Maisuntersaat-easy – Untersaaten ertragsneutral, einfach und kostengünstig in Maisanbau integrieren

D. Menskes, H. Spitz, H. Laser
Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft, Lübecker Ring 2, 59494 Soest
d.menskes@freudenberger.net

Einleitung und Problemstellung

Untersaaten können einen wertvollen Beitrag leisten, negative Umweltwirkungen des intensiven Maisanbaus abzufedern. Besonders relevant ist dies in allen Anbaugebieten, in denen die Anbauflächen und -konzentrationen von Mais hoch ausfallen. Auf rund 30 % der knapp über 2 Mio. ha großen Silomaisanbaufläche in Deutschland steht Mais in Selbstfolge (KleffmannDigital 2021; Statistisches Bundesamt 2023). Aufgrund des zumeist späten Erntetermins von Silomais bereitet eine erfolgreiche Etablierung von Zwischenfrüchten Schwierigkeiten, auch weil die verbleibende Vegetationszeit meist kurz ist (Manevski et al. 2015).

Vorteil der im Projekt Maisuntersaat-easy zur Anwendung kommenden Untersaat ist, dass diese in einem Arbeitsgang mit dem Mais angelegt wird. Dadurch sind diese Untersaaten in der Lage, für ihre Entwicklung die gesamte Vegetationszeit des Maises zu nutzen und schon früh Erosion zu mindern (Landwirtschaftskammer Niedersachsen 2014). Bei Mais mit Untersaaten kann im Gegensatz zu Zwischenfrüchten nach Mais auf jegliche Bodenbearbeitung nach der Ernte, welche einen Risikofaktor für Nährstoffmobilisierung und winterliche Auswaschung darstellt, verzichtet werden (Romundt 2013). Herausforderungen ergeben sich bei der Unkrautregulierung: Durch die zeitgleiche Aussaat müssen die eingesetzten Pflanzenschutzmittel eine gute Unkrautwirksamkeit und zugleich eine geringe Toxizität gegenüber Mais und Rotschwingel aufweisen. Zur Ernte wirkt sich zudem eine Straßenverschmutzung-eindämmende Tragschicht durch die etablierte Untersaatnarbe vorteilhaft aus (Pickert 2008).

Material und Methoden

Um die relevanten Maisanbaugebiete in Deutschland abbilden zu können, wird das Projekt an fünf verschiedenen Standorten in NRW und Rheinland-Pfalz durchgeführt (vgl. Tab. 1).

Tab. 1: Übersicht und Einordnung der fünf gewählten Versuchsstandorte (eigene Darstellung nach Graf et al. 2009 und Roßberg et al. 2007)

Standort	Boden-Klima-Raum	Zuordnung zu Mais-Anbaugebiet
Borken	144 Münsterland/ Niederungslagen, trocken	Südliches Weser-Ems
Merklingsen	144 Münsterland/ Niederungslagen, trocken	Niederrhein, Mittelrhein
Reichshof	143 Übergangslagen mäßig feucht	Übergangslage West
Montabaur	128 Hunsrück, Westerwald	Übergangslage West
Wesseling	142 oberer Mittelrhein, Niederrhein	Niederrhein, Mittelrhein

Dabei untersucht das vom BLE geförderte, dreijährige Verbundprojekt Maisuntersaat-easy folgende Parameter:

- Wachstumsverhalten verschiedener Rotschwingelsorten und Untersaatmischungen
- Wirkung verschiedener Herbizide auf Untersaaten und Unkräuter
- Auswirkungen der Untersaaten auf Maiserträge und -qualitäten
- Stickstoffspeichervermögen der Untersaaten über Winter (Gewässerschutz)
- Veränderung von Boden-Humusgehalten durch Untersaaten

Praktiker-Befragungen zeigen, dass eine Bereitschaft zur Implementierung von Untersaaten umso eher gegeben ist, wenn diese ertragsneutral im Vergleich zum reinen Mais angebaut werden können. Vor diesem Hintergrund greift das Projekt auf trockentolerante und sich langsam etablierende Rasenrotschwingelsorten zurück (Deutsche Rasengesellschaft (DRG) 2023). Die zum Einsatz kommende Genetik des Horstrotschwingels (*Festuca rubra commutata*) und des Härtlichen Schwingels (*Festuca trachyphylla*) bringen alle geforderten Eigenschaften mit, um als konkurrenzarme, trocken- und schattentolerante Untersaat eingesetzt zu werden. Die Untersuchung

der Boden-Humusleistung der eingesetzten Untersaaten leitet sich aus deren sehr fein verzweigtem und dichtem Wurzelwerk ab (Hartmann und Lunenberg 2013).
Die über pneumatisch angetriebene Prallteller ausschließlich in einer 35 cm breiten Kernzone zwischen den Maisreihen (75 cm Reihenabstand) verrieselte Untersaat ist konkurrenzmindernd und schonend für die Deckfrucht. Für das System wurde ein europäisches Patent vergeben. Die Untersaatkosten betragen, auch weil Saatstärken zwischen 4 und 6 kg*ha^{-1} ausreichend sind, im Schnitt 15 bis 20 €*ha^{-1} und damit rund 20 bis 30 % der üblichen Anlagekosten für eine breitflächige Maisuntersaat. Das Versuchsdesign folgt einem zweifaktoriellen Ansatz in split-plot-Anlage (siehe Tab. 2; vgl. Schuster und von Lochow 1978).

Tab. 2: Überblick über Einflussfaktoren und Ausprägungsstufen im zweifaktoriellen Versuchsdesign von Maisuntersaat-easy

Einflussfaktoren	Ausprägungsstufe	Saatstärke (kg*ha^{-1})	Herbizid & Aufwandmenge (l*ha^{-1})	Anwendungs-zeitraum (EC[1)] Mais)
Untersaat	RAISA	6	--	00
	FILIUS	6	--	00
	HumusPlus	6	--	00
	HOMESTAR NS	6	--	00
	HOMESTAR MS	7,2	--	00
	Kontrolle	--	--	00
Herbizid	H1	--	0,3 *Merlin Flexx* + 1,5 *Laudis OD*	VA[2)] 00-09 NA[3)] 18
	H2	--	0,4 *Merlin Flexx* + 1,5 *Laudis OD*	VA 00-09 NA 18
	H3	--	0,4 *Merlin Flexx*	NA 11

[1)] EC-Stadium = Entwicklungsstadium; [2)] VA = Vorauflauf; [3)] NA = Nachauflauf

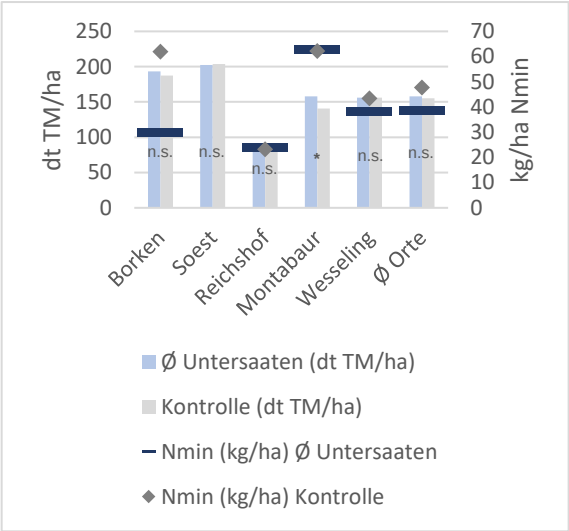
Ergebnisse und Diskussion

Nach Abschluss von zwei der drei geplanten Versuchsjahre lassen sich folgende Kernergebnisse ableiten:

- Eine ertragsneutrale Integration von Untersaaten im Mais ist möglich.
  - Im ersten, trocken-heißen Versuchsjahr 2022 sind ohne Beregnung an keinem der Standorte weder Mais noch Untersaat vertrocknet. Die Maiserträge fielen in den Varianten mit Untersaaten tendenziell etwas höher als in der Kontrolle ohne Untersaaten aus. Diese Unterschiede waren mit einer Ausnahme in Montabaur nicht signifikant (Zweistichproben-t-Test; vgl. Abb. 1). Große Unterschiede zwischen der Leistungsfähigkeit der getesteten Untersaatvarianten ergeben sich nicht. Im Vergleich aller Untersaatvarianten zur Kontrolle (einfaktorielle ANOVA mit Tukey Post-hoc-Test an fünf Standorten) zeigen sich nur in vier Konstellation signifikante Ertragsunterschiede. In Reichshof ist der Maisertrag der Kontrolle signifikant höher als der Maisertrag in der Variante FILIUS. In Montabaur fallen die Maiserträge in allen Untersaatvarianten höher als der Maisertrag der Kontrolle aus. Aus diesem Ergebnis lassen sich keine Sortenempfehlungen ablesen, zu ähnlich fällt die Leistung der getesteten Untersaaten standortübergreifend aus. Der niedrige Maisertrag am Standort Reichshof im Bergischen Land im ersten Versuchsjahr lässt sich auf einen lokal sehr hohen Unkrautdruck durch Erdrauch (*Fumaria officinalis*) zurückführen.
  - Im zweiten, feucht-warmen Versuchsjahr ließen sich trotz sechs-wöchiger Blitzdürre zur Maisaussaat Deckfrucht und Untersaat sicher etablieren. 2023 wurden in der Kontrolle ohne Untersaat tendenziell etwas höhere Maiserträge ermittelt, in Soest und Montabaur fiel der Unterschied signifikant aus (Zweistichproben-t-Test; vgl. Abb. 2). Grundsätzlich lag das Ertragsniveau des Maises im Vergleich zum ersten Versuchsjahr 18 % höher, ein höchst signifikanter Unterschied (Mann-Whitney-Test für nicht normalverteilte Daten bei $p = 0{,}0001$). Wie im ersten Versuchsjahr fielen auch 2023 die Leistungsunterschiede zwischen den verschiedenen Untersaaten gering aus. Mit Ausnahme der Maiserträge in den Untersaatvarianten RAISA in Montabaur und HumusPlus Vorsaat in Wesseling, waren die Erträge der Untersaatvarianten gemäß einfaktorieller ANOVA mit Tukey Post-hoc-Test) nicht signifikant geringer als die Maiserträge in der Kontrolle. Bei den Untersaaten präsentieren sich

standortübergreifend HOMESTAR Nacktsaat und die Mischung HumusPlus Vorsaat am stärksten. Der geringe Maisertrag im zweiten Versuchsjahr am Standort Wesseling lässt sich betriebsbedingt auf die späte Maisaussaat nach späten Umbruch der vorjährigen Untersaat und auf fehlende Düngung zurückführen.

- In beiden Versuchsjahren konnte eine N-Aufnahme durch die Untersaaten bereits 6 bis 8 Wochen nach der Maisernte nachgewiesen werden. Die N_{min}-Werte der Untersaatvarianten lagen im Durchschnitt aller Orte im späten Herbst in beiden Versuchsjahren rund 10 kg*ha^{-1} unter denen der Kontrolle (vgl. Abb. 1 & 2).



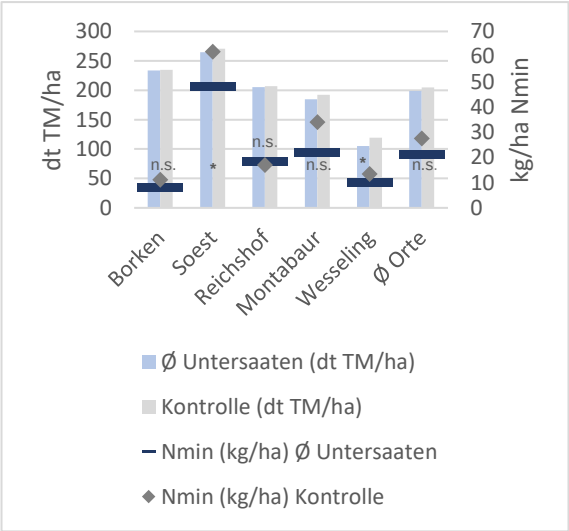


Abb. 1 und 2: Verhältnis zwischen Mais-TM-Erträgen und Herbst-Nmin-Werten (0-60 cm) im Durchschnitt der Untersaaten und in der Kontrolle an allen Versuchsstandorten 2022 (links) und 2023 (rechts); n.s. = nicht signifikant; * = signifikant bei p ≤ 0,05.

- Bodenschutz, Humusanreicherung und verbessertes Bodenleben: Über alle Untersaatvarianten hinweg konnten an einem humusarmen Versuchsstandort rund 0,1 % erhöhte Boden-Humusgehalte im Vergleich zur Kontrolle nachgewiesen werden (vgl. Abb. 3). In der Variante ohne Untersaat (= Kontrolle) wurde ein minimaler Abfall der Boden-Humusgehalte gemessen. Alle Unterschiede waren nicht signifikant (zweifaktorielle Varianzanalyse mit Fisher's LSD Post-hoc-Test). Ferner ließen sich in den Untersaatparzellen viele Regenwurmlöcher beobachten, in den Kontrollparzellen ohne Untersaat fast keine. An den Standorten mit Hanglage (v. a. Reichshof) wurde zudem die Erosions-verhindernde Wirkung der Untersaaten deutlich.

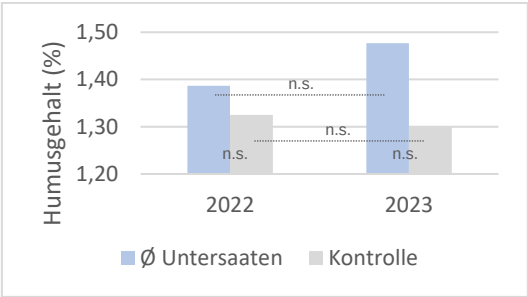


Abb. 3: Veränderung des Boden-Humusgehalts an einem humusarmen Standort zwischen 2022 auf 2023; n.s. = nicht signifikant; * = signifikant bei p ≤ 0,05.

- Herbizid-Maßnahmen: In beiden Versuchsjahren war auf allen Standorten auch bei stärkerem Hirsevorkommen eine sichere Unkrautkontrolle durch die drei getesteten Herbizid-Varianten H1 bis H3 möglich. Unkrautdeckungsgrade unter 10 % waren bereits mit einer Soloanwendung des neu entwickelten Herbizides *Merlin Flexx* (Wirkstoff Isoxaflutole mit Safener) zu erzielen. Die beiden Herbizid-Varianten H1 und H2 mit *Merlin Flexx*-Applikation im Vorauflauf und *Laudis OD*-Applikation im Nachauflauf ermöglichten eine Unkrautkontrolle mit Unkrautdeckungsgraden von < 5 %.

Schlussfolgerungen

Nach zwei von drei Versuchsjahren zeichnet sich deutlich ab: Es ist möglich, Untersaaten ertragsneutral unter der Deckfrucht Mais zu platzieren. Voraussetzung ist, dass die Anlage im Idealfall zeitgleich und ausschließlich im Kernbereich zwischen den Maisreihen erfolgt. Die Sicherheit für einen ertragsneutralen Anbau im Vergleich zum reinen Mais steigt, wenn auf konkurrenzschwache, sich langsam entwickelnde, sowie trocken- und schattentolerante Gräser zurückgegriffen wird. Verschiedene Rasensorten des Horstrotschwingels und des Härtlichen Schwingels haben sich dafür als besonders geeignet erwiesen. Alle getesteten Herbizid-Strategien führen zu einer sicheren Unkrautkontrolle, auch auf Hirsestandorten und ohne Phytotoxizität auf Mais und Untersaat. Weiterhin sind die Untersaaten in der Lage, schon anderthalb Monate nach der Maisernte rund 10 $kg*ha^{-1}$ Stickstoff aufzunehmen. Die Untersaaten leisten ferner einen positiven Beitrag für den Boden- und Erosionsschutz sowie die Humusbilanz auf der Fläche.

Literatur

Deutsche Rasengesellschaft (DRG) (2023): Rotschwingel (Festuca rubra). Online verfügbar unter https://www.rasengesellschaft.de/, zuletzt geprüft am 19.05.2023.

Graf, Rudolf; Michel, Volker; Roßberg, Dietmar; Neukampf, Ralf (2009): Definition pflanzenartspezifischer Anbaugebiete für ein regionalisiertes Versuchswesen im Pflanzenbau. In: *Journal für Kulturpflanzen* 61 (7): 247–253.

Hartmann, S., Lunenberg, T. (2013): Schafschwingel - Festuca ovina L. Hg. v. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). Online verfügbar unter https://www.lfl.bayern.de/, zuletzt geprüft am 02.01.2024.

KleffmannDigital (2021): CropRadar® Fruchtfolge - Mais nach Mais in Deutschland. Online verfügbar unter https://cropradar.digital/, zuletzt aktualisiert am 30.06.2023, zuletzt geprüft am 07.04.2023.

Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2014): Kurzbericht Untersaaten und Bodenbearbeitung. Online verfügbar unter https://www.duengebehoerde-niedersachsen.de/, zuletzt geprüft am 13.05.2023.

Manevski, K., Børgesen, C. D., Andersen, M., N.; Kristensen, Ib S. (2015): Reduced nitrogen leaching by intercropping maize with red fescue on sandy soils in North Europe: a combined field and modeling study. In: *Plant Soil* 388 (1-2): 67–85. DOI: 10.1007/s11104-014-2311-6.

Pickert, J. (2008): Mais - Produktionstechnik zur Integration in das Ökosystem des Standortes und betriebliche Aspekte. In: Robert Keller, Hans Hanus und Klaus-Ulrich Heyland (Hg.): Getreide und Futtergräser, Bd. 2. 4 Bände. Stuttgart: Eugen Ulmer KG (Handbuch des Pflanzenbaus, 2): 496–582.

Romundt, H. (2013): Untersaaten in Mais – so gelingen sie. In: *top agrar* 41 (4/2023), S. 104–107.

Roßberg, D., Michel, V., Graf, R., Neukampf, R. (2007): Definition von Boden-Klima-Räumen für die Bundesrepublik Deutschland. In: *Nachrichtenblatt Deutscher Pflanzenschutzdienst* 59 (7): 155–161.

Schuster, W., von Lochow, J. (1978): Anlage und Auswertung von Feldversuchen. Anleitungen und Beispiele für die Praxis der Versuchsarbeit. 2., erweiterte Auflage. Frankfurt am Main: DLG Verlag.

Statistisches Bundesamt (2023): Anbauflächen, Hektarerträge und Erntemengen ausgewählter Anbaukulturen im Zeitvergleich. Online verfügbar unter https://www.destatis.de/, zuletzt aktualisiert am 25.03.2019, zuletzt geprüft am 07.06.2024.