

Mit Zwischenfrüchten Treibhausgase mindern

Landwirtschaftlicher Pflanzenbau ist in der Lage, die Belastung der Atmosphäre durch Treibhausgase, z. B. Kohlendioxid (CO₂) und Lachgas (N₂O), zu vermindern. Der folgende Artikel zeigt auf, welche Rolle hierbei Winterzwischenfrüchte spielen können.

*Dr. Katharina Hey, Dr. Christian Antonius Menke und Prof. Dr. Rolf Rauber,
Georg-August-Universität Göttingen*

Im Leinetal bei Göttingen (Auenlehm) wurden mehrjährig 33 Winterzwischenfruchtvarianten angebaut. Die Zwischenfrüchte standen in einem Zweikulturnutzungssystem vor Mais. Im Folgenden werden die jeweiligen Mittelwerte aus den Probenahmen im Mai der Versuchsjahre zugrunde gelegt. Ausgangspunkt war der Gedanke, dass die Nitratmengen im Boden (NO₃) vor Winter durch die Zwischenfrüchte abgesenkt, vor Auswaschung bewahrt und dadurch die indirekten Emissionen klimarelevanter Gase (Lachgas) verringert werden. Als Vergleich diente eine Schwarzbrache. Neben der zwischenfruchtbedingten NO₃-Absenkung wurden weitere Kenngrößen untersucht, die ebenfalls einen Einfluss auf die Emission klimarelevanter Gase bzw. deren Einsparung ausüben. Die Wirkungen aller Kenngrößen wurden einheitlich in CO₂-Äquivalenten (kg CO₂-Äq/ha) ausgedrückt.

NO₃-Absenkung

Der IPCC-Faktor für Lachgasemissionen beträgt 0,0075 kg N₂O-N je kg ausgetragenen Nitratstickstoff. Die Berechnung der Zielgröße CO₂-Äq für Lachgas erfolgte über den Faktor 298. Da das Stroh der Getreidevorfrucht im Feld verblieben war, wurde zur Stoppelbearbeitung nach dem Getreide 30 kg N/ha gedüngt (Kalkammonsalpeter, KAS). Diese Düngung wurde mit 3,7 kg CO₂-Äq je kg Düngemittel-N angerechnet. Dabei wurde die Treibhausgasrelevanz bei der KAS-Produktion in Europa berücksichtigt.

Für die Kreuzblütler und Grasarten, aber auch für die kleinkörnigen Leguminosen wurde eine NO₃-Absenkung vor Winter zwischen 40 und knapp

60 kg NO₃-N/ha gemessen. Dies entsprach einer Treibhausgaseinsparung von ca. 10 kg CO₂-Äq/ha. Würde die Ausgleichsdüngung von 30 kg N/ha nicht mit einbezogen, dann läge die Treibhausgaseinsparung bei ca. 120 kg CO₂-Äq/ha. Es wird offenkundig, dass bereits diese mäßige Ausgleichsdüngung den klimarelevanten Nutzen, der durch die NO₃-Absenkung der Zwischenfrüchte entsteht, weitgehend zunichtemacht.

Vorfruchtwirkung

Die Zwischenfrüchte haben eine Vorfruchtwirkung, die auf die Erntereste und Wurzeln zurückgeht. Bei den Leguminosen kommen die N-Rhizodeposition und die sich zersetzenden Wurzelknöllchen dazu. Wir haben die Differenz gebildet zwischen der N-Aufnahme des Maises nach Zwischenfrucht und nach Schwarzbrache. Diese Differenz wird von der N-Düngung des Maises abgezogen. Die abgezogenen kg N/ha werden erneut mit dem Faktor 3,7 gewichtet und so die Verminderung des Treibhausgaseffektes, der durch die N-Düngung zu Mais entsteht, in kg CO₂-Äq/ha ausgedrückt.

Die Leguminosen, groß- und kleinkörnige, zeigten die beste Vorfruchtwirkung und damit auch die größte Treibhausgaseinsparung durch die Reduktion der N-Düngung zu Mais. So wies die Zottelwicke eine Treibhausgaseinsparung von über 200 kg CO₂-Äq/ha auf, während die Grasarten zu einer negativen Einsparung, d. h. zu einer Belastung der Atmosphäre führten. Grund hierfür war die N-Immobilisierung durch die Grasarten, aber auch durch den Spitzwegerich.



Energiegewinn durch Vergärung

Wir berechneten und bewerteten die Differenz aus dem Methanflächenertrag (Nm³ CH₄/ha) im Zweikulturnutzungssystem (Zwischenfrüchte plus Mais) und dem Methanflächenertrag des Maises nach Schwarzbrache (Abb. 1). Methan hat einen Energiegehalt von 9,97 kWh/m³. Wir nahmen einen Wirkungsgrad des Blockheizkraftwerks von 38 % an, d. h. 1 m³ Methan entspricht 3,7886 kWh elektrisch (kWh_{el}). 3,7886 kWh_{el}/m³ Methan multipliziert mit der Differenz der Methanflächenerträge ist die Menge Energie (in kWh_{el}), die aus fossilen Energieträgern, z. B. Braunkohle, durch Zwischenfruchtanbau nicht benötigt wird. Pro erzeugter kWh Strom aus Braunkohle fallen 1,135 kg CO₂-Äq an. Nun müssen wir die kWh_{el} aus der Verstromung von Methan mit 1,135 multiplizieren, die aus der Verstromung von Braunkohle resultierten, um zur Treibhausgaseinsparung durch den vergärungsbedingten Energiegewinn im Zweikulturnutzungssystem mit Zwischenfrüchten zu gelangen.

Die Methanflächenerträge der Zwischenfrüchte und des Maises sind maßgeblich abhängig vom Trockenmasseertrag. So ist es nicht verwunderlich, dass auch hier die Leguminosen vorn liegen. Das heißt, die Methanerträge des Zweikulturnutzungssystems mit diesen Zwischenfrüchten waren größer als die Methanerträge von Mais allein. Die Grasarten und der Spitzwegerich stehen am Schluss. Die Treibhausgaseinsparungen durch den vergärungsbedingten Energiegewinn lagen bei den kleinkörnigen Leguminosen im Mittel bei ca. 7.000 kg CO₂-Äq/ha, die



Inkarnatkle war der Sieger im Wettbewerb der Winterzwischenfrüchte um die größte Einsparung von Treibhausgasen.

Foto: Feldsaaten Freudenberger

der Grasarten und des Spitzwegerichs dagegen im negativen Bereich. Wie ersichtlich, liegen die Treibhausgaseinsparungen durch die Vergärung bei den besten Varianten weit über den Treibhausgaseinsparungen durch Verminderung des Nitrataustrags durch die Zwischenfrüchte.

N-Substitution durch Gärrest

Durch die Vergärung der oberirdischen Zwischenfruchtbiomasse entsteht N-haltiger Gärrest, der N-Düngemittel, z. B. KAS, substituieren kann. Wir haben angenom-

men, dass 50 % des Stickstoffs in der oberirdischen Biomasse über den Gärrest später düngewirksam werden. Diese Substitution kann wiederum mit 3,7 kg CO₂-Äq je kg Düngemittel-N bewertet werden.

Die Leguminosen brachten die größten CO₂-Äq-Einsparungen durch diese N-Substitution hervor. So erreichte der Gärrest des Inkarnatklees ein N-Mineraldüngeräquivalent von 120 kg N/ha, was einer Treibhausgaseinsparung von über 400 kg CO₂-Äq/ha entspricht. Die Kreuzblütler und Grasarten lagen niedriger, Raps und Triticale z. B. unter 150 kg CO₂-Äq/ha.

Humusproduktion durch Wurzeln

Ein Teil des Kohlenstoffs (C), der zuvor über die Photosynthese der Zwischenfrüchte aus der Atmosphäre entnommen wurde, wird über die Wurzeln der Zwischenfrüchte in den Humuskörper des Ackerbodens eingebaut (Abb. 2). Die Humuswirkung der Wurzeln haben wir in zwei Schritten berechnet: Im ersten Schritt wird davon ausgegangen, dass 20 % des Wurzel-C humuswirksam werden. Im zweiten Schritt wird das C-N-Verhältnis der Wurzel-TM eingerechnet: Ein C-N-Verhältnis von 35 wird als optimal angesehen, und die Humuswirksamkeit der Wurzeln bleibt hier bei 20 %. Das war z. B. beim Wickroggen der Fall. Bei einem C-N-Verhältnis der Wurzel-TM von über 35 und von unter 35 werden die 20 % mit einem Faktor < 1 multipliziert. Je weiter das C-N-Verhältnis von 35 entfernt ist (nach beiden Richtungen), umso kleiner wird der Faktor, d. h., umso geringer ist die Humusproduktion. Die Treibhausgasentlastung (kg CO₂-Äq/ha) ergibt sich dann durch Multiplikation der humuswirksamen Menge des Wurzel-C mit 3,67.

Die Menge an Humus-C aus den Wurzeln war beim Landsberger Gemeinde und den Grasarten mit über 200 kg C/ha hoch. Viele Varianten erreichten Werte zwischen 75 und 150 kg C/ha. Die Treibhausgasentlastung durch die Humuswirksamkeit der Wurzeln war für das Landsberger Gemeinde und die Grasarten mit ca. 900 kg CO₂-Äq/ha am größten. Die Leguminosen,

»WER NICHTS VERÄNDERN WILL, WIRD AUCH DAS VERLIEREN, WAS ER BEWAHREN MÖCHTE«

Gustav Heinemann

ERNTEAUSFÄLLE	FRASS
MILLIONENSCHÄDEN	SCHÄDEN (ENGERLINGE, MÄUSE)
SCHWARZBEINIGKEIT	RÜBEN RÜSELKÄFER
GELBMOSAIK	BODENVERSCHLÄMMUNG
VIRUS	WETTEREXTREME
KLIMAWANDEL	NITRATE IM GRUNDWASSER
SCHÄDLINGE	PILZERKRANKUNGEN
UNWETTER	RÜBENMOTTE
DÜRRE	

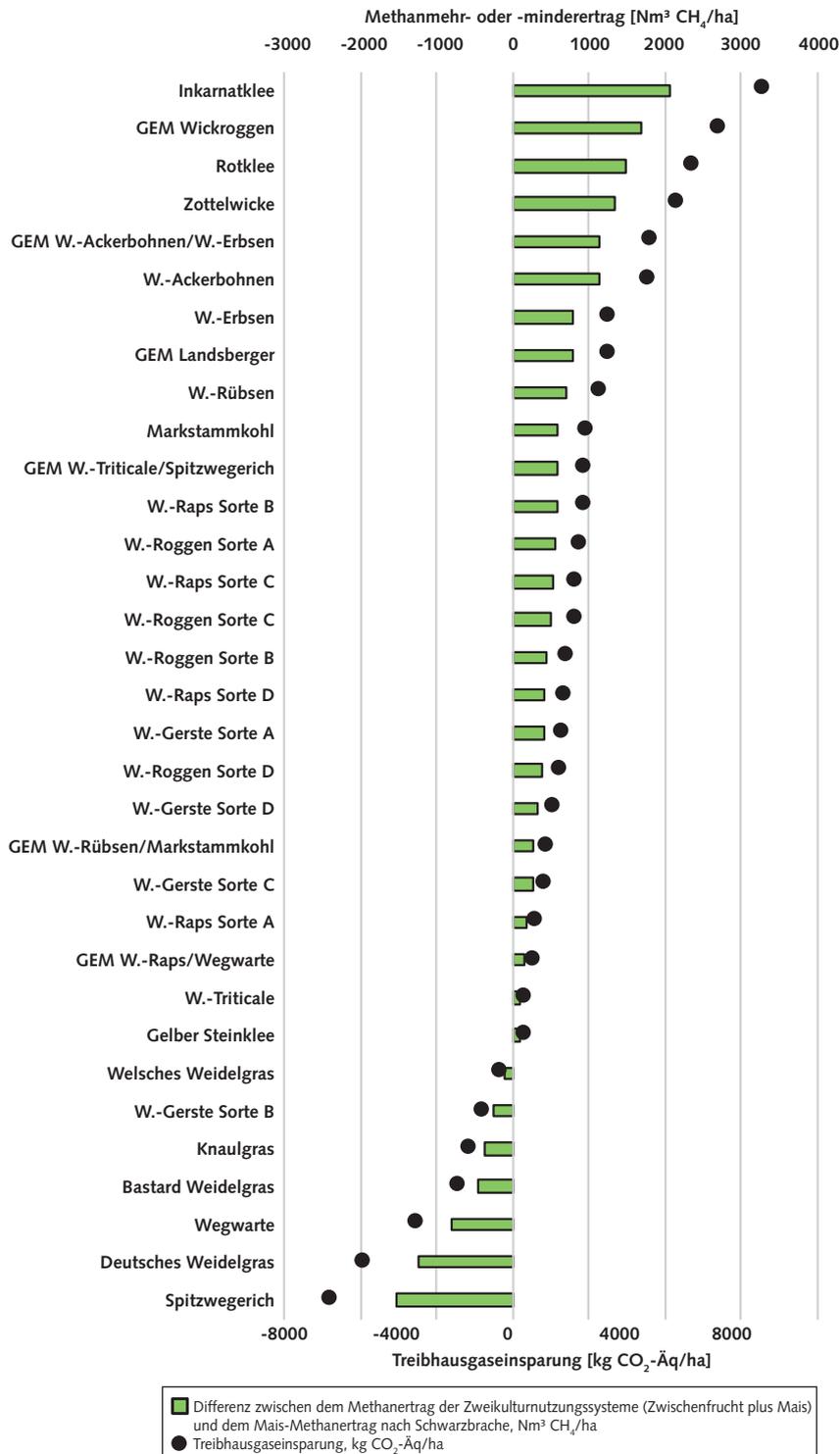
www.duenger-akra.de | Tel. 0711 / 945 931 95



AKRA
Karner Düngerproduktion

Abb. 1: Methanmehr- oder -mindererträge im Zweikulturnutzungssystem und Treibhausgaseinsparung (GEM = Gemenge)

Die Methanerträge des Zweikulturnutzungssystems waren oft größer als die Methanerträge des Mais allein. Teilweise war das Zweikulturnutzungssystem aber auch im Nachteil



die Kreuzblütler und die Getreidearten lagen mit 300–600 kg CO₂-Äq/ha darunter. Die Wintererbse bildete das Schlusslicht mit einer Treibhausgasentlastung durch die Humuswirksamkeit der Wurzeln von ca. 150 kg CO₂-Äq/ha.

Humusreproduktion durch Gärrest

Es gibt zusätzlich eine Humuswirkung und Treibhausgasentlastung durch die Rückführung der Zwischenfrucht-Gärreste. Die erwartete Gärrestmenge berech-

neten wir aus der oberirdischen Biomasse der Zwischenfrüchte, ihrem TS-Gehalt, der oTS und der CH₄-Ausbeute. Für die Humusreproduktion je t Gärrest-TM setzten wir den Wert 142 kg Humus-C an. Die Treibhausgasentlastung ergibt sich dann wieder durch Multiplikation der errechneten Menge an Humus-C mit 3,67.

Mit über 500 kg/ha wurde am meisten Humus-C durch den Gärrest des Inkarnatklees sowie des Landsberger Gemenges bereitgestellt (Abb. 2). Ein Großteil der Zwischenfruchtvarianten lag bei ca. 300 kg/ha Humus-C aus Gärrest. Die Treibhausgasentlastung durch die Humuswirksamkeit der Gärreste erreichte bei Inkarnatklee über 2.000 kg CO₂-Äq/ha. Die Mehrzahl der Zwischenfruchtvarianten kam auf 800 bis knapp über 1.000 kg CO₂-Äq/ha. Die Treibhausgasentlastung durch die Humuswirksamkeit der Wurzeln und der Gärreste zusammen belief sich beim Inkarnatklee und beim Landsberger Gemenge auf über 2500 kg CO₂-Äq/ha. Meist lag dieser Wert aber deutlich niedriger und in vielen Fällen zwischen 1.000 und 1.800 kg CO₂-Äq/ha.

Entlastung der Atmosphäre

Die erreichte Treibhausgaseinsparung und Treibhausgasentlastung der Atmosphäre wurde maßgeblich nicht – wie eingangs angenommen – durch die Nitratabsenkung der Zwischenfrüchte im Boden bestimmt. Den größten Einfluss übte vielmehr die Energiegewinnung durch Methan und danach die Humuswirkung der Gärreste aus. Das Deutsche Weidelgras kann im Hinblick auf die Humusreproduktion aus der Wurzelbiomasse gute Werte vorweisen. Vor allem wegen der N-Immobilisierung des Deutschen Weidelgrases und dem deshalb nachfolgend geringen Maisertrag konnte diese Zwischenfrucht dennoch keinen oberen Listenplatz erzielen. In der Tabelle sind die insgesamt erreichten Treibhausgaseinsparungen aller 33 untersuchten Zwischenfruchtvarianten aufsummiert und rangiert: Es zeigt sich, dass nach unseren Berechnungen einige Varianten negative Werte aufweisen, also insgesamt nicht zu einer Treibhausgasentlastung der Atmosphäre beitragen. Auf der anderen Seite haben wir für den Inkarnatklee und den Wickroggen die günstigsten Werte gefunden (Tabelle). Gerade für diese Zwischenfrüchte sind die zunehmend milderen Winter sehr vorteilhaft.

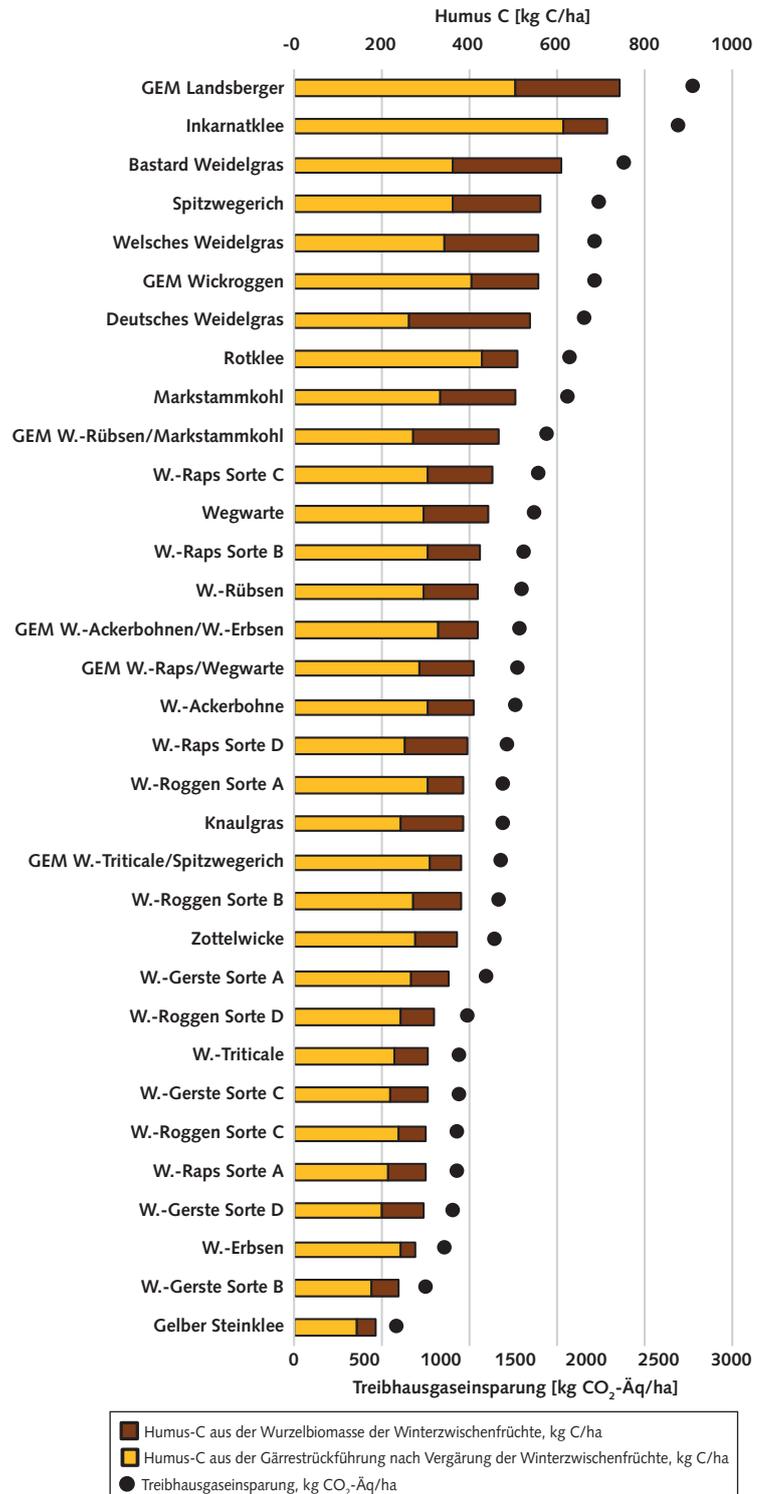
Tabelle: Treibhausgaseinsparung verschiedener Zwischenfrüchte (GEM = Gemenge)

Winterzwischenfruchtvarianten	Treibhausgaseinsparung (kg CO ₂ -Äq/ha)
Inkarnatklee	12100
GEM Wickroggen	9633
Rotklee	8761
Zottelwicke	7701
GEM W.-Ackerbohnen/W.-Erbsen	6851
W.-Ackerbohnen	6689
GEM Landsberger	6283
W.-Rübsen	4791
W.-Erbsen	4661
Markstammkohl	4602
W.-Raps Sorte B	4293
W.-Raps Sorte C	4070
GEM W.-Triticale/Spitzwegerich	3989
W.-Roggen Sorte A	3821
W.-Raps Sorte D	3461
W.-Roggen Sorte C	3330
W.-Roggen Sorte B	3288
W.-Gerste Sorte A	3087
GEM W.-Rübsen/Markstammkohl	3057
W.-Roggen Sorte D	2860
W.-Gerste Sorte D	2525
GEM W.-Raps/Wegwarte	2392
W.-Gerste Sorte C	2275
W.-Raps Sorte A	2021
Welsches Weidelgras	1603
W.-Triticale	1509
Gelber Steinklee	1150
Bastard Weidelgras	328
Knautgras	-112
W.-Gerste Sorte B	-264
Wegwarte	-1770
Deutsches Weidelgras	-3428
Spitzwegerich	-4462

Ausblick

Außer der erwähnten N-Ausgleichsdüngung wurde in unseren hier wiedergegebenen Untersuchungen nicht gedüngt. Dies geschah vor allem mit dem Ziel, die Effekte der Zwischenfrüchte möglichst klar herauszuarbeiten. Grundsätzlich wären derartige Kalkulationen auch bei einer N-Düngung zu Mais möglich. In einem solchen Fall müsste aber die Belastung der Atmosphäre durch die Produktion der N-Düngemittel gegengerechnet werden. Anstelle von mineralischen N-Düngemitteln wäre hier der Einsatz von Gärresten hilfreich. Zusätzlich sollten auch die Treibhausgase Eingang finden, die nach der Aus-

Abb. 2: Humuswirkung der Winterzwischenfrüchte aus der Wurzelbiomasse und aus der Gärrestrückführung (GEM = Gemenge)



bringung der N-Düngemittel im Feld entstehen. Dieser letzte Punkt wurde in unseren Berechnungen noch nicht aufgegriffen. Reizvoll wären zudem derartige Berechnungen bei Verfütterung der Zwischenfrüchte z. B. an Rinder und die Vergärung der so entstehenden Gülle. <<

Dr. Katharina Hey
Dr. Christian Antonius Menke
Prof. Dr. Rolf Rauber
 Georg-August-Universität Göttingen
 rrauber@uni-goettingen.de