



OptAKlim

Optimierung von Anbaustrategien und -verfahren
zur Klimaanpassung

3.8.2021

Infobrief 5

- **Zwischenfrüchte: Potenziale zur Ertragsstabilisierung vor dem Hintergrund des Klimawandels**
 - 1. Wichtige Umweltleistungen von Zwischenfrüchten – Mehr Stabilität auch im Klimawandel
 - 2. OptAKlim- Fruchtfolgen „Grüne Brücke“ in den Fokusregionen Nord, Ost und Südwest mit aktuellen Zwischenfruchtbeispielen
 - 3. Nächste Schritte im Vorhaben

Liebe OptAKlim-Interessierte!

In diesem Newsletter wollen wir das wichtige Thema **Zwischenfrüchte** in den Mittelpunkt stellen. Der Zwischenfruchtanbau stellt ein wichtiges Instrument dar, um die Bodenfruchtbarkeit und damit die Ertragsfähigkeit der Ackerflächen langfristig zu erhalten, zu stabilisieren und zu verbessern. Er kann in besonderem Maße zum Umweltschutz beitragen, indem austragungsgefährdete Nährstoffe in pflanzliche Biomasse gebunden und der Folgefrucht zur Verfügung gestellt werden. Dies trifft vor allem auf Stickstoff zu, gilt aber auch für Schwefel, Magnesium und – auf leichten Standorten – für Kalium.

Welche Zwischenfrucht sich eignet, ist abhängig von der Klima- und Bodenregion, der betriebsindividuellen Fruchtfolge und weiteren Aspekten, wie der betrieblichen Nährstoffversorgung oder der Lage der Flächen in bestimmten Gebietskulissen. Und künftig ist das Thema auch noch unter dem Aspekt des Klimawandels zu bewerten. Was wird überwiegen: die Vorteile besserer Wasser- und Nährstoffspeicherung oder die Nachteile des zusätzlichen Wasserverbrauchs? Und welche Lösungen bieten sich an, z.B. durch die richtige Sorten- oder Mischungswahl?

Wir stellen Ihnen hier für die drei OptAKlim-Fokusregionen das regionale Anpassungsszenario „**Grüne Brücke**“ und die darin vorgesehenen Zwischenfrüchte vor. Neben Anbauhinweisen erfolgt eine Bewertung der Vor- bzw. Nachteile ausgewählter Zwischenfrüchte.

1. Wichtige Umweltleistungen von Zwischenfrüchten - Mehr Stabilität auch im Klimawandel

Die wichtigsten **Vorteile** des Zwischenfruchtanbaus sind:

- **Konservierung der Nährstoffe und Schutz vor Verlagerung ins Grundwasser:** Zwischenfrüchte binden Nährstoffe, die sonst nach der Ernte noch auf der Fläche verbleiben und der winterlichen Auswaschungsgefahr unterliegen würden, effektiv in der Pflanzenmasse und halten sie somit in der oberen Bodenschicht. Neben dem leicht verlagerbaren Stickstoff werden auch beachtliche Mengen an Phosphor, Kalium und Magnesium gebunden und stehen dann den Folgekulturen im nächsten Jahr zur Verfügung. Ein Bindeleistung von 30 – 60 kg N/ha ist keine Seltenheit. Die vermiedene N-Auswaschung ermöglicht die Einsparung von Mineraldünger für die Hauptkultur und trägt somit indirekt zur Reduktion von Lachgasemissionen bei.

- **Gute Bodenbedeckung bietet Erosionsschutz und vermindert Unkrautbildung:** Ein dichter Zwischenfruchtbestand beschattet den Boden und unterdrückt Unkräuter. Der Boden wird vor Überhitzung, Wind- und Wassererosion geschützt. Diese Wirkung hat nicht nur die grüne Auflage, sondern auch der abgestorbene Mulchbestand. Werden Nährstoffverluste vermieden, trägt das zum Klimaschutz bei (weniger Lachgasemissionen).
- **Verbesserung der Bodenstruktur:** Zwischenfrüchte tragen durch Schattengänge, Wurzelgänge und Wurzelausscheidungen zu einer verbesserten Bodenstruktur bei. Bodenverdichtungen werden aufgebrochen und Hohlräume stabilisiert. Die Wasseraufnahmekapazität ist erhöht. Durch Zwischenfruchtmischungen mit unterschiedlichem Wurzelbild kann der Effekt erhöht werden (Ölrettich, Ackerbohne und Lupinen bilden z.B. tiefe Pfahlwurzeln).
- **Bekämpfung von Boden- und Fruchtfolgekrankheiten:** Zwischenfrüchte können bei gezieltem Einsatz die Feldhygiene verbessern. Bekannt ist der Anbau von Zwischenfrüchten wie z.B. multiresistenten Ölrettichsorten gegen Nematoden in Hackfrüchten. Schwindende chemische Bekämpfungsmöglichkeiten und die wärmeren Klimabedingungen stellen künftig weitere Herausforderungen dar. Daher gewinnt der Einsatz geeigneter Zwischenfrüchte unter dem Aspekt der Feldhygiene und Vermeidung von Krankheiten an Bedeutung.
- **Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit und Humusbildung:** Die zusätzlich gebildete organische Masse bindet CO₂ (Faustzahl: 1 kg Biomasse bindet 2 kg CO₂ und erzeugt 1,5 kg O₂), ist Futter für das Bodenleben und unterstützt die Humusbildung. Im Vergleich zu Ernteresten (Stroh) und Wirtschaftsdünger haben Zwischenfrüchte das 2,3-fache Humusbildungspotenzial. Leguminosen haben ein enges C/N Verhältnis und werden schnell zersetzt, während z.B. Gelbsenf, Öllein und Rauhafer aber auch die Wurzelmasse von Ölrettich und Gräsern ein weites C/N Verhältnis haben und abbaustabiler sind. Sie tragen verstärkt zur Dauerhumusbildung bei (Quelle: Saatenunion. Mit Zwischenfrüchten punkten 2020).
- **Zwischenfrüchte als CO₂-Speicher:** Je Hektar werden CO₂-Speicherleistungen von 600 kg CO₂/ha für Sommerzwischenfrüchte und 540 kg CO₂/ha für Winterzwischenfrüchte angegeben (Quelle: Henke, Trieschmann 2020: Zwischenfruchtanbau in Zeiten des Klimawandels, Naturland Magazin Heft 3-2020).
- **Steigerung der Nährstoffverfügbarkeit durch biologische Aktivität:** Zwischenfrüchte tragen auch zur verbesserten Verfügbarkeit von Nährstoffen bei. Zum Beispiel schließt Phacelia organischen und Buchweizen anorganischen Phosphor auf. Öllein mobilisiert Silizium. Manche Pflanzen gehen Symbiosen mit Pilzen ein, um sich effektiv mit Phosphat zu versorgen. Die Mykorrhizapilze setzen Phosphat aus organischen Verbindungen frei und nutzen im Gegenzug die Wurzelexsudate der Wirtspflanzen. Diese Wirkung ist gerade auf Standorten oder in Jahren mit schlechter Nährstoffverfügbarkeit besonders ausgeprägt.
- **Leguminosenanteile binden Luftstickstoff:** Leguminosenzwischenfrüchte (z.B. Ackerbohne, Sommerfuttererbse, Winterwicke, Lupine, Inkarnatklée) können durch die Symbiose mit Knöllchenbakterien den Luftstickstoff binden. Der Bedarf an Mineraldünger und dessen energieintensive Produktion kann dann entsprechend reduziert werden (THG-Minderung).
- **Förderung von Bodennützlingen:** Zwischenfrüchte tragen dazu bei, die vielen Kleinstlebewesen wie Bakterien, Pilze, Würmer, Spinnen und Insekten im Boden mit Nahrung zu versorgen. Regenwürmer nehmen z.B. Pflanzenreste auf und scheiden gut verklebte Bodenkrümel wieder aus. Regenwurmlosung hat eine extreme Wasserbeständigkeit und bindet besonders viele Nährstoffe (z.B. 5 x mehr Stickstoff und 7 x mehr Phosphor als die Umgebungserde).
- **Verbesserte Wasserhaltefähigkeit und Regenverdaulichkeit:** Die Durchwurzelung des Bodens erhöht den Anteil an Grob- und Mittelporen, welche die Regenverdaulichkeit des Bodens erhöhen und die Infiltrationsrate steigern. Weniger Regenwasser fließt oberflächlich ab. In Trockenjahren kann der Boden länger Feuchtigkeit nachliefern.
- **Bereitstellung von Futter oder Biogassubstrat oder Wildäsung:** Eine Nutzung von Zwischenfrüchten bietet sich vor allem als Substrat in Biogasanlagen an. Aber auch als Wildäsung und damit verbunden dem Schutz von Hauptkulturen können Zwischenfruchtaufwüchse genutzt werden. Wenngleich die Vorteile des Zwischenfruchtanbaus überwiegen, muss auch auf die möglichen Nachteile hingewiesen werden:

Nachteile des Zwischenfruchtanbaus können sein:

- **Unrentable** Futternutzung bei zu wenig Aufwuchs.
- **Humusverlust** bei zu geringem Aufwuchs.
- Positive Wirkungen wie Stickstoffakkumulation, Bodenbedeckung, -lockerung und -krümelung gehen verloren bei zu geringer Vegetationsdauer bzw. zu geringem Aufwuchs.
- **Wasserkonkurrenz** mit der Folgekultur bei Trockenheit. Hier lassen sich in der Literatur unterschiedliche Aussagen finden. Grundsätzlich lässt sich aber feststellen, dass gerade Winterzwischenfrüchten sehr wassereffizient sind (Wachstum in kühler Zeit) und bei rechtzeitigem Unterpflügen kein erhöhter Wasserverbrauch im Vergleich zu Brache festzustellen ist (Quelle: Kolbe et. al. 2004).
- Hohe **Verunkrautung** bei lückigen oder geschwächten Beständen.
- **Vermehrung von** Schädlingen und Krankheiten bei falscher Handhabung des Anbaus von Zwischenfrüchten.
- Bei **winterharten** Zwischenfrüchten oder Untersaaten (Gräseruntersaaten) ohne Nachnutzung potenzielle Steigung des **Herbizidbedarfs** zur Abtötung des Aufwuchses, wenn Mulchen nicht in Frage kommt.

Um diese Probleme zu vermeiden ist es wichtig, **die richtigen Zwischenfrüchte zu wählen**. Worauf es in unseren drei Fokusregionen besonders ankommt wird in den folgenden Beispielen erläutert.

Quellen: (zusammengestellt aus verschiedenen Quellen, siehe oben, u.a. auch Auszüge aus Vortrag zum Thema Zwischenfrüchte und ihr Potenzial zur Ertragsstabilisierung im Klimawandel von Prof. Ralf Bloch, FG Agrarökologie und nachhaltige Anbausysteme, HNE Eberswalde für OptAKlim Nov. 2020).

2. OptAKlim-Fruchtfolgen „Grüne Brücke“ in den Fokusregionen Nord, Ost und Südwest mit aktuellen Zwischenfruchtbeispielen

Das Klimawandel-Anpassungsszenario „Grüne Brücke“ soll durch eine ganzjährig durchgängige Begrünung vor allem einen besseren Erosionsschutz, eine verbesserte Bodenfruchtbarkeit durch Humusaufbau sowie mehr Biodiversität bieten. Um diese Ziele zu erreichen, wurden in die regionalen Fruchtfolgen zusätzliche bzw. neue Zwischenfrüchte integriert. Zusätzlich soll der Getreideanbau im Mulchsaatenverfahren sowie der Maisanbau im Strip-Till Verfahren erfolgen. Es werden einige der Fruchtfolgen vorgestellt, die gegenwärtig noch im Rahmen der Modellierungen im Projekt bewertet werden. Und es werden jeweils exemplarisch Beispiele für geeignete Zwischenfrüchte mit ihren wichtigsten Eigenschaften vorgestellt.

2.1. Beispiele für die Region Nord (Kreise Schleswig-Flensburg und Rendsburg-Eckernförde in Schleswig-Holstein):

Die folgende Abbildung stellt die in der Region Nord angebauten Hauptfrüchte mit einer passenden Zwischenfrucht dar.

Beispiel	Vorfrucht →	Zwischenfrucht →	Folgefrucht
1	W-Weizen	Bodenfruchtbarkeitsmischung	Silomais
2	Silomais		Silomais
3	W-Raps		W-Weizen

In der Region Nord bieten sich **Zwischenfruchtmischungen ohne Leguminosen** an, da insbesondere auf dem Geestrücken ein hohes Wirtschaftsdüngeraufkommen und eine hohe Auswaschungsgefähr-

dung für Nitrat zusammentreffen. Die Wahl der Zwischenfrucht sollte daher unter dem Fokus Stickstoffbindung und Bodenverbesserung/Humusmehrung erfolgen. Hier eignet sich z.B. eine Bodenfruchtbarkeitsmischung.

Beispiel für geeignete Bodenfruchtbarkeitsmischung in Maisfruchtfolgen:

Name: Viterra (Saaten Union)

Attribute: Greeningfähig, Gründüngung, Humusaufbau, Wasserschutz, Stickstoffkonservierung, Erosionsschutz, Mulchsaat

Bestandteile: 16 % Öllein, 35 % Ölrettich, 31 % Phacelia, 18 % Rauhafer, 1 % Sonnenblume

Kulturen: Geeignet in Maisfruchtfolgen

Aussaart: 20 kg/ha, Mitte Juli – Mitte August

Wichtige Eigenschaften:

- Schnelle Bodenbedeckung durch frohwüchsige Bestandteile
- Kombination aus Tief- und Flachwurzlern für intensive Durchwurzelung und Stabilisierung der Bodenstruktur
- Geschaffene Wurzelgänge ermöglichen rasche Tiefenwurzelbildung von Mais
- Bodenlockerung und Belüftung für optimale Maisbestände
- Rauhafer fördert Mykorrhizapilze für die Stabilisierung der Bodenkrümel
- Bindet Nährstoffe in org. Substanz, hervorragend für Wasserschutz und als Erosionsschutz
- Imageaufwertung durch Sonnenblumen- und Phacelia-Blüten
- Nicht winterhart

Quelle: www.saaten-union.de



2.2. Beispiele für die Region Ost (Kreise Teltow-Fläming und Potsdam-Mittelmark in Brandenburg):

Die folgende Abbildung stellt die in der Region Ost angebauten Hauptfrüchte mit einer passenden Zwischenfrucht dar.

Beispiel	Vorfrucht →	Zwischenfrucht →	Folgefucht
1	W-Getreide (Weizen, Roggen, Triticale)	Phacelia	W-Getreide (Weizen, Roggen, Triticale)
2	W-Getreide (Weizen, Roggen, Triticale)	Aqua Pro	Silomais
3	Silomais		Silomais
4	W-Weizen		Zuckerrübe

In der Region Ost sind grundsätzlich **Zwischenfruchtarten für trockene und leichte Standorte geeignet**. Aufgrund des hohen Wirtschaftsdüngeraufkommens sind zudem leguminosenfreie Zwischenfrüchte interessant. Grundsätzlich gilt **für trockene Standorte**:

- Je kleiner das Korn, desto weniger Keimwasserbedarf
- Typische Trockenkeimer sind Buchweizen, Ramtillkraut, Öllein, Sonnenblume, Senf, Phacelia, Sommerkleearten, Abessinischer Kohl, Lupinen, Felderbse.
- Tipp für trockene Boden: nach der Ernte möglichst wenig Bodenbearbeitung und schnell die Zwischenfrucht aussäen.
- Verbleibt das Stroh bei der Ernte auf dem Feld, sind kurze Häcksellänge und gute Verteilung wichtig für einen gleichmäßigen Feldaufgang der Zwischenfrucht. (Quelle: Prof. R. Bloch, HNE Eberswalde).

In den OptAKlim-Szenarien haben wir für die Getreidefruchtfolgen Phacelia und vor Silomais und Zuckerrüben die Aquapro-Mischung ausgewählt.

Beispiel: trockenheitstolerante, anspruchslose Zwischenfrucht zur Gründung

Name: Phacelia

Attribute: Humusaufbau, Erosionsschutz, Wasserschutz/Stickstoffkonservierung, Blühfläche, Gründüngung, Greeningfähig als Mischungskomponente

Bestandteile: Phacelia (auch als Mischungspartner z.B. in Viterra Mischungen der Saatenunion oder Terra Life Mischungen der DSV)

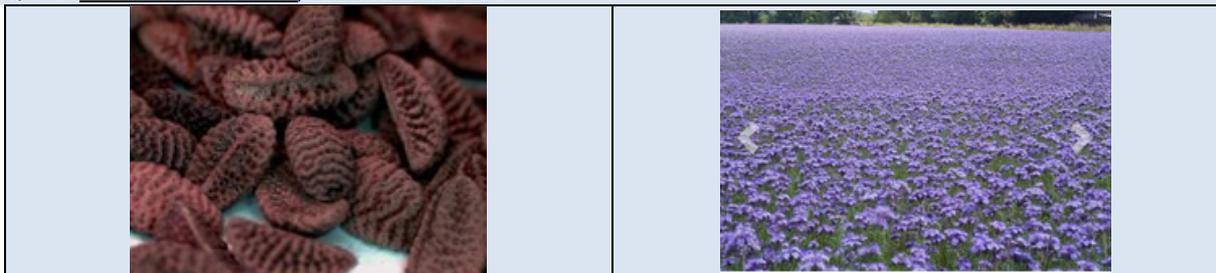
Kulturen: Geeignet in Zuckerrüben-, Raps-, Getreidefolgen

Aussaat: 10-12 kg/ha, April bis September

Wichtige Eigenschaften:

- Ertragreiche Bienentrachtpflanze, kann gezielt zur Schließung der Trachtenlücke eingesetzt werden
- Gute Eignung als Mischungskomponente
- Bildet 60-450 cm tiefe Pfahlwurzel, schnelle Jugendentwicklung, Wuchshöhe bis 70 cm
- Gute Unkrautunterdrückung, wird von Schädlingen gemieden
- Friert ab -8°C ab
- Hinterlässt dicht durchwurzelte gare Krume im Frühjahr
- Zusätzliche organische Substanz stabilisiert den Humusgehalt
- Schließt organisch gebundenen Phosphor auf
- Ist anspruchslos und bietet hohe Trockenheitstoleranz
- Nicht-kruzifere Neutralpflanze für Rübenzystemmethoden und Kohlhernie
- Für Zuckerrüben und Rapsfruchtfolgen gut geeignet

Quelle: www.saaten-union.de, www.dsv-saaten.de



Beispiel: Zwischenfruchtmischung mit hoher Stickstoffbindung für trockene Bedingungen

Name: TerraLife Aqua pro Mischung (Mischung der DSV)

Attribute: Greeningfähig, Sehr gute Stickstoffspeicherung, trockenheitstolerant, breites Aussaatfenster, Ideal für Rapsfruchtfolgen

Bestandteile: Färberdistel, Phacelia, Ramtillkraut, Rauhafer, Sonnenblumen, Sorghum, Öllein (ohne Leguminosen oder Kreuzblütler)

Kulturen: Geeignet als Zwischenfrucht vor Körnerleguminosen und in Raps-, Getreide-, Maisfruchtfolgen.

Aussaat: 25-30 kg/ha Ende Juli - 25. August (spätestens). Geeignet für frühe Saaten da geringes Risiko zum Aussamen.

Wichtige Eigenschaften:

- Sichere Nährstoffkonservierung, z.B. für Wasserschutzgebiete und N-Kulissen
- Geeignet zur N-Bindung in Rapsfruchtfolgen
- Toleriert trockene Bedingungen
- Sehr gute Stickstoffspeicherung
- Gute Unkrautunterdrückung
- Guter Erosionsschutz und Verbesserung der Bodenbiologie
- Breites Aussaatfenster
- Geeignet als Sommer- und Winterzwischenfrucht

Quelle: www.dsv-saaten.de



2.3. Beispiele für die Region Süd-West (Kreise Karlsruhe und Heilbronn):

Die folgende Abbildung stellt die in der Region Südwest angebauten Hauptfrüchte jeweils mit einer passenden Zwischenfrucht dar.

Beispiel	Vorfrucht →	Zwischenfrucht →	Folgefrucht
1	W-Weizen W-Raps	Zwischenfrucht- mischung	W-Weizen/ W-Gerste
2	Sommergetreide (Hafer, Gerste, Weizen)		W-Weizen
3	Sommerungen (Zuckerrübe, Silomais, Kartoffel)		W-Weizen
4	W-Weizen		Zuckerrübe
5	Sommerhafer	Senf	Körnermais
6	Sommerweizen	Terralife Betamax	Sommergerste
7	W-Gerste	Terralife Betamax	Sommerweizen
8	W-Gerste	Ölrettich	Kartoffeln

Exemplarisch werden eine Blütmischung sowie eine Zwischenfruchtmischung für den Zuckerrübenanbau vorgestellt.

Beispiel: Blütmischung und Bienenweiden

Name: Blütmischung M1 für **FAKT-Maßnahmen E 2.1 u. E.2.2** (Agrarumweltprogramm Baden-Württemberg)

Attribute: Blütmischung als Bienen- und Insektenweide

Bestandteile: Esparsette, Inkarnatklee, Persischer Klee, Saatwicke, Ölrettich, Weißer Senf, Kornblume, Boretsch, Dill, Fenchel, Klatschmohn, Koriander, Ringelblume, Buchweizen, Öllein, Phacelia, Ramtilkraut, Sonnenblume

Kulturen: Geeignet in Getreidefolgen

Aussaat: 7,5 kg/ha, je nach Unkrautdruck auch mehr. Aussaat Ende April bis 15. Mai (Aussaattermin Mais)

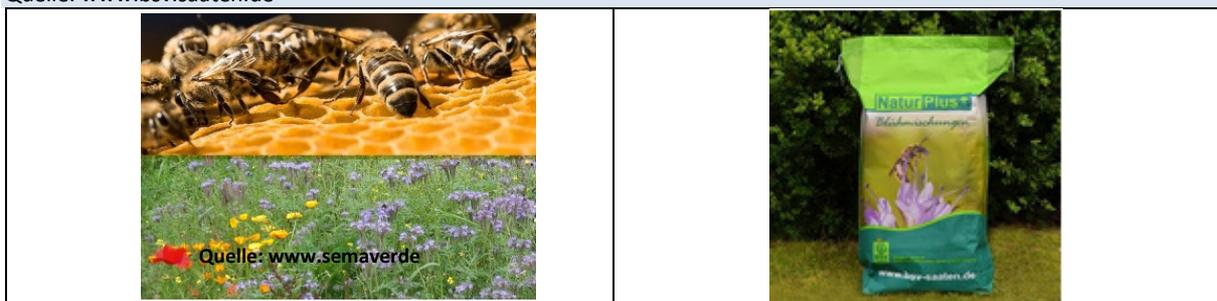
Vorgaben FAKT Förderprogramm:

- Aussaat im Herbst des Vorjahres bis 15. September (überjährig) oder im Frühjahr bis 15. Mai (einjährig)
- Im Rahmen von FAKT darf der Aufwuchs nicht genutzt werden. Mulchen erst ab Ende November
- Kein Herbizideinsatz, keine Stickstoffdüngung, kein Pflanzenschutz
- Mulchen nicht vor Ende November bzw. ab Ende September bei Anbau einer Winterung

Wichtige Eigenschaften:

- Hochwertiges Nahrungsangebot für Insekten, Honig- und Wildbienen
- Lebens-, Brut- und Rückzugsraum für eine Vielzahl von Pflanzen- und Tierarten
- Deckung und Nahrung für Wildtiere
- Es gibt verschiedene Mischungen, angepasst an die jeweiligen Anforderungen, z.B. ohne Kreuzblütler usw.

Quelle: www.bsv.saaten.de



Beispiel: Zwischenfruchtmischung für den Zuckerrübenanbau:

Name: Terralife BetaMaxx 50 (DSV Saaten)

Attribute: Greeningfähig, Gründüngung, Sommerzwischenfrucht, Humusaufbau, Wasserschutz, Stickstoffkonservierung, Erosionsschutz, Mulchsaat

Bestandteile: Phacelia, Ramtillkraut, Rauhafer, Felderbse, Sommerwicke, Serradella, Alexandrinerklee, Bitterlupine (42% Leguminosen, 0% Kreuzblütler).

Kulturen: Geeignet in Zuckerrüben- und Rapsfruchtfolgen, Mais und Gemüseanbau

Aussaat: 40-45 kg/ha, Ende Juli – 25. August

Wichtige Eigenschaften:

- Sicher abfrierend
- Schafft ideale Saatbedingungen für die Zuckerrübe, erlaubt pfluglose Bestellung
- Geeignet auch für Rapsfruchtfolgen
- Tiefwurzelnde Arten lockern den Boden und bilden Wurzelkanäle
- Dadurch bessere Wasserversorgung in Trockenzeiten
- N-Bindung 40-80 kg/ha
- Keine Kreuzblütler, daher auch im Gemüseanbau einsetzbar

Quelle: www.dsv-saaten.de



Wir hoffen, Sie mit diesen Informationen dazu inspirieren zu können, verstärkt über Möglichkeiten des Zwischenfruchtanbaus auf Ihrem Betrieb nachzudenken. Vielleicht ergeben sich noch neue Einsatzmöglichkeiten für Sie. Und hoffentlich machen Sie gute Erfahrungen, sei es im Hinblick auf eine verbesserte Bodenstruktur, eine bessere Wasserspeicherung des Bodens, weniger Erosionsschäden, bessere N-Bindung oder mehr Nützlinge auf den Flächen.

3. Nächste Schritte im Vorhaben

Aufgrund Corona bedingt zeitlicher Verzögerungen im Projekt haben wir eine Verlängerung bis Juni 2022 beantragt. Erfreulicherweise können wir in der noch verbleibenden Projektlaufzeit weitere Newsletter verfassen. Diese werden wir wie bisher nutzen, um Ihnen einerseits neue Ergebnisse aus dem OptAKlim Vorhaben zu berichten und bestimmte, auch im Kontext Klimawandel interessante, Aspekte, wie in diesem Schreiben den Zwischenfruchtanbau, thematisch zu vertiefen.

Weitere Online-Workshops sind über Winter und eine große Abschlussveranstaltung im Sommer 2022 vorgesehen.

Für Rückfragen, Anregungen und Hinweise stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung!

Mit freundlichen Grüßen

Ihr OptAKlim-Team

Kontakt: IGLU, Christine von Buttlar, Tel: 0551-54885-21 oder 0172-82 10 365;
E-Mail: christine.vonbuttlar@iglu-goettingen.de

Weitere Ansprechpartner:

JKI: Sandra Kregel-Horney, 033203-48-265; Sandra.Kregel-Horney@julius-kuehn.de

ZALF: Claudia Bethwell, 033432-82387; Claudia.bethwell@zalf.de

Uni Gießen: Philipp Rabenau, 0641-99-37243; Philipp.Rabenau@agrار.uni-giessen.de

PIK: Tobias Conradt, 0331-288-2666; conradt@pik-potsdam.de