 80 kg/ha (89 %)

Fein in Summe: 10 kg/ha (11 %)



Pannon. Winterwicke



Waldstaudenroggen



Inkarnatklee



Ölrettich



Meliorationsrettich

Anbau

Grunderstlich ist es beim Anbau der Begrünung wichtig, das Feld nicht zu fein herzurichten. Denn sonst besteht bei Starkregenereignissen Erosionsgefahr, wenn die Begrünung noch nicht die entsprechende Höhe bzw. Bodenbedeckung erreicht hat.

Rauheitsuntersuchungen

DI Franz Handler, DI Reinhard Streimelweger und DI Peter Riegler-Nurscher, Josephinum Research

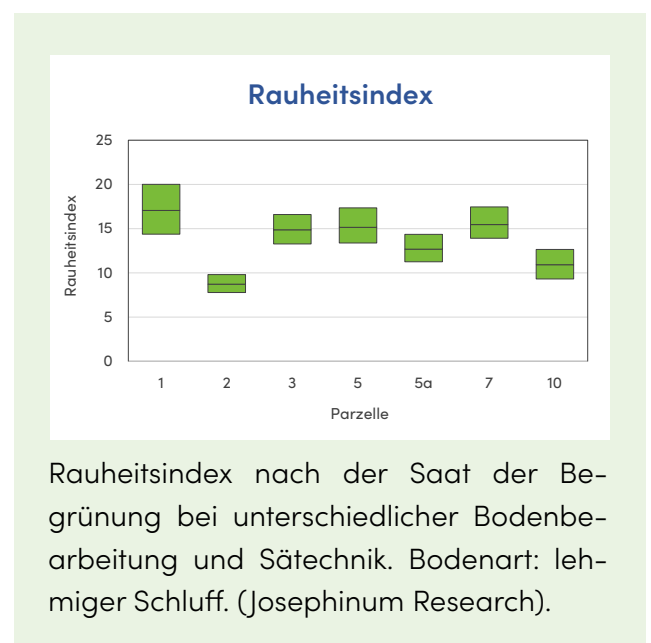
Da eine sehr fein vorbereitete Bodenoberfläche mit geringer Rauheit das Verschlammungs- und Erosionsrisiko erhöht, wurde jeweils unmittelbar nach dem Anbau die Rauheit des Bodens in den verschiedenen Begrünungsvarianten gemessen. Die Rauheitsmessung erfolgte mit einer Stereokamera. Aus den Stereoaufnahmen wurde mittels einer eigens entwickelten Software ein 3D-Modell der Bodenoberfläche rekonstruiert. Die darin enthaltenen Höhenunterschiede stellten die Basis für die Berechnung des von Taconet und Ciarletti 2007 entwickelten Rauheitsindex dar.

Ein Beispiel auf einem Standort mit lehmigen Schluff zeigt die Abbildung Rauheitsindex. Die Rauheit war bei einmaliger Bearbeitung mit dem Grubber und damit verbundener Saat der Begrünung am größten (Parzelle 1) und lag auf der Fläche zwischen 14 und 20. Wurde nach dem Grubber mit einer Kreiselegge-Sämaschine-Kombination angebaut, war sie am

geringsten (Parzelle 2). Die Federzahnegge (Parzelle 7) und die Mulchsaatmaschine (Parzelle 3) erzeugten bei einmaliger Überfahrt mit gleichzeitiger Saat ähnliche Rauigkeiten. Wurde eine erste Bearbeitung mit dem Grubber durchgeführt und anschließend mit der Federzahnegge ein zweites Mal bearbeitet

Jede Bodenbearbeitung im Sommer kann auch bei trockenen Verhältnissen aufgrund der zusätzlichen Mineralisierung zu einem Anstieg der Nitratwerte im Boden führen.

und gesät (Parzelle 5) änderte dies die Rauheit nicht wesentlich im Vergleich zur Parzelle 7. Wurde nach dem Grubber zweimal mit der Federzahnegge bearbeitet sank die Rauheit (Parzelle 5a). Bei der Parzelle 10 erfolgte im Vergleich zu Parzelle 5 die Saat mit der Federzahnegge 2 Wochen später, was zu einem deutlich feineren Saatbeet führte. Unter den gegebenen Rahmenbedingungen war das Saatbeet mit ein Rauheitsindex im Bereich von 15 für den Feldaufgang ausreichend fein. Geringere Rauheiten erhöhten das Verschlammungs- und Erosionsrisiko. Bei in Dammkultur gesäten Begrünungen lag die Rauheit im Bereich von 20.

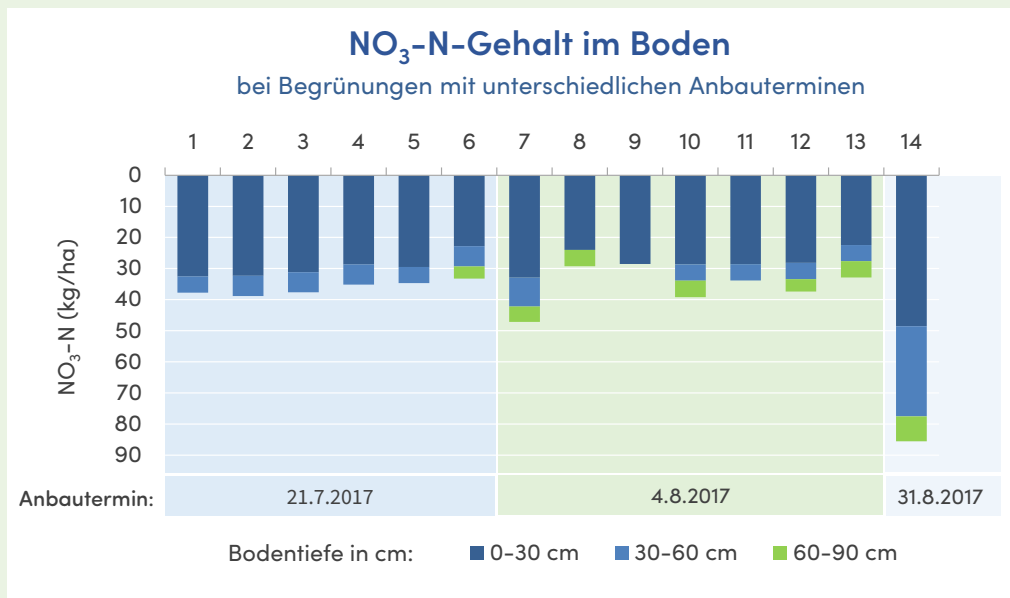




Anbauzeitpunkt

Um die Sonnenenergie optimal zu nutzen und eine möglichst rasche Biomasseentwicklung und damit eine Reduktion des Auswaschungsrisikos von Nährstoffen zu erreichen, sollten Begrünungen zum ehestmöglichen Zeitpunkt, am besten unmittelbar nach der Ernte, angebaut werden. Bei einem späten Anbau (Ende August oder später) können die Pflanzen nicht mehr so viel Stickstoff aus dem Boden aufnehmen.

Außerdem kommt es durch das lange Offenhalten und die dafür nötige Bodenbearbeitung zu einer erheblichen Nitratanreicherung im Boden, die von einer spät angebauten Begrünung kaum mehr aufgenommen werden kann. Somit verbleibt bei spätem Anbau wesentlich mehr auswaschungsgefährdetes Nitrat im Herbst im Boden.



NO₃-N-Gehalt im Boden Anfang Oktober bei Begrünungen mit unterschiedlichen Anbauterminen. 13 Versuchspartzen wurden mit verschiedenen Begrünungsmischungen Mitte Juli und Anfang August mit unterschiedlicher Saattechnik und Bodenbearbeitung angebaut, die 14. Parzelle erst Ende August. Bei einer Nitratgehalts-Messung Anfang Oktober zeigte die Parzelle 14 einen eindeutigen erhöhten Nitratgehalt im Boden, der durch einen zusätzlichen Grubber-Einsatz vor Anbau verursacht wurde. Aufgrund des späten Anbautermins konnte diese Begrünung das freigesetzte Nitrat noch nicht aufnehmen. Versuch Senning (NÖ), 2017.



Bei spätem Anbau, Mitte September oder später, können auch eigentlich abfrostende Begrünungspflanzen den Winter überleben, was einerseits Stickstoffverluste vermindert, aber andererseits den Umbruch erschweren kann. Bei einem Vergleich zwischen frühem Anbau-termin, möglichst unmittelbar nach der Ernte, und einem ca. 10-14 Tage späteren Anbau-termin zeigte sich, dass bei fast allen Versuchen die früher angebauten Begrünungen mehr Biomasse erzielten. Sie erbrachten zwischen 700 und 2600 kg/ha mehr Trockengewicht als die spät angebauten Varianten. Die früh angebauten Begrünungen hatten einen gleichen oder höheren Leguminosenanteil in der Biomasse und höhere N-Mengen in der oberirdischen Biomasse, zwischen 5 kg N/ha und 75 kg N/ha mehr.

Das untenstehende Foto zeigt den Unterschied zwischen den früher angebauten Begrünungen (linke Bildhälfte) und spät angebauter Begrünung (rechte Bildhälfte) in der Wirkung auf

die Folgekultur Saatmais im Versuch Senning. Anders war es in manchen Jahren auf den trockenen und heißen Standorten Wallern (Bgl.) und Senning (NÖ). Wird bei sehr heißen und trockenen Bedingungen gesät, kann es dazu kommen, dass die Bodenbearbeitung feuchten Boden nach oben bringt, was für das Unkrautwachstum, vor allem von Gänsefuß und Amaranth, reicht, die Begrünung aber oft nur keimen, aber dann absterben lässt. Eine dünne lückige Begrünung und starke Unkrautprobleme können die Folge sein. Hohe Temperaturen hemmen die Keimung der Begrünung bzw. lassen viele Keimlinge absterben, selbst wenn der Boden ausreichend feucht ist.

Wenn der Unterboden trocken ist, wie es vor allem im Osten Österreichs immer öfter der Fall ist, sollte mit dem Anbau besser zugewartet werden. Erst wenn der Boden ausreichend tief durchfeuchtet ist, sind eine zügige Keimung und Durchwurzelung des Unterbodens möglich.

Fazit: Der Begrünungsanbau sollte ehestmöglich nach der Ernte erfolgen, sobald

- 1) der Boden ausreichend tief durchfeuchtet ist oder mit genügend Niederschlägen gerechnet werden kann und
- 2) keine Hitzewelle bevorsteht.



Wirkung von früh angebauter Begrünung (linke Bildhälfte) und spät angebauter Begrünung (rechte Bildhälfte) auf die Folgekultur Saatmais (Versuch Senning (NÖ), Frühjahr 2018).

Saatstärke

Die Summe der Saatstärke von Begrünungsmischungskomponenten wird aus Gründen der Ausfallsicherheit meist etwas höher gewählt als die von Einzelkomponenten in Reinsaat entspricht. Im Projekt wurde in sechs Versuchen die Begrünungsmischung BFA1 einerseits mit voller Saatstärke, ca. 110 kg/ha, angebaut und zum Vergleich eine Variante mit halber Saatstärke angelegt.

Auf niederschlagsreichen Standorten erzielten Begrünungen mit voller Saatstärke mehr oberirdische Biomasse, und somit auch eine höhere gespeicherte Stickstoffmenge in der oberirdischen Biomasse.

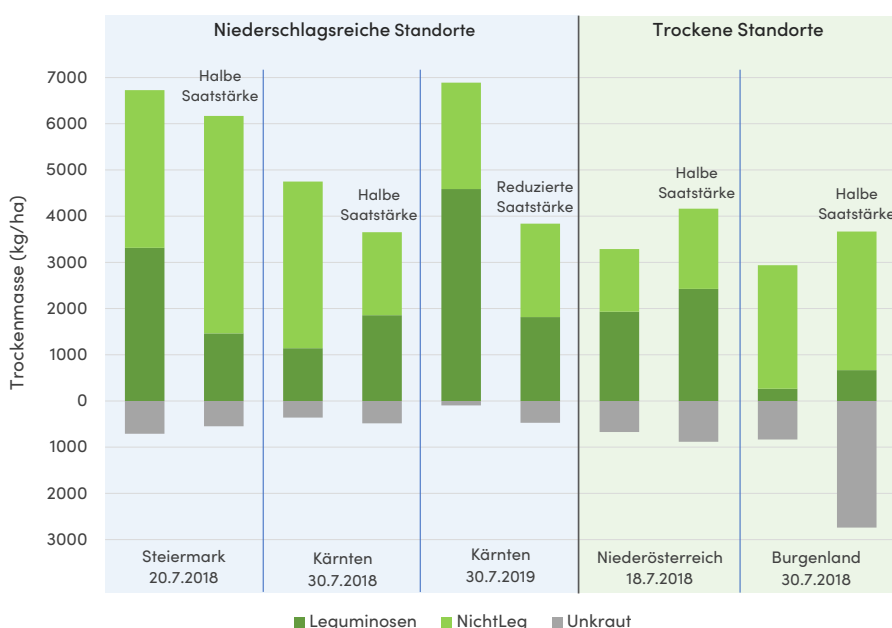
Auf den trockenen und heißen Standorten im Burgenland und in Niederösterreich hingegen war bei Verwendung halber Saatstärke der Konkurrenzdruck zwischen den Keimlingen um die begrenzte Ressource Wasser geringer. Die Keimlinge konnten sich so am Anfang

besser etablieren. Die kräftigeren Pflanzen bilden unter diesen Bedingungen auch eine höhere Biomasse. Wenn die Restnitratgehalte im Boden nicht zu hoch sind, können sich die Leguminosen, die sonst leicht unterdrückt werden, bei halber Saatstärke besser entwickeln und mehr Biomasse bilden als bei voller Saatstärke.

Die Wurzelmasse war jedoch sowohl auf niederschlagsreichen als auch auf trockenen Standorten bei voller Saatstärke deutlich höher.

Die Verunkrautung der Begrünungsbestände war bei halber Saatstärke auf allen Standorten deutlich stärker. Bei hohem Unkrautdruck sollte die Saatstärke deshalb eher hoch angesetzt werden, da die unkrautunterdrückende Wirkung einer Begrünung sonst nicht gewährleistet ist.

Saatstärkenvergleich: Begrünungsbiomasse



Biomasseaufwuchs bei unterschiedlicher Saatstärke, Mischung BFA 1. Trockene Standorte in Niederösterreich und Burgenland gegenüber Standorten mit mehr Niederschlag in der Steiermark und Kärnten.



Getrennter Anbau

Die grobkörnigen Leguminosen, die den größten Kostenfaktor beim Begrünungssaatgut darstellen, brauchen zum Keimen deutlich mehr Feuchtigkeit als das feinkörnige Saatgut. Wenn der Oberboden trocken ist, aber im Unterboden noch Feuchtigkeit vorhanden ist, kann ihnen ein „getrennter“ Anbau einen Startvorteil bringen. Beim „getrennten Anbau“ werden die grobkörnigen Leguminosen etwas tiefer, auf dem feuchten Horizont abgelegt. Dies erfolgt durch oberflächliches Ausstreuen des grobkörnigen Saatgutes und anschließendes Eingrubbern (Ablagetiefe ca. 8 cm), wobei gleichzeitig die Feinsämereien mit

dem Saatkasten am Grubber ausgestreut und angewalzt werden.

Wenn der Unterboden auch trocken ist, wartet man mit dem Anbau besser, bis der Boden ausreichend tief angefeuchtet ist, sodass eine zügige Keimung und Durchwurzelung des Unterbodens möglich sind.

Wenn der Boden feucht ist, und an Standorten mit ausreichend Niederschlägen sollte der Anbau so rasch wie möglich erfolgen. In diesen Fällen bringt ein „getrennter“ Anbau keinen zusätzlichen Vorteil.

Neuanbau nach Umbruch

Etabliert sich eine Begrünung, etwa aufgrund von Trockenheit, schlecht, dann ist ein Umbruch und eine sofortige Neuanlage in Mulchsaat anzuraten.

Bei einem doppelten Begrünungsanbau, bei dem die erste Begrünung noch im August oder September umgebrochen und ein zweites Mal eine Begrünung angebaut wird, wird durch die

zusätzliche Bodenbearbeitung und den Abbau der jungen Biomasse viel Nitrat freigesetzt. Da die zweite Begrünung die beim Umbruch freigesetzten Nitratmengen oft nicht rechtzeitig aufnehmen kann, besteht das Risiko der Nitratverlagerung in tiefere Bodenschichten. Außerdem muss mit verstärkter Erosionsanfälligkeit des Bodens nach dem Umbruch gerechnet werden.





2-Phasen-Begrünung

Kombination von abfrostender und winterharter Begrünung

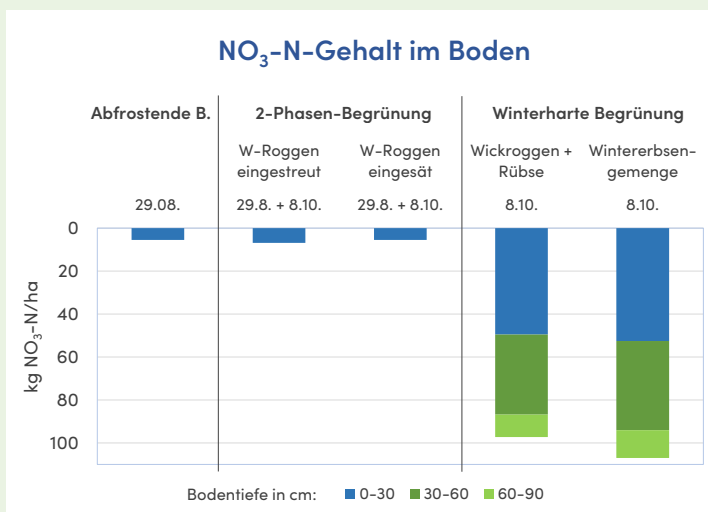
Bei einer 2-Phasen-Begrünung wird zunächst im Sommer eine abfrostende Begrünung angebaut (= Phase 1). Im Herbst wird ohne Umbruch in den etablierten abfrostenden Bestand eine zweite, winterharte Begrünung (= Phase 2) eingestreut oder eingesät. Wenn die abfrostende Begrünung im Spätherbst abstirbt, „übernimmt“ die überwinterte Begrünung.

Mit einer 2-Phasen-Begrünung ist der Boden von Juli/August bis März durchgehend mit lebenden Pflanzen bewachsen, die aktiv Nitrat und andere Nährstoffe aufnehmen und in ihrer Biomasse speichern. Die Zeit, in der das Feld nicht von Hauptfrüchten benötigt wird, wird voll für die Biomasseproduktion mit Zwischenfrüchten genutzt. Die Unkrautunterdrückung durch den aktiven Begrünungsbestand dauert bis ins Frühjahr an. Während bei winterharten

Begrünungen mit spätem Anbauzeitpunkt im Herbst erhebliche Nitratanreicherungen auftreten, liegen in wüchsigen abfrostenden und 2-Phasen-Begrünungen im Herbst nur geringe Nitratmengen im Boden vor.

Nachteilig bei der 2-Phasen-Begrünung sind der Mehraufwand für den zweiten Anbau (Maschineneinsatz und Saatgutkosten). Einsparungspotenzial könnte in einer Reduktion der Saatstärke beider Phasen und dem Verzicht auf winterharte Leguminosen in Phase 2 liegen.

Da sich die winterharte 2. Phase im Frühjahr bei weitem nicht so massiv entwickelt wie eine „normale“ winterharte Begrünung mit Grünschnittroggen, ist der Umbruch deutlich länger problemlos möglich.



Nitrat-N-Gehalte im Boden im Vergleich von abfrostender Begrünung, 2-Phasen-Begrünung und winterharter Begrünung am 11.11.2019 im Versuch Stockerau (NÖ).

Untersaaten

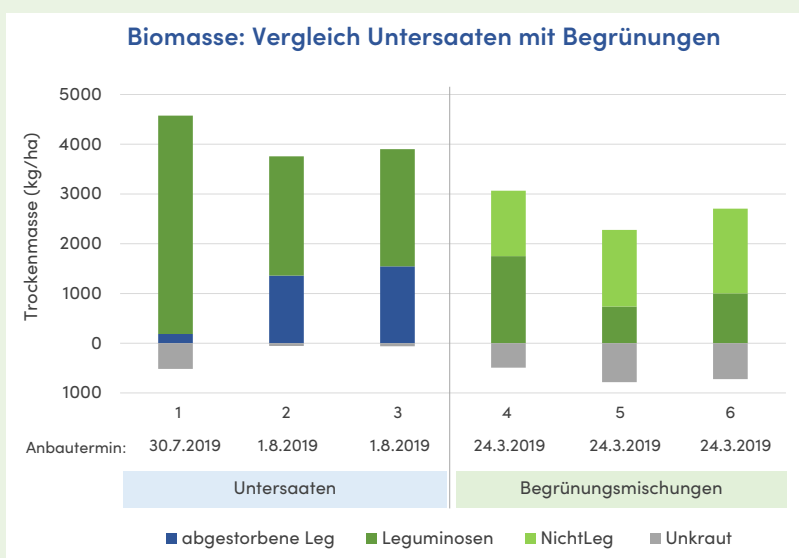
Auf niederschlagsreicheren Standorten wie in Unterbergen (Ktn.) gedeihen Untersaaten gut. Jene Varianten, die bereits in Untersaat in die Vorfrucht gebaut wurden, erzielten deutliche höhere Biomassen und Stickstoffgehalte als die Begrünungen, die erst nach der Ernte angebaut wurden. Im Trockengebiet hingegen lassen sich nicht in jedem Jahr erfolgreich Untersaaten im Frühjahr etablieren. Ist der Getreidebestand jedoch nicht dicht, können Untersaaten mit trocken-toleranten Kleearten, z.B. mit Gelbklee, Steinklee oder Perserklee, auch im Trockengebiet fast immer mit Erfolg angebaut werden. Bei sehr dichten Getreidebeständen ist Vordruschsaat oder die Aussaat während des Mähdrusches erfolgreicher.

Besonders Klee und Klee-gras sind für Untersaaten geeignet, da sie eine langsame Jugendentwicklung aufweisen. Weißklee, eventuell gemischt mit Raygras, Rotklee und Schwedenklee, kann im Frühjahr als Untersaat in Getreide

eingestreut werden. Wenn die Hauptfrucht geerntet ist, kann sich die Kleeuntersaat rasch voll entwickeln.

Weißklee produzierte mit seinen Ausläufern einen schönen dichten Bestand. Nach der Ernte des Getreides ist ein Mähen der dann vollflächigen Untersaat sinnvoll, um langfristig Unkraut zu unterdrücken. Zur Distelbekämpfung können Kleeuntersaaten auch mehrmals gemäht werden. Die Distel wird geschwächt, wenn sie mehrmals neu austreiben muss, während der Weißklee konkurrenzstark bleibt. Bei einer lückigen Untersaat mit Disteldurchwuchs ist ein Umbruch sinnvoll, um den Disteldruck in der Folgekultur einzudämmen, auch wenn er im August zu erfolgen hat.

Durch die lange Bodenbedeckung ist bei Untersaaten der beste Erosionsschutz und die höchste Humuswirkung gegeben.



Biomasse von Kleeuntersaaten im Vergleich mit der Biomasse von Begrünungen, die nach der Ernte angelegt wurden. Unterbergen (Ktn.), 04.10.2019.



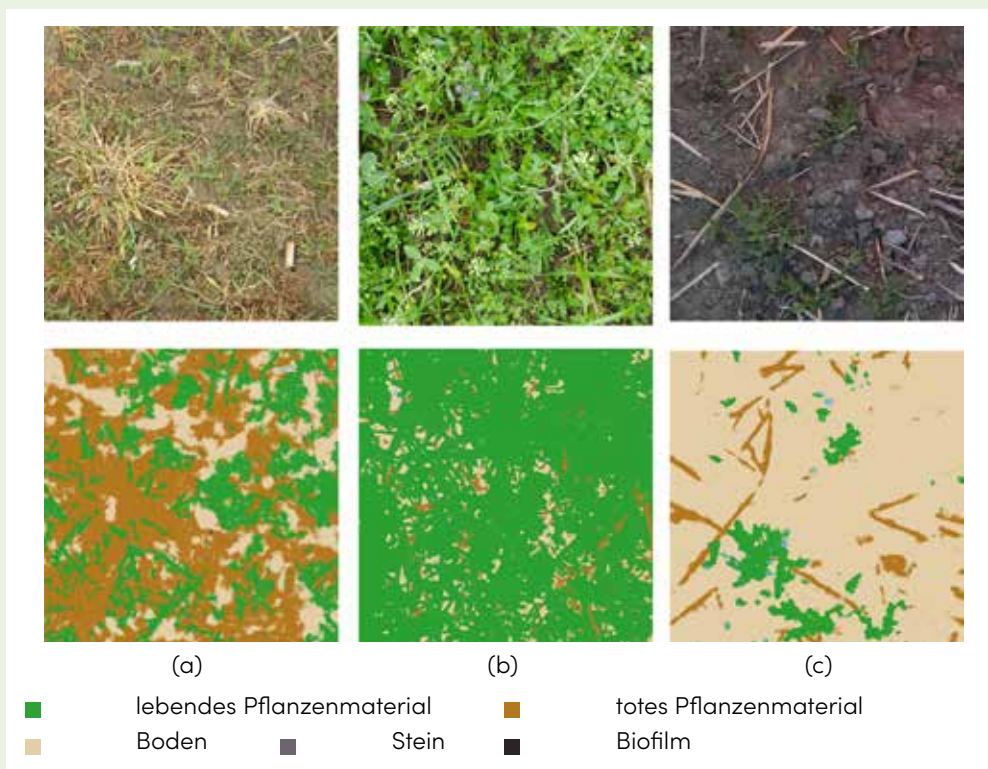
Bodenbedeckung

DI Franz Handler, DI Reinhard Streimelweger und DI Peter Riegler-Nurscher,
Josephinum Research

Die Bodenbedeckung verhindert bei starkem Regen, dass die aufschlagenden Tropfen die Bodenaggregate zerstören und damit die Bodenoberfläche verschlämmen, die Infiltration des Wassers in den Boden vermindern und die Bodenerosion erhöhen. Die Ernterückstände bilden auch kleine Dämme, die den Wasserabfluss verlangsamen. Gleichzeitig wird auch unproduktive Verdunstung vermindert. Bei der Bodenbearbeitung entstehende Bröckel an der Bodenoberfläche erhöhen deren Rauheit und verzögern in einem gewissen Ausmaß den oberflächlichen Wasserabfluss bei starkem Regen. Zu fein vorbereitete Bodenoberflächen neigen stärkerer zu Verschlämmung und damit zu einer verringerten Infiltration von Niederschlagswasser und zu einem mangelhaften

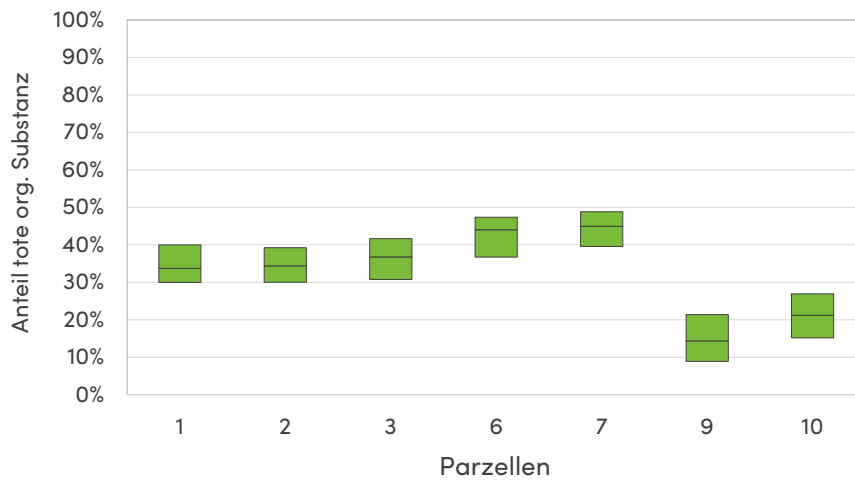
Luftaustausch. Nur in den Boden infiltriertes Wasser kann von ihm für nachfolgende Trockenperioden gespeichert werden.

Die Bodenbedeckung wurde mit Hilfe der App Soilcover (<https://soilcover.josephinum.at/>) ermittelt. Dazu waren Fotos einer Digitalkamera aus rund einem Meter Höhe senkrecht zum Boden erforderlich. Auf diesen ordnete Soilcover die Pixel den Kategorien tote organische Substanz, lebende organische Substanz und Boden zu. Das Ergebnis war eine prozentuelle Verteilung der Kategorien auf der am Foto abgebildeten Fläche.



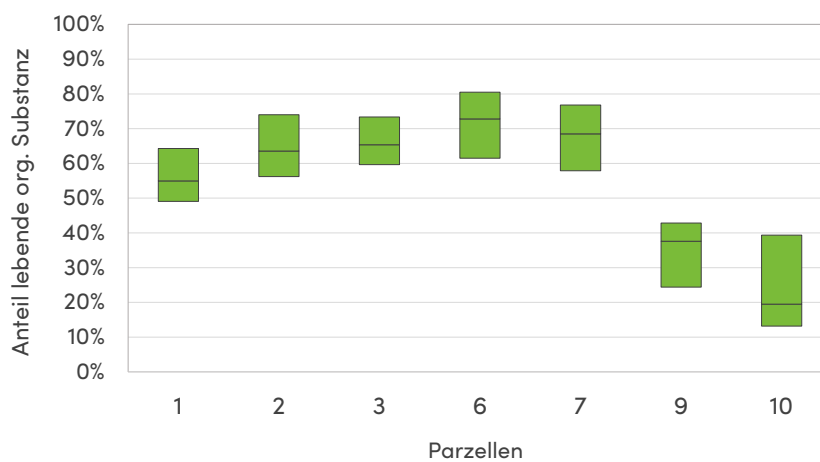
Beispiele unterschiedlicher Bodenbedeckungen (oben) und die dazugehörigen Ergebnisse der Klassifizierung (unten).

Bodenbedeckung durch Ernterückstände



Die Grafik zeigt die Bodenbedeckung durch Ernterückstände nach der Saat. Bei Parzelle 1 wurde mit dem Grubber mit aufgebautem Feinsamenstreuer in einem Arbeitsgang gegrubbert und gesät. Wurde nach dem Grubber mit einer Kreiselegge-Sämaschine-Kombination (Parzelle 2) bzw. mit einer Mulchsaatmaschine (Parzelle 3) ohne vorherigem Grubbereinsatz angebaut, wurden ähnlich Bodenbedeckungen erzielt. Tendenziell höhere Bodenbedeckungen wurden nach dem Flachgrubber mit aufgebautem Feinsamenstreuer beobachtet, egal ob vorher der Grubber eingesetzt wurde (Parzelle 6) oder keine Bearbeitung stattfand (Parzelle 7). Parzelle 9 und 10 wurden gegrubbert und 2 Wochen nach den anderen Parzellen mit einer Mulchsaatmaschine (Parzelle 9) bzw. Federzahnegge mit aufgebautem Feinsamenstreuer (Parzelle 10) angebaut. Diese Wartezeit führte zu einer deutlich geringeren Bodenbedeckung.

Bodenbedeckung



Die Grafik zeigt die Entwicklung der Bodenbedeckung durch die Begrünung zwischen zwei Messungen. Die Ursachen für die unterschiedliche Dynamik in der Entwicklung sind unterschiedliche Mischungen und Abbaupunkte. Je kleiner die Bereiche, umso homogener haben sich die Mischungen entwickelt.

C/N-Verhältnis

C/N-Verhältnis von Begrünungspflanzenarten

Das C/N-Verhältnis ist das Verhältnis zwischen dem Kohlenstoff- und dem Stickstoffgehalt in der Pflanzenbiomasse.

Organisches Material mit einem engen C/N-Verhältnis, wie beispielsweise Gülle mit einem Wert von 9, wird schnell abgebaut. Ein großer Teil der darin enthaltenen Nährstoffe wird rasch freigesetzt. Ist das C/N-Verhältnis weit, wie bei Stroh mit einem Wert von 90, dauert es lange, bis das Material von den Bodenmikroorganismen abgebaut wird. Die gemessenen C/N-Werte der oberirdischen Pflanzenbiomasse von Begrünungen liegen zumeist zwischen den C/N-Verhältnissen von Schweinegülle mit einem C/N von 8 und Pferdemist mit einem C/N von 33.

Das C/N-Verhältnis ist von der Pflanzenart abhängig. Leguminosen haben niedrigere C/N-Verhältnisse, zwischen 11 und 15, als z.B. Gräser mit C/N-Verhältnissen bis über 30. Im Normalfall steigt das C/N-Verhältnis mit dem Alter der Pflanze an. Je höher das Verhältnis, umso weniger Stickstoff und umso mehr Kohlenstoff enthält die Pflanze. Die chemischen Verbindungen werden stabiler, die Abbaugeschwindigkeit verlangsamt. Pflanzen mit einem niedrigen C/N-Verhältnis werden rasch abgebaut. Sie dienen der schnellen Nährstofffreisetzung im Boden und können so die Folgefrucht früher mit Nährstoffen versorgen.

Die C/N-Verhältnisse in der unterirdischen Biomasse waren mit Ausnahme der Leguminosen bei allen beprobten Begrünungspflanzen deutlich weiter (höherer Wert) als die der oberirdischen Biomasse.

Wurzeln sind maßgeblich beteiligt an der Nährstoffspeicherung von Pflanzen. Eingelagert wird vor allem Stärke. Dies erklärt das normalerweise hohe C/N-Verhältnis der unterirdischen Biomasse. Unterirdische Biomasse bleibt somit länger erhalten und trägt eher zum Pool des Dauerhumus bei als oberirdische.

C/N-VERHÄLTNISSE IN DER OBERIRDISCHEN UND UNTERIRDISCHEN BIOMASSE VERSCHIEDENER BEGRÜNUNGSPFLANZENARTEN		
	C/N-Verhältnis	
	oberirdisch	Wurzeln
Ackerbohne	11-16	13-22
Alexandrinerklee	13-19	14-15
Buchweizen	26-37	47-55
Felderbse	14-15	12-16
Gelbsenf	16-23	36-51
Grünschnittroggen	11	17-24
Hanf	20-27	58-75
Kresse	14-16	23-32
Lein	13-41	27-65
Leindotter	12-27	29-61
Linse	14-15	19-20
Mauretanische Malve	10-18	25-41
Meliorationsrettich	16-18	31-38
Örettich	13-37	14-48
Pannonische Wicke	10-13	11-13
Perserklee	11-1	12-15
Phazelia	14-34	37-82
Platterbse	10-14	11-18
Ramtillkraut	17-38	33-67
Raps	11-20	21-42
Ringelblume	12-15	24-31
Rispenhirse	26-37	45
Rübse	7-25	12-38
Saflor	25*	68*
Sandhafer	18-28	24-36
Sareptasenf	8-13	18-32
Sommerwicke	11-14	11-15
Sonnenblume	23-53	44-141
Studentenblume	10-23	29-66
Sudangras	13-47	28-52
Sunn Hemp	30*	41*

* nur 1 Messwert

C/N Verhältnis von Begrünungsmischungen

Die Bandbreite der Gesamt-C/N-Verhältnisse der untersuchten Mischungen lag zwischen 7,3 bei einer sehr spät angebauten leguminosenhaltigen, teils winterharten Mischung und 28 bei einer früh angebauten leguminosenfreien Mischung. Zumeist lagen die C/N-Verhältnisse der Begrünungsmischungen zwischen 15 und 20.

Enge C/N-Verhältnisse von 10 - 13 erzielten die mehrmals gemähten Kleeuntersaaten sowie die Grobleguminosen-Mischungen. Leguminosendominierte Begrünungsmischungen wiesen generell engere C/N-Verhältnisse auf als Nichtleguminosenmischungen, aber stets in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium, was in Hinblick auf den zu erwartenden Verlauf der N-Freisetzung aus der abgestorbenen Biomasse von Bedeutung ist.

Das C/N-Verhältnis von Nichtleguminosen hängt stark vom Reststickstoffgehalt am Feld ab. Reichlichere N-Versorgung sorgt für niedrige C/N-Verhältnisse bei Nichtleguminosen, bzw. auch dafür, dass sie länger im vegetativen Wachstum bleiben.

Mischungspartner wie Sudangras erhöhen das C/N-Verhältnis von Begrünungen.

Die Berücksichtigung des C/N-Verhältnisses von Begrünungspflanzen eröffnet die Möglichkeit, die Artenzusammensetzung von Begrünungen so zu gestalten, dass Auswaschungsverluste minimiert und die Nährstofffreisetzung auf die Bedürfnisse der nachfolgenden Kultur abgestimmt werden können.



Oben links: Eine 10 Wochen alte leguminosenbetonte Mischung mit C/N = 18.

Oben rechts: Eine 11 Wochen alte Begrünungsmischung mit Sudangras mit einem C/N-Verhältnis von 20.

Unten links: Knapp 8 Wochen alte Mischung (im Bild vorne links) mit niedrigem C/N-Verhältnis von 7,3.

Stickstoffdynamik

Ein wesentlicher Grund, Begrünungen anzubauen, ist der, dass sie es ermöglichen, das nach der Ernte im Boden vorliegende Restnitrat und den im Laufe von Sommer und Herbst mineralisierten Stickstoff möglichst verlustfrei über den Winter zu bringen. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen Begrünungen so angebaut werden, dass sie im Herbst bereits eine hohe Biomasse haben, die schon viel Nitrat aus dem Boden aufgenommen hat, sodass im Boden nur noch geringe auswaschungsgefährdete Nitratgehalte vorliegen.

In folgenden Fällen wurden im Herbst unerwünscht hohe Bodennitratgehalte gemessen:

- bei Varianten mit spätem Anbau, bei denen auch noch eine zusätzliche Bodenbearbeitung vor Anbau durchgeführt wurde.
- bei Neuanbau der Begrünung nach Umbruch der ersten Begrünung.
- nach zu intensiver Bodenbearbeitung.

Diese Fälle gilt es zu vermeiden. Sollte das Vermeiden nicht möglich sein, ist es wichtig, schnellwüchsige Pflanzen wie Rettich oder Grünschnittroggen in der Begrünungsmischung zu haben, die rasch tief wurzeln und Stickstoff aufnehmen.

Die Freisetzung des in der Begrünungsbiomasse gespeicherten Stickstoffs beginnt, sobald

sie abgestorben ist. Wenn die Begrünungsbiomasse eingearbeitet wird, startet der Abbau früher, als wenn sie stehenbleibt oder nur bodennah gebracht wird. Das Einarbeiten der Biomasse im

Herbst führt zu einer sehr frühen Freisetzung der Nährstoffe und ist nur vor Kulturen sinnvoll, welche eine hohe Nährstoffverfügbarkeit zu Vegetationsbeginn benötigen (z.B. vor Durumweizen oder Frühkartoffel). Das erhöhte Risiko der Stickstoffverlagerung in tiefere Bodenschichten kann auch die Ackerkratzdistel stark fördern.

Abfrostende Begrünungen, die überwintert stehenbleiben, können in milden Wintern noch lange weiterwachsen, Nährstoffe aus dem Boden aufnehmen und Luftstickstoff fixieren. Längeres Stehenbleiben bedeutet eine längere Wachstumszeit und eine bessere Catch Crop-Funktion. Auch bei abfrostenden Begrünungen beginnt der Abbau und die Mineralisierung der Biomasse im Wesentlichen erst nach dem Umbruch der Begrünung im Frühjahr.

Sowohl bei abfrostenden als auch bei winterharten Begrünungen hängt die Abbau-geschwindigkeit der Biomasse in hohem Maße von ihrem C/N-Verhältnis ab.

Bei winterharten Begrünungen dauert es nach dem Umbruch länger als bei abgefrosteten Zwischenfrüchten, bis die Mineralisierung der Biomasse einsetzt. Die jeweilige Jahreswitterung übt aber einen entscheidenden Einfluss aus.

Fazit:

Beim Begrünungsanbau zählt für den Schutz des Bodens vor Nitratauswaschung und Erosion jeder Tag – sowohl im Sommer nach der Ernte als auch im Winter und Frühjahr.





Unter Wintermanagement versteht man, den Begrünungsbestand durch Walzen, Mähen, etc. bodennah zu bringen, mit dem Ziel, gasförmige Nährstoff- und Kohlenstoffverluste, sowie in windexponierten Lagen Verluste durch Verwehen der Blätter zu verringern. Wenn die Blätter eines abgefrosteten Begrünungsbestandes verweht werden, bedeutet das einerseits einen Nährstoffverlust am Feld, andererseits aber auch eine unerwünschte Eutrophierung angrenzender Naturräume. Ziel kann aber auch sein, die Pflanzen schon im Winter abzutöten, um das Aussamen und Verholzen zu verhindern, oder das Verrotten der Begrünung früher starten zu lassen.

Auf alle Fälle sollte das Wintermanagement bodenschonend bei trockenem oder gefrorenem Boden durchgeführt werden.

Je feiner die Zwischenfruchtbiomasse durch das Wintermanagement zerkleinert wird, desto schneller setzen Abbau und Mineralisierung ein. Die Auswirkung des Wintermanagements auf die Umsetzung und Mineralisierung der Begrünung hängt aber nicht nur von der Art des

Foto oben: Walzen des Begrünungsbestandes beim ersten Frost.

Rechts: Beinahe alle Blätter sind durch das Walzen abgefallen.

Managements, sondern auch sehr stark vom Zeitpunkt, der Witterung und dem jeweiligen Begrünungsbestand und seinem Entwicklungszustand ab, sprich ob er noch jung und saftig grün ist, oder schon holzig-trocken.

Walzen beim ersten starken Frost ist eine sehr effektive und energiesparende Methode. Die glashart gefrorenen Blätter zerspringen beim Walzen in kleine Teile. Die Blattstücke bleiben am Boden und Nährstoffverluste durch Verwehen der Blätter werden vermieden. Auf dem gefrorenen Boden ist die Überfahrt sehr bodenschonend und es kann eine hohe Flächenleistung erreicht werden. Das Zerspringen der gefrorenen Blätter funktioniert nur beim ersten tiefen Frost bei mindestens $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$; später, wenn die Blätter aufgetaut und wieder gefroren sind, nicht mehr.





Wintermanagement Walzen (linkes Bild) und Häckseln (rechtes Bild) am 28.11.2017, Garzern (Ktn.).
Fotos: Harald Schelander.

Beim Walzen werden die Pflanzen beschädigt und „Abfrostende“ sterben dadurch auch bei wenig Frost sicher ab. Verholzte Teile werden gebrochen, was den Umbruch im Frühjahr erleichtert.

Wenn das Walzen nicht wie oben beschrieben beim ersten starken Frost erfolgt, werden die Begrünungen nur auf den Boden niedergedrückt. Hier kommt es auf den Begrünungsbestand an:

Auf trockenen Standorten kann die Zersetzung der Pflanzen etwa gleich langsam wie bei der Variante ohne Wintermanagement ablaufen, wenn das Walzen die Pflanzen nicht stark beschädigt hat und die Begrünung als „Matte“ an der Bodenoberfläche verbleibt. Wenn gewalzte Begrünungen durch den Druck gequetscht werden, beginnen sie sich früher zu zersetzen. Winterharte Pflanzen werden beim Walzen

nicht zwingend abgetötet und können auch wieder austreiben und weiterwachsen.

Gewalzte Begrünungen können auch einen Einfluss auf die Bodenaktivität haben, vor allem wenn das Material lange an der Oberfläche verbleibt. Die Mulchdecke schützt den Boden vor großen Temperaturschwankungen. Dadurch kann es zu einer schwächeren Mineralisierung im Winter und einer späteren Mineralisierung im Frühjahr kommen.

Auf niederschlagsreichen Standorten sollte man bedenken, dass der Boden unter einer gewalzten Begrünung im Frühjahr länger braucht, um abzutrocknen. Winterharte Begrünungen haben hier den Vorteil, dass der Boden schneller abtrocknet.

Wird die Biomasse gemäht, können vor allem winterharte Pflanzen eventuell weiterwachsen



Auf ein Wintermanagement der abfrostenden Mischung BFA1 (links) und teilweise winterharten Mischung BFA2 (rechts) wurde auf niederschlagsreichen Standorten verzichtet, 28.2.2019, Ilz (Stmk).





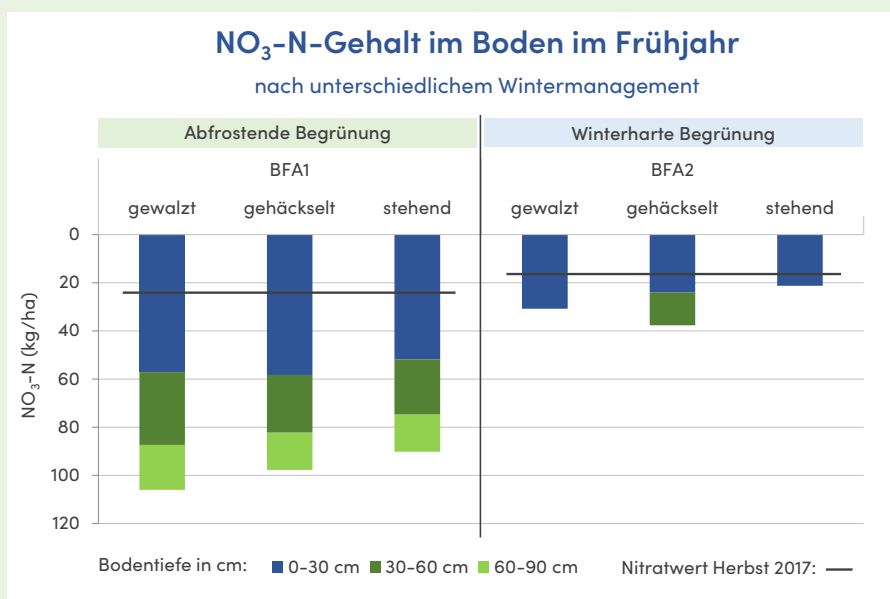
Nach dem Häckseln der Begrünung (linkes Bild) verbleibt zunächst eine kurz geschnittene Auflage am Feld, die rasch abgebaut werden kann. Beim Walzen (rechtes Bild) wird die Begrünung als Ganzes umgeknickt, was eine lockerere, doch langlebigere Mulchschicht bildet, die besser vor Wind geschützt ist. BFA 1, Wallern (Bgl.), 30.12.2019.

oder sogar im Wachstum angeregt werden. Die abgemähten Pflanzenteile können durch ihre Größe gut erhalten bleiben, oder schon zu verrotten beginnen. Gemähte Begrünungsbiomasse kann auf windexponierten Flächen verweht werden, bei starkem Wind sogar auch gehäckselte Biomasse.

Häckseln ist diejenige der Wintermanagement-Varianten, bei der sich die Biomasse am raschesten zersetzt und der Stickstoff am schnellsten mineralisiert wird. Die Pflanzen werden in etwa 10 cm lange Stücke geschnitten. Wenn die

Messer nicht ausreichend scharf sind, werden die Pflanzen an den Schnittstellen häufig gequetscht. Die Verrottung setzt in der gehäckselten Variante meist am raschesten ein.

In der Variante ohne Wintermanagement bleiben die Pflanzen, auch wenn abgestorben, am Feld stehen. Der Abbau beginnt im Wesentlichen erst nach dem Umbruch im Frühjahr. Nitrat wird der Folgekultur somit später zur Verfügung gestellt, als wenn Wintermanagement durchgeführt wurde.



NO₃-N-Gehalt im Boden im Frühjahr nach unterschiedlichem Wintermanagement bei abfrostenden (BFA1) und winterharten Begrünungen (BFA2). Garzern (Ktn.), April 2018.

Begrünungsumbruch im Frühjahr

Der Frage, welche Technik geeignet ist, biomassereiche abfrostende und winterharte Begrünungen im Frühjahr umzubringen, wurde im Rahmen von zwei Feldtagen, in Ilz (Stmk.) und in Senning+Stockerau (NÖ) nachgegangen. Wenn, so wie bei den beiden Feldtagen, noch lebende Pflanzen vorhanden sind, wie winterharte Begrünungen, überlebende „abfrostende“ Begrünungspflanzen oder Unkraut, sollten die Wurzeln ganzflächig möglichst flach abgeschnitten werden. Je geringer das an den Pflanzen verbleibende Wurzelvolumen ist und je besser die Wurzeln von der Erde getrennt werden und oberflächlich liegen bleiben, desto schneller vertrocknen die Pflanzen und umso weniger können sie wieder anwachsen.

Es zeigte sich, dass fast alle der gezeigten Geräte die Aufgabe lösen konnten. Im Frühjahr sind große Bearbeitungstiefen zu vermeiden. Deshalb sind Geräte zu bevorzugen, die möglichst seicht arbeiten können. Leichtgrubber, Messerwalze+Großfederzahnegge, gezogener Flachgrubber und Flügelscharrgrubber erbrachten die besten Ergebnisse.

Welche Maschine in welcher Einstellung die besten Resultate liefert, hängt jedoch stark vom jeweiligen Boden (Bodenart, Bodenzustand, Feuchtigkeitsverhältnisse) und von der geplanten Folgefrucht ab.

Enorm wichtig ist es, zuzuwarten, bis der Boden auf optimale Bodenfeuchtigkeit abgetrocknet ist.

Unter winterharten Begrünungen trocknet der Boden am schnellsten ab. Das Walzen der Bestände im Herbst oder Winter führt eher zu einem langsameren Abtrocknen im Frühjahr.

Je mehr Pflanzenreste an der Oberfläche verbleiben, umso besser ist der Erosionsschutz, umso höher sind aber auch die Ansprüche an die nachfolgenden Bearbeitungsgeräte. Abgefrostete Begrünungspflanzen sind leicht zu zerkleinern, auch in stehenden Beständen. Am Versuch in Ilz war nach 2 Überfahrten im Frühjahr trotz bis zu 16 Tonnen Pflanzentrockenmasse im Herbst nur mehr eine geringe Menge an Pflanzenrückständen an der Oberfläche zu finden.

Das Video vom Feldtag in Stockerau ist auf der Homepage von Bio Forschung Austria abrufbar:
<https://www.bioforschung.at/projects/minnc-emissionsminderung-durch-begrueenungen/>



Wurzeln von Begrünungen

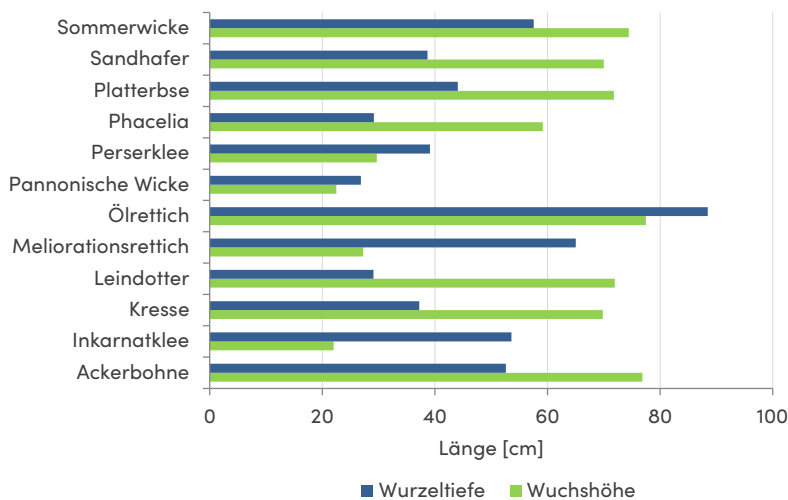
Wurzeltiefe und Wurzelcharakteristik

In Zusammenarbeit mit Dr. Sobotik, Verein zur Förderung der Wurzelforschung und deren Nutzenanwendung – Pflanzensoziologisches Institut

Die Wurzeluntersuchungen zeigten, dass Begrünungspflanzen viel tiefer wurzeln, als man gemeinhin annimmt. Ölrettich erreichte eine Wurzeltiefe von bis zu 180 cm, Meliorationsrettich bis 120 cm, Phacelia bis 115 cm, Ackerbohne bis 110 cm, Sommerwicke bis 95 cm, Perserklee, Sandhafer und Kresse bis 80 cm, Platterbse bis 75 cm und Leindotter bis 55 cm.

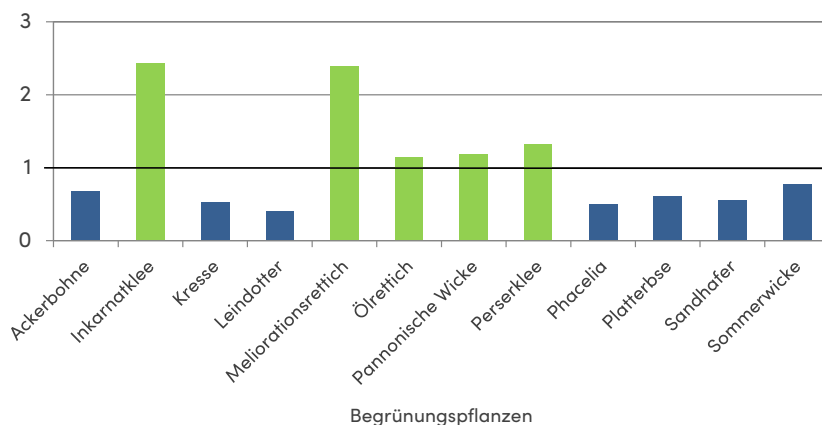
Der Vergleich von oberirdischer Wuchshöhe zu Wurzeltiefe zeigte, dass vor allem Inkarnatklee, Meliorationsrettich, Perserklee, Pannonische Winterwicke und Ölrettich ein wurzelbetontes Wachstum, das bei Begrünungen besonders erwünscht ist, aufweisen.

Wuchshöhen und Wurzeltiefen



Mittelwerte der oberirdischen Wuchshöhe und der Wurzeltiefe ausgewählter Begrünungspflanzen.

Verhältnis Wurzeltiefe zu Wuchshöhe



Mittelwerte des Verhältnisses Wurzeltiefe zu Wuchshöhe ausgewählter Begrünungspflanzen.

Das stärkste Tiefenwachstum zeigte Ölrettich, der auf einigen Standorten bis in mehr als 1 m Tiefe wurzelte, und an den Standorten Senning (NÖ, 2019) und Wels (OÖ, 2018) sogar tiefer als zum Boden der ausgehobenen Wurzelgrube. Die Durchwurzelung in größeren Tiefen ist besonders für die Humusanreicherung und Bodenstrukturverbesserung von Bedeutung.

Trotz der guten Wurzeleigenschaften einiger Kreuzblütler, wie Ölrettich oder auch Raps, ist zu berücksichtigen, dass ein zu hoher Anteil dieser Familie in der Begrünungsmischung das Risiko der Kohlhernie birgt.

Die Bewurzelung der Ackerbohne zeichnete sich auf allen Standorten weniger durch Tiefenwachstum, mehr durch eine große Seitenausbreitung aus. Das Tiefenwachstum der Ackerbohne hat mit 110 cm in Senning 2018 aber

auch einen beachtlichen Maximalwert erreicht. Neben der starken Durchwurzelung mit kräftigen Seitenwurzeln 1. Ordnung, konnte auch eine intensive Knöllchenbildung im Oberboden festgestellt werden, die den besonderen Wert dieser Pflanze unterstreicht.

Neben der Ackerbohne konnte auch bei den Gräsern Waldstaudenroggen und Sandhafer, beim Ölrettich, sowie den Leguminosen Sommerwicke und Platterbse eine starke Seitenwurzelbildung beobachtet werden.

Während die Ackerbohne zahlreiche Knöllchen nahe der Wurzelbasis bildet, ist die Sommerwicke jene Begrünungs-Leguminose, deren aktive Knöllchen bis in eine Tiefe von 75 cm reichen.



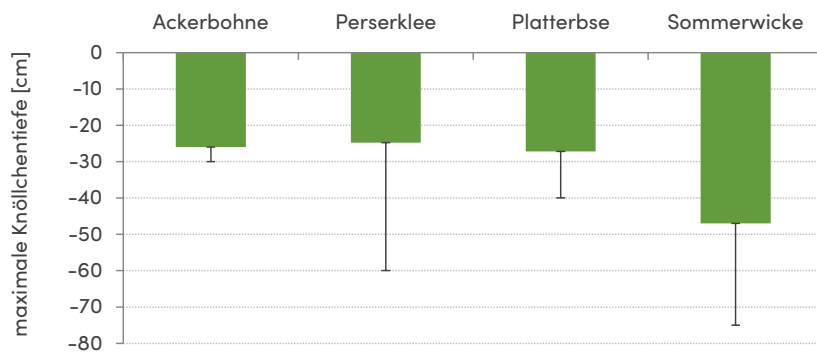
Bild links: Ölrettich (im Bild rechts) zeigt neben starkem Tiefenwachstum auch eine gute Seitenausbreitung der Wurzeln.

Bild unten: Reich verzweigtes „fischgrätenartiges“ Wurzelsystem in einem Schwundriss.





Knöllchentiefen ausgewählter Leguminosen



Maximale Knöllchentiefen verschiedener Leguminosen. Mittelwerte und Höchstwerte von allen Standorten 2019.



Abbildung links:
Wurzelknöllchen der
Platterbse

Abbildung Mitte:
Wurzelknöllchen Acker-
bohne

Abbildung rechts:
Wurzelspitze





Mit den in den Versuchen eingesetzten Begrünungsmischungen und Anbauverfahren wurden Wurzelbiomassen zwischen 1000 und 5500 kg/ha Trockenmasse erzielt.

Diese Ergebnisse der quantitativen Wurzelbehebungen sind im Vergleich zu in der Literatur genannten Wurzelmassen, aber auch zu Ergebnissen aus früheren Versuchen von Bio Forschung Austria teils sehr hoch. Die Ergebnisse zeigen, dass Begrünungen bis zu mehreren tausend Kilogramm Kohlenstoff pro Hektar in den Boden einbringen können. Wurzeln weisen einerseits ein weiteres C/N-Verhältnis auf als die oberirdischen Pflanzenteile. Andererseits geht in größerer Tiefe der Abbau von organischem Material aufgrund des geringeren Sauerstoffzutritts und der niedrigeren Temperatur wesentlich langsamer vor sich als in der oberen Bodenschicht.

Mit der hier angewendeten Methodik konnten die Wurzelausscheidungen der lebenden

Wurzeln nicht erfasst werden, sowie die Abschilferung von Zellen und abgestorbenen Wurzelhaaren während des Wurzelwachstums, die noch einmal einen beträchtlichen Kohlenstoff-Input in den Boden darstellen. Begrünungen mit hohen Wurzelmassen können damit einen bedeutenden Beitrag zur Humusanreicherung leisten.

Bemerkenswerterweise erzielten die „seichtgründigen“ Böden auf den Standorten Wallern (Bgl.) und Wels (OÖ) bei den Wurzelmasseerhebungen sehr hohe Werte. Aufgrund der erschwerten Voraussetzungen für Tiefenwachstum wurde hier der Oberboden intensiver durchwurzelt. Dies zeigt, wie Pflanzenwurzeln auf negative Umweltbedingungen reagieren und diese bestmöglich kompensieren. Das unterstreicht das Potenzial von Begrünungen zur Verbesserung der Bodeneigenschaften, besonders bei nicht hochwertigem Ackerland.



Standort Wallern (Bgl., 2019) links Mischung BFA2, rechts BFA1. In ca. 40 cm Tiefe befindet sich eine versalzte, karbonathaltige graugefärbte Schicht, die bei Austrocknung hart wie Beton wird und das Tiefenwachstum der Wurzeln erheblich erschwert.

Spektralanalytische Untersuchungen

Doz. Dr. Gernot Bodner

Die Pflanzenwurzel stellt eine zentrale Kohlenstoffquelle für die Humusreproduktion dar. Daher ist für die Leistung der Zwischenfrucht im Kohlenstoffkreislauf des Bodens eine Information über Unterschiede in der Abbaudynamik der Wurzeln wichtig.

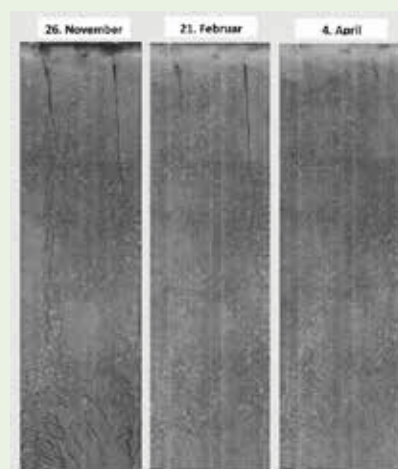
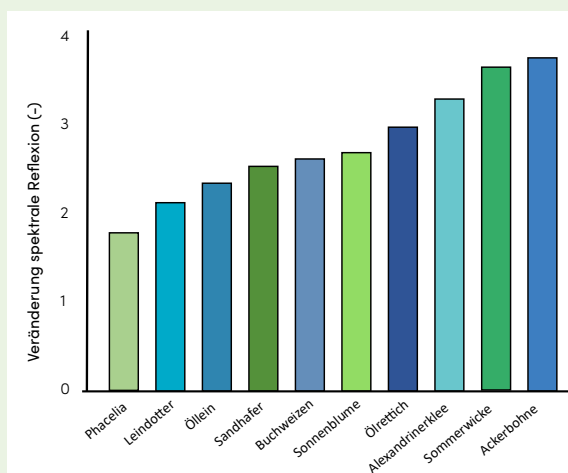
Der Beitrag der Wurzel zur Humusreproduktion hängt einerseits von der Wurzelmenge als auch von der biochemischen Zusammensetzung ab (z.B. C/N-Verhältnis). Im Projekt wurden diese Einflussfaktoren im Glashaus anhand von 10 Zwischenfruchtarten in mit Ackerboden gefüllten Rhizoboxen untersucht.

Die Tabelle rechts gibt einen Überblick über die Wurzelsystemgröße der untersuchten Arten. Die Kreuzblütler (Ölrettich, Leindotter) zeigen die höchsten Wurzellängen. Die Leguminosen-Arten Ackerbohne und Alexandrinerklee bildeten dagegen die Wurzelsysteme mit geringerer Länge aus.

Die Abbaubarkeit der Wurzeln wurde mittels einer bildgebenden Methode (spektrale Reflexion) über eine Zeitdauer von etwa vier Monaten erfasst.

Wurzellänge der in Rhizoboxen untersuchten Zwischenfrüchte.

Art	Wurzellänge [cm]
Ackerbohne	570,5
Alexandrinerklee	743,4
Öllein	1008,0
Sandhafer	1274,8
Buchweizen	1498,1
Sommerwicke	2075,3
Phacelia	2245,4
Sonnenblume	2661,7
Leindotter	2694,9
Ölrettich	6164,8



Links: Relative Veränderung der spektralen Reflexion zwischen erstem und letztem Messtermin als Indikator für die Intensität des Wurzelabbaus (hohe Veränderung zeigt starken Abbau).

Rechts: Beispiel einer spektralen Bildserie für die Zwischenfrucht Ölrettich.



Wurzelfreilegungen v. M. Sobotik und D. Haas. Bild links: Pflanzenwurzel wächst in einem Regenwurmloch. Bild Mitte: Meliorationsrettich wurzelt mitteltief. Bild rechts: Wurzeln mit den feinen Wurzelhaaren.

Die Analyse zeigte, dass die drei untersuchten Leguminosen die stärkste Änderung in der spektralen Reflexion zeigten, was auf einen intensiven Abbau hinweist. Ölrettich und Sonnenblume als starke Feinwurzel-dominierte Arten wiesen ebenfalls einen intensiven Wurzelumsatz auf, im Gegensatz etwa zu Sandhafer und Öllein, die eine starke Dominanz der Primärachsen in der Wurzelarchitektur aufweisen. Phacelia und Leindotter zeigten von allen Arten die geringste Änderung in der spektralen Reflexion als Indikator des Wurzelabbaus.

Zusammenfassend zeichnen sich in der Untersuchung des Wurzelsystems drei wesentliche Gruppen ab. Leguminosen sind durch eine Dominanz von Wurzelachsen höheren Durchmessers (Polwurzel und Wurzelachsen 1. Ordnung), ein eher oberflächennahes Wurzelsystem und eine hohe Umsatzrate im Wurzelabbau charakterisiert. Damit sind diese Arten insbesondere für die physikalische Bodenqualität durch die Bildung von einem Netz an Bioporen im Oberboden sowie als Unterstützer für Wurzelsymbionten und Rhizosphären-Mikroorganismen von Bedeutung.

Zur Gruppe der, mit dichter und feiner Seitenwurzelbildung (höchste Seitenwurzel-dichte) den Boden intensiv sowie bis in größere Tiefen

aufschließenden Komponenten gehörten die Kreuzblütler sowie Sonnenblume und Phacelia. Diese weisen auch eine hohe Stabilität der Wurzelbiomasse im Abbauprozess auf. Buchweizen zeigt Ähnlichkeiten mit dieser Gruppe, jedoch mit höherer Distanz aufgrund eines mehr an der Bodenoberfläche konzentrierten Wurzelsystems. Diese Gruppe enthält die wichtigsten Funktionskomponenten für die Aufnahme von Nitrat aus dem Unterboden. Die dichte Seitenwurzelbildung trägt auch wesentlich zur Aggregatstabilität bei.

Die beiden ebenfalls stark Hauptwurzel-dominierten Nichtleguminosen Sandhafer und Öllein bildeten die dritte Gruppe. Ihr Skelett an sproßbürtigen Wurzeln (Hafer), sowie die sehr kräftigen Seitenwurzeln bei Öllein (Verholzung) sind besonders effektiv für die Ausbildung schnell dränender vertikaler Makroporen (Regenverdaulichkeit) und die Stabilisierung des Bodens im Erosionsschutz. Auch diese Arten zeigen im Abbauersuch eine vergleichsweise hohe Stabilität und daher interessante Eigenschaften für die Humusreproduktion.

Kostenanalyse

Karl Riedl, Maschinenring Hollabrunn-Horn

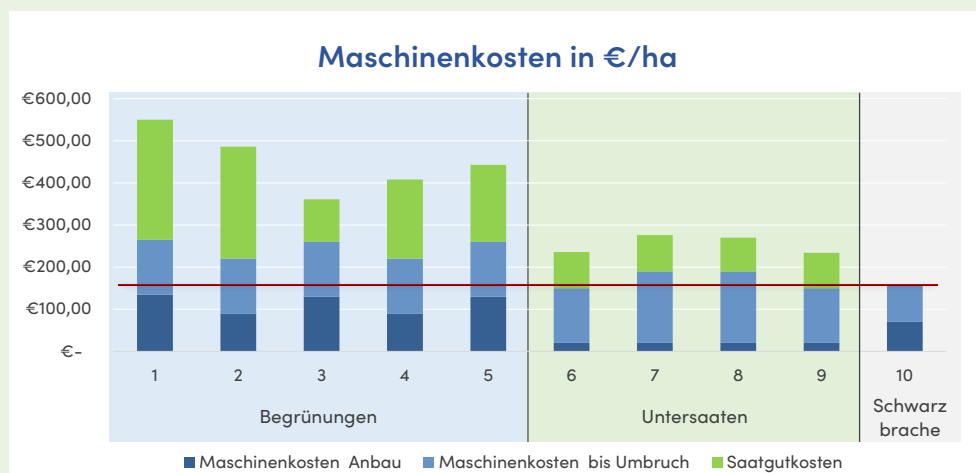
Die Kosten für Arbeit, Maschinen und Saatgut einer Begrünung belaufen sich je nach Verfahren und Variante zwischen € 250,- bis über € 500,-. Die Saatgutkosten wiederum machen je nach Zusammenstellung anteilig von 45% bis zu 100% der Mehrkosten eines Verfahrens gegenüber einer Schwarzbrache aus. Insbesondere im Biolandbau fallen die Saatgutkosten stark ins Gewicht. In den leguminosenbetonten Mischungen betragen die Kosten für die grobkörnigen Leguminosen ca. 2/3 der Saatgutkosten. Gelingt es nicht, die Leguminosen zu etablieren, ist der finanzielle Aufwand dafür nicht mehr darstellbar.

Besonders auf den Standorten im Trockengebiet (Senning, Wallern und teilweise Wels) ist das Risiko eines Ausfalls der Begrünung hoch.

In zwei der drei Jahre waren Keimung, Aufgang und Entwicklung durch Hitze und Wassermangel stark beeinträchtigt. Die Leguminosen hatten hier teilweise nur 10 bis 30 kg/ha, selten mehr als 75 kg N/ha in der oberirdischen Biomasse.

Auf Standorten mit besserer und zuverlässigerer Wasserversorgung erreichen auch die Leguminosen eine entsprechende Biomassemenge. Die Stickstoffleistung liegt je nach Variante und Verfahren zwischen 50 und 150 kg N/ha. Der in der Begrünung gewonnene Stickstoffertrag könnte mit einem handelsüblichen, biologischen N-Dünger zum Preis von € 4/kg verglichen werden.

Untersaaten sind auf niederschlagsreichen Standorten sehr erfolgreich. Mit einem verhältnismäßig geringen Einsatz an Maschinen und Saatgutkosten erbringen Untersaaten einen überdurchschnittlich hohen Biomasseertrag mit einer N-Leistung von 130-150 kg/ha.



Gesamtkosten von Begrünungen und Untersaaten, aufgegliedert in die Maschinenkosten für den Anbau (inkl. Personalkosten), die Maschinenkosten bis zum Umbruch (inkl. Personalkosten) und die Saatgutkosten. Die rote Linie markiert die Standard-Ausgleichszahlung im ÖPUL. Versuch Unterbergen (Ktn.), 4.10.2019.

Begrünungskompass

Der Begrünungskompass im praktischen Fächerkartenformat bietet eine Übersicht über die Eigenschaften der 31 wichtigsten Gründüngungspflanzen: Ansprüche an Boden und Klima, Anbau, Beitrag als Zwischenfrucht und wichtige Merkmale, sowie die Charakteristika der Wurzeln der einzelnen Pflanzenarten und die C/N-Verhältnisse in den oberirdischen Pflanzenteilen und den Wurzeln. Dazu kommen Empfehlungen zu Planung und Anbau von angepassten Begrünungsmischungen.

ISBN 978-3-9502700-3-7

Erhältlich unter:
www.bioforschung.at/



Literatur

Badawi A., Hartl W., Erhart E., Albert R., Wanek W., Watzka M. (2011): Verluste der oberirdischen Biomasse von abfrostenden Begrünungspflanzen durch Ausgasung vor der Einarbeitung in den Boden. pp. 235-237 in: LFL Raumberg-Gumpenstein (Hrsg.): Lysimeter in der Klimafolgenforschung und Wasserwirtschaft. Bericht der 14. Gumpensteiner Lysimetertagung. Verlag LFL Raumberg-Gumpenstein.

Taconet O. und Ciarletti V. (2007): Estimating soil roughness indices on ridge-and-furrow surface using stereo photogrammetry. Soil & tillage research 93 (1), pp. 64-76.

Links

- **Nitrattest:** www.bioforschung.at/wp-content/uploads/2019/02/Einfacher_Boden_Nitrattest_Folder-2016.pdf
- **Knöllchenbonitur:** www.bioforschung.at/wp-content/uploads/2020/03/Soja-Knöllchen-Bonitur-BIO-FORSCHUNG-AUSTRIA.pdf
- **Feldtagsvideo:** <https://www.bioforschung.at/projects/minnc-emissionsminderung-durch-begrueunungen/>





ISBN 978-3-9502700-6-8