

## **Winterharte und abfrierende Zwischenfrüchte kombinieren**

Die Bedeutung von Zwischenfrüchten als Stickstoffsенke zur Reduzierung von Nitratverlagerung über Winter ist in Praxis, Beratung und Wissenschaft gleichermaßen anerkannt. Zahlreiche Fragen zur Wirksamkeit von Zwischenfrüchten als Stickstoffquelle für die Folgefrucht sind jedoch weiterhin ungelöst. In der Praxis des Ökologischen Landbaus werden trotz üppiger Zwischenfruchtbestände vor Winter oftmals nur geringe Mineralisierungsleistungen im Frühjahr beobachtet. Um diesem unzufriedenstellenden N-Transfer auf den Grund zu gehen, wurden seit 2017 im Rahmen des Projektes Leitbetriebe Ökologischer Landbau NRW Feldversuche mit Zwischenfrüchten unterschiedlicher Frosthärte durchgeführt. Zu Beginn der Untersuchungen wurden v.a. einzelne Arten sehr genau betrachtet. Dabei wurde festgestellt, dass abfrierende Zwischenfrüchte tendenziell etwas mehr Stickstoff vor Winter aufnehmen, gleichzeitig bei ihnen aber auch höhere N-Verluste über Winter auftreten, als bei winterharten Arten. Letztere konnten in den eigenen Versuchen nicht nur mehr Stickstoff über Winter bewahren, sondern hatten, durch einen geringeren Stängelanteil, auch im Frühjahr ein deutlich engeres CN-Verhältnis im Spross. Dies führte tendenziell zu einer zeitigeren Mineralisation im Frühjahr und damit z.T. auch zu höheren Erträgen und Qualitäten in der Folgefrucht Sommerweizen.

In der Praxis sind jedoch Mischungen im Zwischenfruchtanbau üblich, um unter heterogenen Feldbedingungen möglichst lückenlose Pflanzenbestände zu etablieren. Vielfältige Mischungen, die für unterschiedliche Standorte und Nachfrüchte optimiert wurden, sind bei den Saatgutfirmen verfügbar oder werden auf den Betrieben individuell zusammengestellt. Neben tief- und flachwurzelnde Arten sowie Leguminosen und Nichtleguminosen werden dabei v.a. auch winterharte und abfrierende Zwischenfrüchte kombiniert. Für die besonderen Bedingungen eines intensiven Gemüsebaubetriebs auf Sandboden entwickelte der Leitbetriebe Finkes Hof in Borken eine Streifenaussaat von Zwischenfruchtmischungen. Dabei werden mittels GPS Leguminosen genau dort in der Reihe gesät, wo die nachfolgende Gemüsekultur einen erhöhten Nährstoffbedarf hat. Im Zwischenraum hingegen sollen nichtlegume Arten den mineralisierten Stickstoff vor Winter aufnehmen und ihn so vor der Auswaschung ins Grundwasser bewahren. In den folgenden Versuchen wurden, aufbauend auf dieser bereits prämierten Praxisentwicklung (Preisträger Bundeswettbewerb Ökologischer Landbau 2021), einfache Zweikomponentenmischungen aus winterharten und abfrierenden Arten so in Streifen ausgesät, dass vor Winter eine möglichst hohe N-Menge aufgenommen wird und mit einer zeitgerechten Mineralisierung im Frühjahr in Einklang gebracht werden kann.

## **Material & Methoden**

In einfaktoriellen Feldversuchen wurden folgende abfrierende und überwinternde Zwischenfrüchte in vierfacher Wiederholung als Blockanlage gesät und im Vergleich zur Kontrolle (unkrautfreie Brache) getestet:

1. KO - Kontrolle ohne ZF (unkrautfrei)
2. GR/Lup - Grünroggen Bonfire 60 kg/ha / Lupine Boruta 60 kg/ha
3. GR/SH - Grünroggen Bonfire 60 kg / Sandhafer Pratex 40 kg/ha
4. GR/ÖR - Grünroggen Bonfire 60 kg / Ölrettich Siletina 12,5 kg/ha
5. WR/Lup - Winterrübsen Jupiter 7,5 kg/ha / Lupine Boruta 60 kg/ha
6. WR/SH - Winterrübsen Jupiter 7,5 kg/ha / Sandhafer Pratex 40 kg/ha
7. WR/ÖR - Winterrübsen Jupiter 7,5 kg/ha / Ölrettich Siletina 12,5 kg/ha

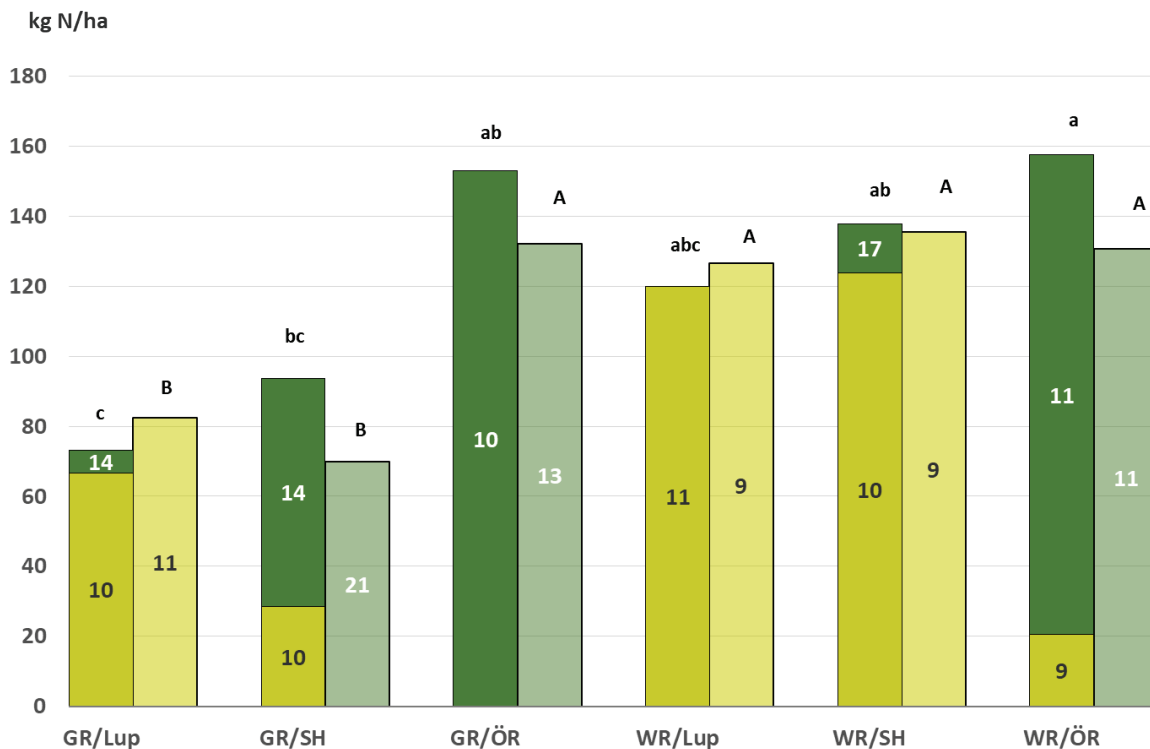
Die Aussaat auf dem Praxisbetrieb im Kreis Viersen (60 m ü. NN, 9,6 °C, 750 mm, IS-sL, 50-70 BP) erfolgte nach Spinat und Saatbettbereitung mit der Kreiselegge am 19.08.2020. Der Umbruch der Zwischenfrüchte erfolgte am 22.04.2021 mit dem Pflug mit anschließender Einsaat der Nachfrucht Sommerweizen am selben Tag. Nach der Vorfrucht Winterweizen wurden die Zwischenfrüchte auf dem Versuchsbetrieb Wiesengut in Hennef/Sieg (65 m ü. NN, 10,3 °C, 840 mm, sL-uL, 60 BP) nach Pflugfurche und Saatbettbereitung mit der Kreiselegge am 23.08.2020 gesät. Der Umbruch der Zwischenfrüchte erfolgte am 16.03.2021 mit dem Pflug mit anschließender Einsaat der Nachfrucht Sommerweizen am 29.03.2021.

Ab Versuchsbeginn wurde monatlich der mineralisch gelöste Stickstoff in der Ackerkrume (0-30 cm) sowie vor und nach Winter jeweils einmal bis auf 90 cm analysiert. Die Stickstoff- und Kohlenstoffaufnahme in den Spross wurde vor Beginn der Frostperiode und kurz vor Umbruch der Zwischenfrüchte im darauffolgenden Frühjahr anhand von Zeiternten ermittelt. Die Analyse erfolgte bei den abfrierenden Zwischenfrüchten getrennt nach Blatt und Stängel, die winterharten Varianten wurden aufgrund des fehlenden Längenwachstums nicht in Spross und Blatt getrennt.

## Ergebnisse

### Erfolgreiche Praxisentwicklung

Auf drei Leitbetrieben und dem Versuchsbetrieb Wiesengut wurden in Exaktversuchen die winterharte Arten Grünroggen (GR) und Winterrübsen (WR) jeweils mit den abfrierenden Zwischenfrüchten Ökrettich (ÖR), Sandhafer (SH) und Lupine (Lup) kombiniert und zusätzlich mit einer thermisch unkrautfrei gehaltenen Kontrolle (KO) verglichen. In der Abbildung 1 & 2 werden mittels Balkendiagramm die N-Aufnahme in den Spross der verschiedenen Mischungen vor Winter von zwei Standorten dargestellt und direkt rechts daneben mit der Menge Stickstoff verglichen, die sich nach Winter noch im Restspross befand. Der untere, hell grüne Balkenanteil steht dabei immer für die winterharte Art und der obere bzw. dunklere für die abfrierende Zwischenfrucht. Die Zahlen in den Balken geben das CN-Verhältnis in der entsprechenden Art wieder.

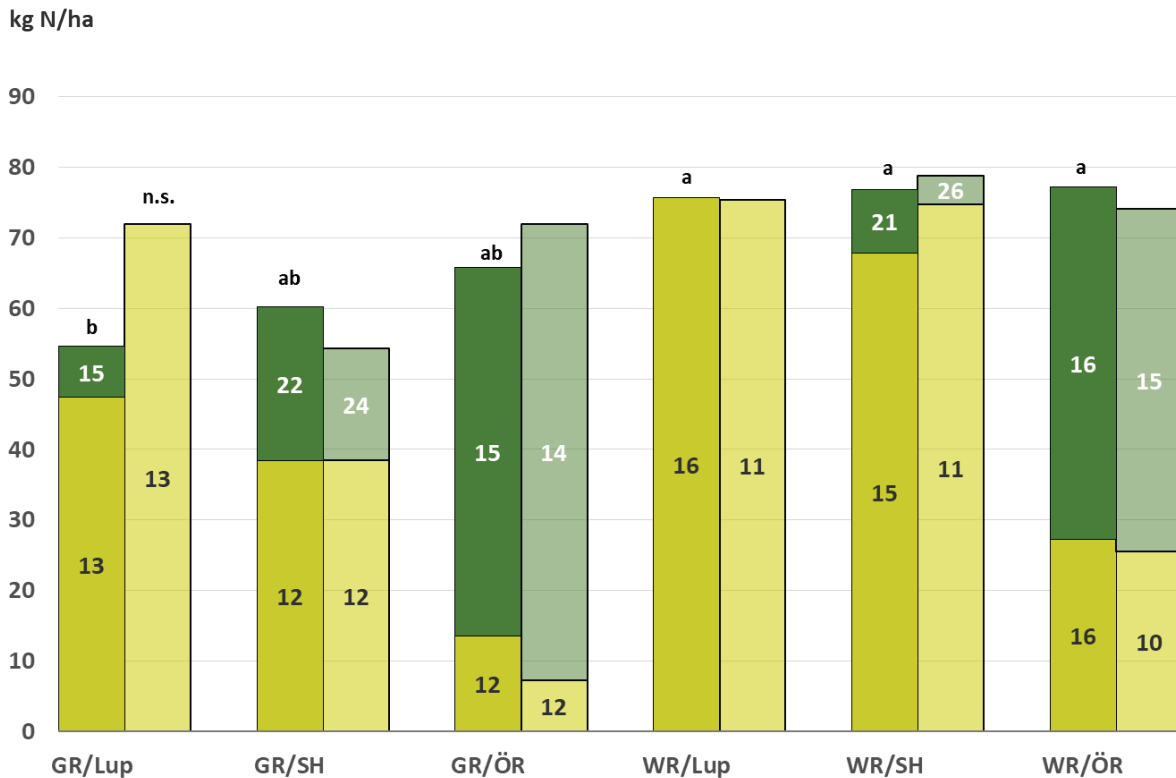


**Abb. 1: Einfluss verschiedener Mischungen aus winterharten und abfrierenden Zwischenfrüchten auf die Stickstoffaufnahme in den Spross und das CN-Verhältnis (Zahlen in Balken) auf einem Leitbetrieb in Niederkrüchten am 17.11.2020 vor und am 25.02.2021 nach Winter ( $\alpha = 0,05$ , Tukey-Test).**

Nach Winter ist auf dem Standort in Niederkrüchten jeweils nur ein Balken abgebildet, da in den reinen Gras- bzw. Kruziferenmischungen eine saubere Trennung nicht mehr möglich war bzw. die dominanten Arten sich vollständig durchgesetzt hatten. Dieses wesentliche Ergebnis, dass bei homogenen Flächen jeweils eine Art die

**LEITBETRIEBE ÖKOLOGISCHER LANDBAU IN NORDRHEIN-WESTFALEN**

Zwischenfruchtmischung dominiert, konnte auch auf den anderen Standorten bestätigt werden und deckt sich mit den Beobachtungen aus der Praxis, in der sich kleinräumig meist ebenfalls eine Art besonders durchsetzt. In den eigenen Versuchen waren dies, soweit Teil der Mischung, trotz gleichmäßiger Standraumzumessung durch die Streifenaussaat immer die Kreuziferen.



**Abb. 2: Einfluss verschiedener Mischungen aus winterharten und abfrierenden Zwischenfrüchten auf die Stickstoffaufnahme in den Spross und das CN-Verhältnis (Zahlen in Balken) auf dem Versuchsbetrieb Wiesengut in Hennef am 15.11.2020 vor und am 22.02.2021 nach Winter ( $\alpha = 0,05$ , Tukey-Test).**

In diesen Varianten wurde auch z.T. signifikant mehr Stickstoff vor Winter in den Spross aufgenommen, als in den Varianten ohne Kreuziferen. Die N-Verluste über Winter waren bei der milden Witterung im Rheinland in allen Versuchen gering. Im Vergleich zu den vorangegangenen Versuchen mit Reinsaaten, waren die CN-Verhältnisse in den Mischungsversuchen deutlich enger, ein Effekt, der ebenfalls auf die milde Witterung und damit fehlende Degenerationsprozesse zurückzuführen sein könnte.

**LEITBETRIEBE ÖKOLOGISCHER LANDBAU IN NORDRHEIN-WESTFALEN**

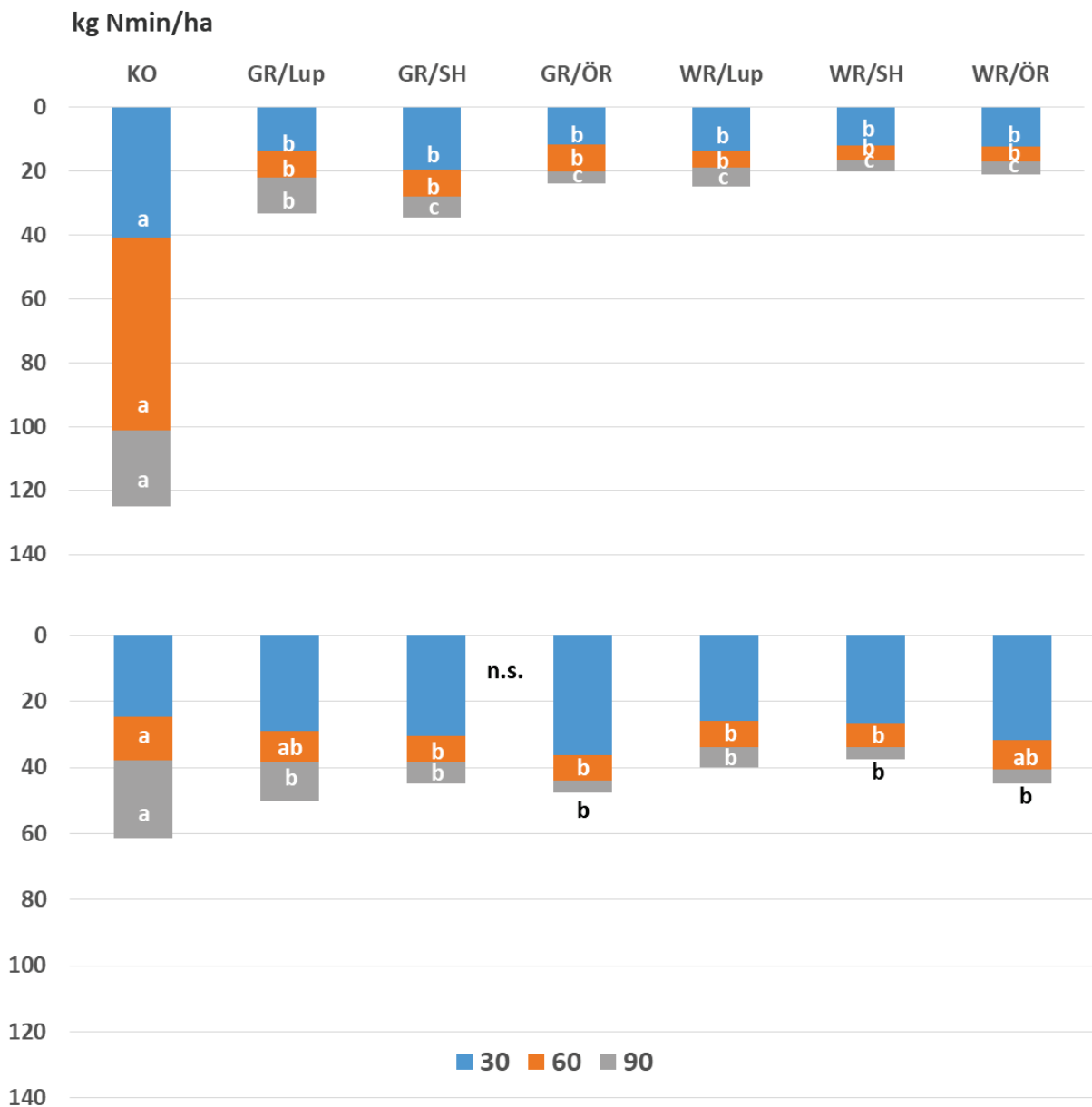
**Zwischenfrüchte sichern Grundwasserschutz**

Die eigenen Ergebnisse bestätigt die zahlreichen Untersuchungen (u.a. Thorup-Kristensen 1994 und Grüner et al. 2007) zur Bedeutung von Zwischenfrüchten zur Reduzierung der Nitratverlagerung über Winter. In der unkrautfrei gehaltenen Kontrolle wurden deutlich höhere Restnitratmengen vor Winter gemessen als in den Zwischenfruchtmischungen, was höhere Auswaschungsverluste v.a. auf leichteren Standorten und bei hohen Niederschlägen zur Folge haben könnte. Wie bereits bei den Versuchen mit Reinsaaten, wird deutlich, dass alle Zwischenfruchtmischungen den mineralisierten Stickstoff im Oberboden vor Winter nahezu vollständig aufnehmen, wohingegen die Entleerung in der Kontrolle nur durch Auswaschung erfolgte (s. Abb. 3 & 4).



**Abb. 3: Einfluss verschiedener Mischungen aus winterharten und abfrierenden Zwischenfrüchten auf die Nmin Werte (0-90 cm) am 17.11.2020 vor (oben) und am 25.02.2021 nach Winter (unten) auf einem Leitbetrieb in Niederkrüchten ( $\alpha = 0,05$ , Tukey-Test).**

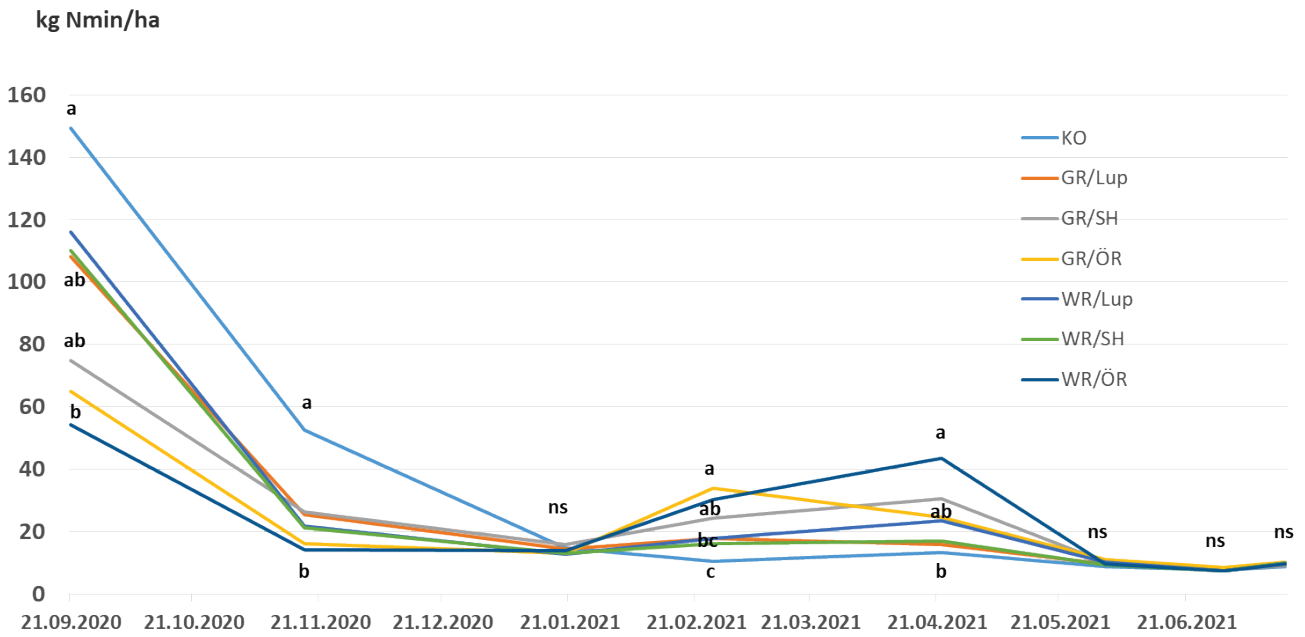
**LEITBETRIEBE ÖKOLOGISCHER LANDBAU IN NORDRHEIN-WESTFALEN**



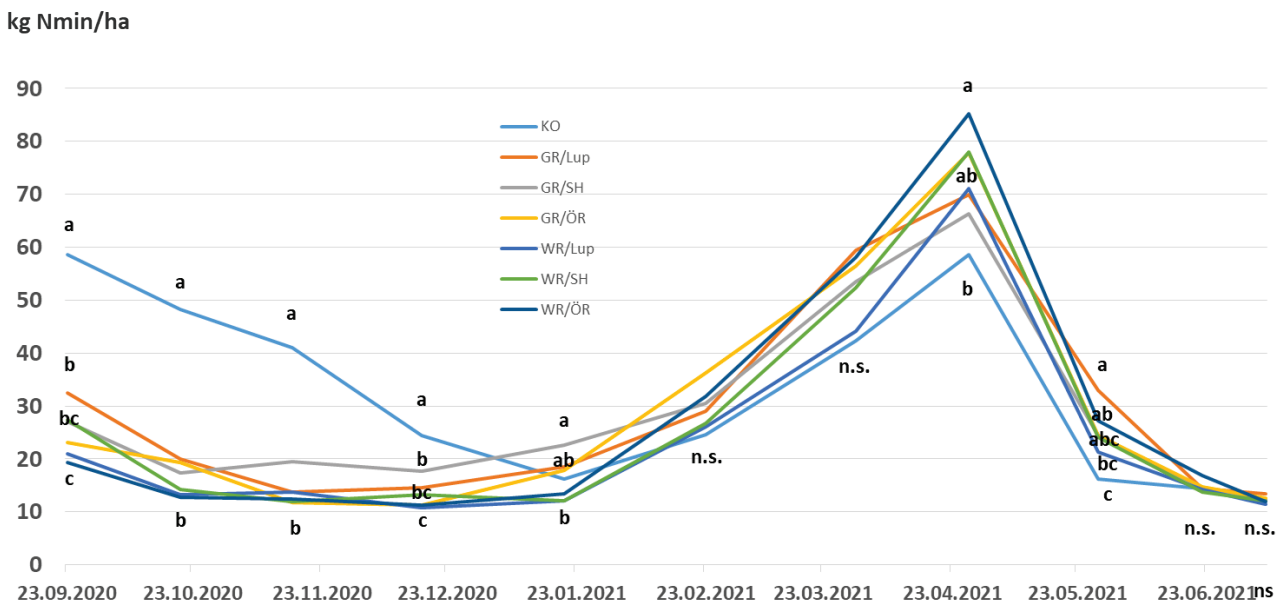
**Abb. 4: Einfluss verschiedener Mischungen aus winterharten und abfrierenden Zwischenfrüchten auf die Nmin Werte (0-90 cm) am 16.11.2020 vor (oben) und am 23.02.2021 nach Winter (unten) auf dem Versuchsbetrieb Wiesengut in Hennef ( $\alpha = 0,05$ , Tukey-Test).**

Im Frühjahr differenzierte sich die N-Mineralisierung erst wieder ab Februar, signifikant höhere Werte wurden im März in der Ölrettich dominierten Mischung mit Grünroggen und im April auf beiden Standorten in der reinen Kruziferenmischung gemessen. Ab Mai/Juni waren dann mit beginnendem Massenwachstum des Sommerweizens nur noch geringe Unterschiede zwischen den Varianten mehr festzustellen.

**LEITBETRIEBE ÖKOLOGISCHER LANDBAU IN NORDRHEIN-WESTFALEN**



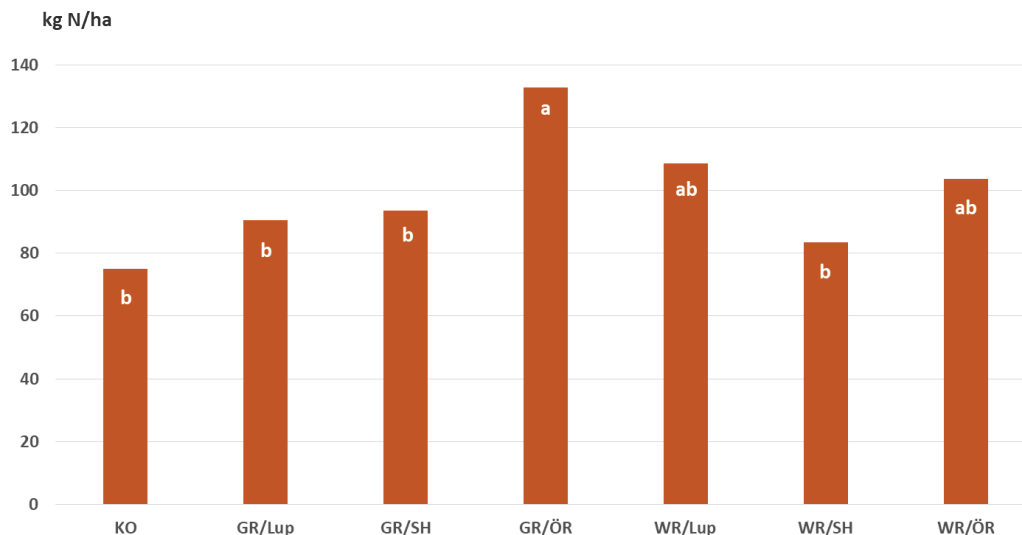
**Abb. 5: Einfluss verschiedener Mischungen aus winterharten und abfrierenden Zwischenfrüchten auf die Nmin Werte in der oberen Bodenschicht (0-30 cm) von der Saat der Zwischenfrüchte bis zur Ernte der Nachfrucht Sommerweizen auf einem Leitbetrieb in Niederkrüchten ( $\alpha = 0,05$ , Tukey-Test).**



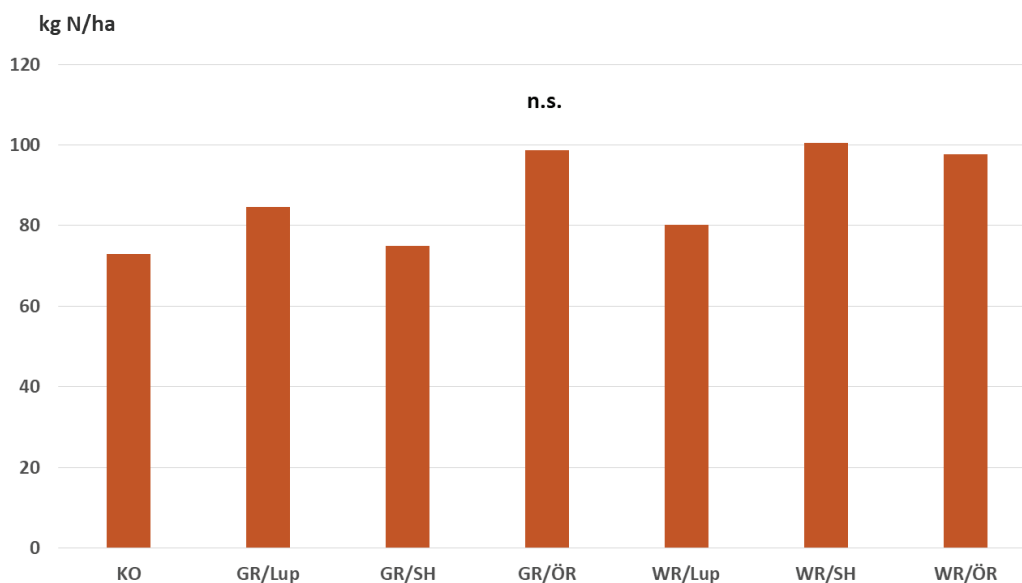
**Abb. 6: Einfluss verschiedener Mischungen aus winterharten und abfrierenden Zwischenfrüchten auf die Nmin Werte in der oberen Bodenschicht (0-30 cm) von der Saat der Zwischenfrüchte bis zur Ernte der Nachfrucht Sommerweizen auf dem Versuchsbetrieb Wiesengut in Hennef ( $\alpha = 0,05$ , Tukey-Test).**

**Wirkung auf die Nachfrucht**

Die z.T. um bis zu 30 kg N/ha höhere Mineralisierung im Frühjahr (vgl. Abb. 5 & 6) könnte mit den engen CN-Verhältnissen zu erklären sein. Anders als in den bisherigen Versuchen mit Reinsaaten waren diese mit 1:15 im gesamten Spross vglw. eng. Deutlich Unterschiede, die mit der Mineralisierung im Frühjahr korrelierten, wurden bei der N-Aufnahme der Nachfrucht Sommerweizen in Zeiternten im Juni nicht festgestellt.



**Abb. 7: Einfluss verschiedener Mischungen aus winterharten und abfrierenden Zwischenfrüchten auf die N-Aufnahme der Nachfrucht Sommerweizen auf einem Leitbetrieb in Niederkrüchten am 21.06.2021 ( $\alpha = 0,05$ , Tukey-Test).**

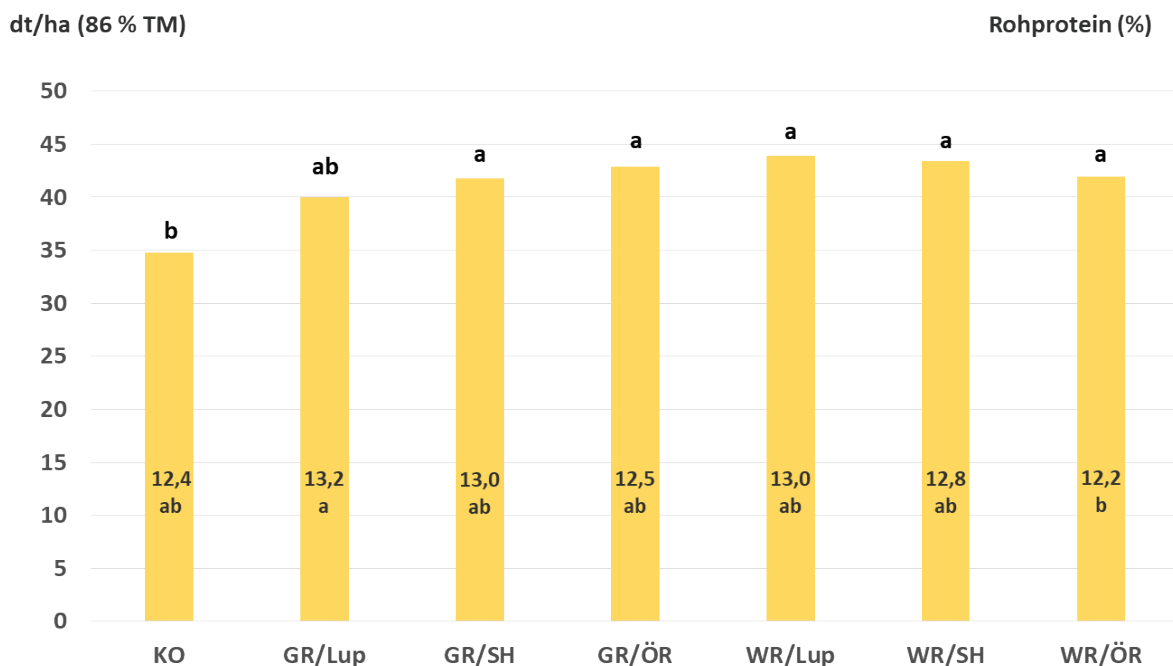


**Abb. 8: Einfluss verschiedener Mischungen aus winterharten und abfrierenden Zwischenfrüchten auf die N-Aufnahme der Nachfrucht Sommerweizen auf dem Versuchsbetrieb Wiesengut in Hennef am 21.06.2021 ( $\alpha = 0,05$ , Tukey-Test).**



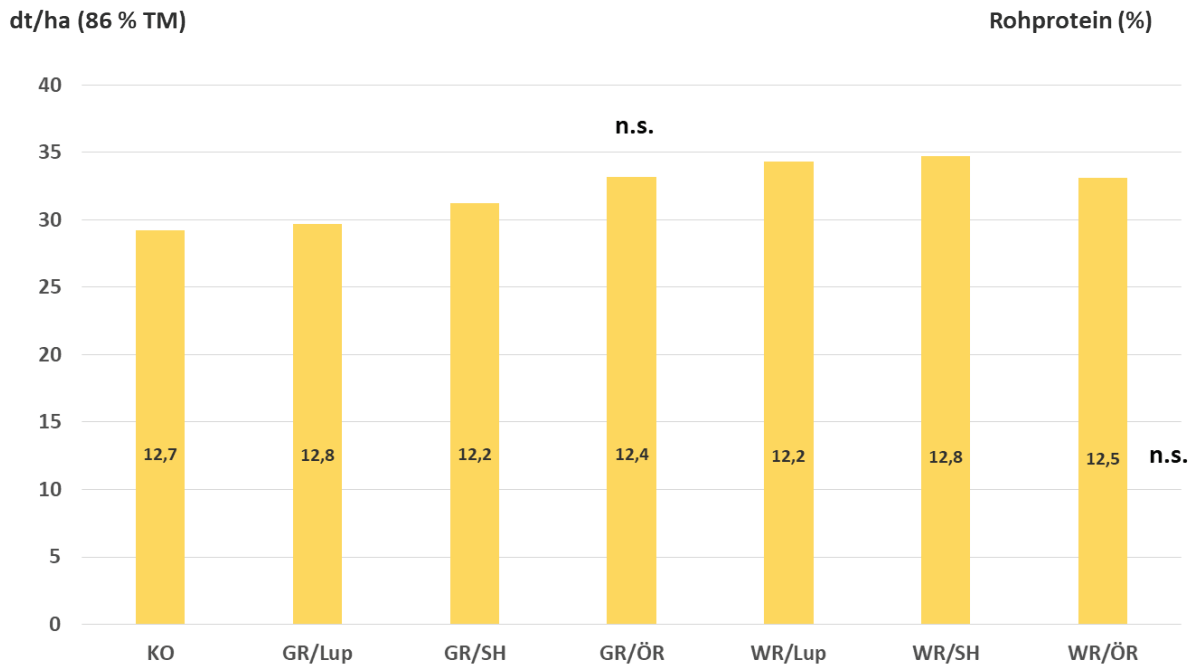
**LEITBETRIEBE ÖKOLOGISCHER LANDBAU IN NORDRHEIN-WESTFALEN**

Der Kornertrag der Nachfrucht Sommerweizen war jedoch auf dem Standort Niederkrüchten in allen Varianten nach Kruziferen und auch nach der reinen Gräsermischung signifikant höher als in der Kontrolle. Auch auf dem Standort Wiesengut wurde diese Wirkung zumindest tendenziell bestätigt. Unterschiede in der Qualität, die bei den Reinsaaten z.T. auch signifikant waren, wurden in den Mischungsversuchen ebenfalls auf dem Standort Niederkrüchten festgestellt (s. Abb. 9 & 10, Proteingehalt in den Balken).



**Abb. 9: Einfluss verschiedener Mischungen aus winterharten und abfrierenden Zwischenfrüchten auf den Kornertrag (Balken) und den Proteingehalt (Zahlen) der Nachfrucht Sommerweizen auf einem Leitbetrieb in Niederkrüchten am 13.08.2021 ( $\alpha = 0,05$ , Tukey-Test).**

Vor allem die vier Mischungen, die durch Kruziferen dominiert wurden, scheinen bei der Mineralisierung im Frühjahr vorteilhaft gegenüber den Gräsern und der Kontrolle gewesen zu sein. Eine zusätzliche N-Fixierung und damit eine gesteigerte Nachlieferung im Frühjahr durch die Lupinen konnte aufgrund der geringen Konkurrenzkraft nicht festgestellt werden. Trotz sicherer Standraumzumessung mittels Reihensaat entwickelten sich die Lupinen auf allen Versuchsstandorten nur unzureichend.

**LEITBETRIEBE ÖKOLOGISCHER LANDBAU IN NORDRHEIN-WESTFALEN**

**Abb. 10: Einfluss verschiedener Mischungen aus winterharten und abfrierenden Zwischenfrüchten auf den Kornertrag (Balken) und den Proteingehalt (Zahlen) der Nachfrucht Sommerweizen auf dem Versuchsbetrieb Wiesengut in Hennef am 13.08.2021 ( $\alpha = 0,05$ , Tukey-Test).**

## Zusammenfassung & Ausblick

Alle bislang im Leitbetriebsprojekt durchgeführten Versuche bestätigten eindeutig, dass Zwischenfrüchte bei zeitiger Aussaat hohe N-Mengen vor Winter aufnehmen und damit vor der Auswaschung ins Grundwasser bewahren können. Ob der N-Transfer in die nachfolgende Kultur gelingt, hängt jedoch maßgeblich von der Höhe der N-Verluste über Winter und dem CN-Verhältnis im Restspross nach Winter ab. Beide Parameter wurden in den hier dargestellten Versuchen günstig beeinflusst. Die N-Verluste aus den einfachen Mischungen aus je einer abfrierenden und einer winterharten Zwischenfrucht waren bei milder Winterwitterung gering und die CN-Verhältnisse nach Winter vglw. eng, z.T. signifikant erhöhte Kornerträge bei der Nachfrucht Sommerweizen im Vergleich zur Kontrolle waren die Folge.

Zum Abschluss der Untersuchungen zum Zwischenfruchtanbau wird derzeit im Leitbetriebsprojekt in NRW untersucht, ob durch unterschiedliche Bearbeitungsverfahren zu verschiedenen Umbruchterminen eine noch zeitgerechtere und höhere N-Mineralisierung für die Nachfrucht im Frühjahr erreicht werden kann.