

## **Kurzfassung des Abschlussberichtes zum N<sub>min</sub>-Monitoring Wasserschutzweizen 2020-22**

Das Projekt „Wasserschutzweizen“ wurde 2014 im Rahmen der AKTION GRUNDWASSERSCHUTZ - Trinkwasser für Unterfranken gestartet und 2017 auf Mittel- und Oberfranken sowie 2021 auf Niederbayern ausgeweitet. Wichtigstes Ziel ist die Verringerung der Nitrateinträge in das Grundwasser durch Verzicht auf die Stickstoffspätdüngung zu Winterweizen vor allem in Wasserschutzgebieten und „roten Gebieten“ nach Düngeverordnung. Für die Vermarktung wurde eine Wertschöpfungskette mit regionalen Mühlen und Bäckereien aufgebaut. 2022 erzeugten 38 Landwirte auf 375 ha 2.450 t Wasserschutzweizen, die von 8 Mühlen und 38 Bäckereien verarbeitet wurden. Die Backwaren wurden in 127 Verkaufsstellen angeboten.

Zur Überprüfung, ob die Düngebegrenzung und anderen Bewirtschaftungsvorgaben den gewünschten Effekt bringen, beauftragte die Regierung von Unterfranken die GeoTeam Gesellschaft für umweltgerechte Land- und Wasserwirtschaft mbH 2020, 2021 und 2022 mit der Befragung der beteiligten Landwirte und der Durchführung von N<sub>min</sub>-Bodenuntersuchungen. Diese wurden im Spätherbst in Ober-, Mittel- und Unterfranken, 2021 und 2022 auch in Niederbayern unter Weizenflächen durchgeführt, die mit und ohne Vorgaben bewirtschaftet wurden. Aus den gemessenen Restnitratwerten in 0-90 cm Bodentiefe wurde ermittelt, wieviel Nitrat während des Winterhalbjahres aus der Wurzelzone ausgewaschen wird, und mit welchem Nitratgehalt im Sickerwasser zu rechnen ist.

### **Was wurde 2022 untersucht?**

2022 beteiligten sich an den Untersuchungen 28 Landwirte aus Franken mit insgesamt 122 Weizenflächen, davon 97 mit Wasserschutzweizen und 25 mit konventionell gedüngtem Weizen. In Niederbayern nahmen 6 Landwirte mit insgesamt 18 Weizenflächen teil, davon 12 mit Wasserschutzweizen und 6 mit konventionell gedüngtem Weizen. Die Probenahme erfolgte getrennt nach den Bodenschichten 0-30/30-60/60-90 cm vom 21.11. - 12.12.2022. In diesem Zeitraum lagen die Bodentemperaturen weitestgehend unter 5°C und es fand noch keine Nitratauswaschung statt. Im Labor AGROLAB (Leinefelde) wurden Ammonium, Nitrat und Wassergehalt analysiert. Die Landwirte erhielten die Ergebnisse für Ihre Flächen per Post kurz vor Weihnachten.

Für alle 140 untersuchten Flächen machten die Landwirte vollständige Angaben zur Düngung. Die Flächen mit Wasserschutzweizen in Franken bzw. Niederbayern erhielten im Mittel 137 bzw. 151 kg N/ha in ein oder zwei Gaben. Die minimale Düngemenge betrug 105 kg N/ha, die maximal zulässige Düngemenge von 160 kg N/ha wurde in keinem Fall überschritten. Die Flächen mit konventionell gedüngtem Weizen in Franken bzw. Niederbayern erhielten im Mittel 160 bzw. 183 kg N/ha in zwei bis drei Gaben. Die minimale bzw. maximale Düngemenge betragen 105 bzw. 226 kg N/ha.

Für 132 Flächen machten die Landwirte vollständige Angaben zu den Kornerträgen. Von den Flächen mit Wasserschutzweizen wurden in Franken bzw. Niederbayern durchschnittlich 63 bzw. 78 dt/ha geerntet. Der Minimalertrag betrug 30 dt/ha, der Maximalertrag 96 dt/ha. Von den 31 Flächen mit konventionell gedüngtem Weizen wurden in Franken bzw. Niederbayern im Mittel 65 bzw. 86 dt/ha geerntet. Der Minimalertrag betrug 10 dt/ha, der Maximalertrag 91 dt/ha. Die große Spannweite der Kornerträge und damit auch der N-Entzüge vom Feld deutet auf erhebliche Betriebs- und Standortunterschiede hin.

### **Wie hoch waren 2022 die Erträge und Restnitratwerte?**

Der  $N_{\min}$ -Gehalt des Bodens setzt sich aus Ammonium und Nitrat zusammen. Von wenigen Ausnahmen abgesehen, lagen die Ammoniumwerte unter 10 kg N/ha. Auch unter den Flächen, auf denen organische oder stabilisierte N-Dünger ausgebracht wurden, enthielten die Böden nicht mehr Ammonium. Unterschiede zwischen Wasserschutzweizen und konventionell gedüngtem Weizen traten nicht auf. Aufgrund der geringen Probenzahl erfolgte für die Ergebnisse aus Niederbayern keine statistische Auswertung. Die folgenden Aussagen beschränken sich daher auf den mittleren Nitratgehalt in 0-90 cm Bodentiefe der fränkischen Standorte im Jahr 2022:

1. Die Restnitratwerte waren generell niedriger als 2020 und 2021, unterschieden sich jedoch kaum zwischen Wasserschutzweizen und konventionell gedüngtem Weizen. Die einzig signifikante Wirkung hatte die Nachfrucht. Die höchsten Werte wurden unter Winterweizen und Winterraps gemessen (73 bzw. 72 kg N/ha), im Mittelfeld lagen Flächen mit Winterbrache und anderem Wintergetreide (67 bzw. 64 kg N/ha). Flächen mit Zwischenfrüchten wiesen mit Abstand den niedrigsten Wert auf (44 kg N/ha).
2. Nach Angaben der Landwirte wurden auf insgesamt 40 Flächen stabilisierte N-Dünger eingesetzt. Im Gegensatz zu 2021 war 2022 der Restnitratgehalt am höchsten, wenn nur die erste Stickstoffgabe in stabilisierter Form erfolgte (63 kg N/ha). Im Mittelfeld lagen die Flächen, die stabilisierten Stickstoff nur als einmalige Gabe am Anfang oder nur als 2. Gabe erhielten (60 bzw. 57 kg N/ha). Die niedrigsten Werte wiesen die Flächen ohne stabilisierte Stickstoffdünger auf (56 kg N/ha). Die Unterschiede waren jedoch nicht signifikant.
3. Stabilisierte Dünger, die nur zur 1. Gabe, nur zur 2. Gabe oder zur 1. und 2. Gabe eingesetzt wurden, erbrachten keinen relevanten Ertragsvorteil. Nur die Flächen mit einer einmaligen, Ammonium-betonten Gesamtgabe zu Vegetationsbeginn schnitten ertraglich besser ab. Durch Verzicht auf stabilisierte Dünger wurde eine vergleichbar gute N-Effizienz erzielt. Zwischen ausgebrachter Gesamtstickstoffmenge und Restnitratgehalt bestand kein direkter Zusammenhang, da Düngerart und Ausbringungszeitpunkt letzteren stärker beeinflussen.

Zur Klärung der möglichen Ursachen für erhöhte Nitratgehalte im Boden wurden wieder Einzelgespräche mit ausgewählten Landwirten geführt. Erneut wurden Vorfrüchte mit stickstoffreichen Ernterückständen, eine organische Herbstdüngung nach der Ernte oder die Nitratfreisetzung stark humoser bis mooriger Standorte dafür verantwortlich gemacht.

Auf anderen Flächen wurden der Umbruch von Grünland oder der Pflugeinsatz nach langjährig pflugloser Bewirtschaftung als Gründe angegeben. Darüber hinaus wurden geringe Erträge oder eine fehlende Zwischenfrucht als Ursachen genannt. Für die weiteren Auswertungen der drei Versuchsjahre wurden daher wenige Ausreißer mit Werten über der zweifachen Standardabweichung nicht einbezogen, für die mindestens einer der oben genannten Ursachen zutraf.

### Was zeigt die Gesamtauswertung der drei Jahre 2020-22?

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass die durchgeführten Bodenuntersuchungen nicht im Rahmen eines Exaktversuches mit Wiederholungen erfolgten. Die Vergleichsflächen mit konventionell gedüngtem Weizen befanden sich zudem nicht immer neben den Flächen mit Wasserschutzweizen und können daher abweichende Standortverhältnisse aufweisen. Dies schränkt die Aussagekraft der Ergebnisse naturgemäß ein.

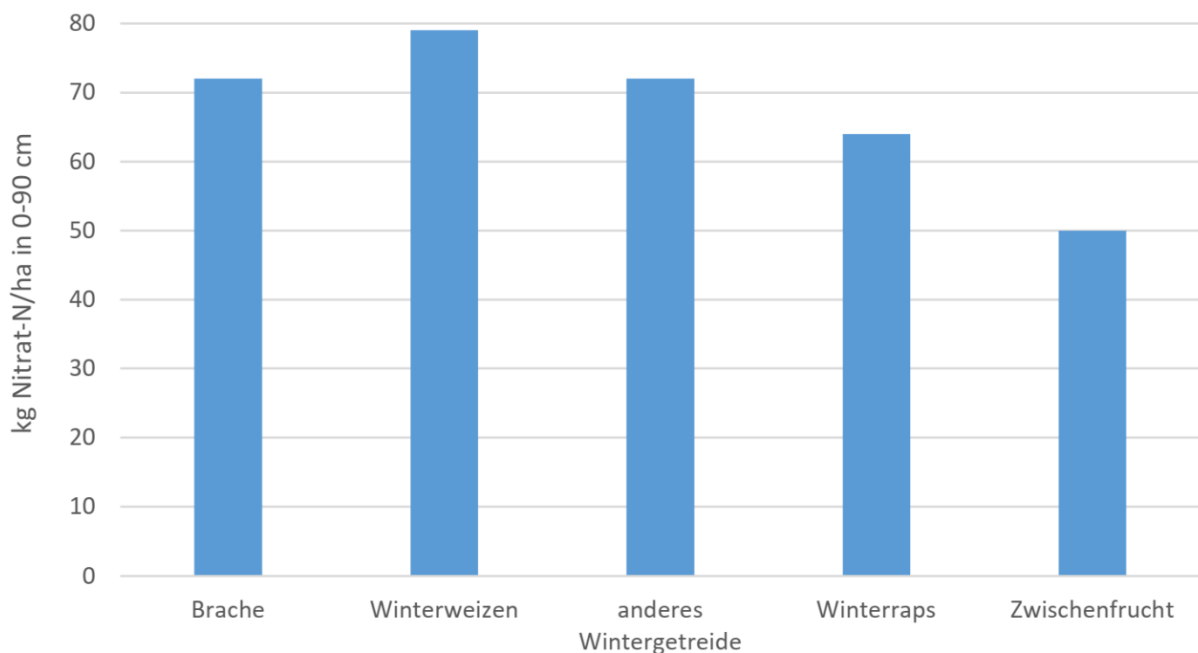


Abbildung 1: Restnitratwerte je nach Nachfrucht im Durchschnitt der Jahre 2020-22

Abbildung 1 zeigt für alle untersuchten Weizenflächen den deutlichen Einfluss der Nachfrucht bzw. des Fehlens derselben. Unter Winterbrache und Wintergetreide wurden im Mittel Restnitratwerte über 70 kg N/ha gemessen, am höchsten war der Mittelwert unter Winterweizen. Dagegen schnitten Winterraps, vor allem aber Zwischenfrüchte deutlich besser ab.

Mit dem gesamten Datensatz aus drei Jahren wurde nach positiver Prüfung auf Normalverteilung ein T-Test durchgeführt. Die Ergebnisse in Abbildung 2 zeigen, dass die Restnitratwerte nach Wasserschutzweizen im Durchschnitt der drei Jahre mit 56 kg N/ha

signifikant niedriger waren als die unter konventionell gedüngtem Weizen mit 65 kg N/ha. Noch deutlicher war der Abstand, wenn die Mediane verglichen werden (49 bzw. 62 kg N/ha). Je nach Standort ist daraus abzuleiten, dass der Nitratgehalt im Sickerwasser unter Wasserschutzweizen zwischen 12 und 20 mg/l niedriger war als unter konventionell gedüngtem Weizen.

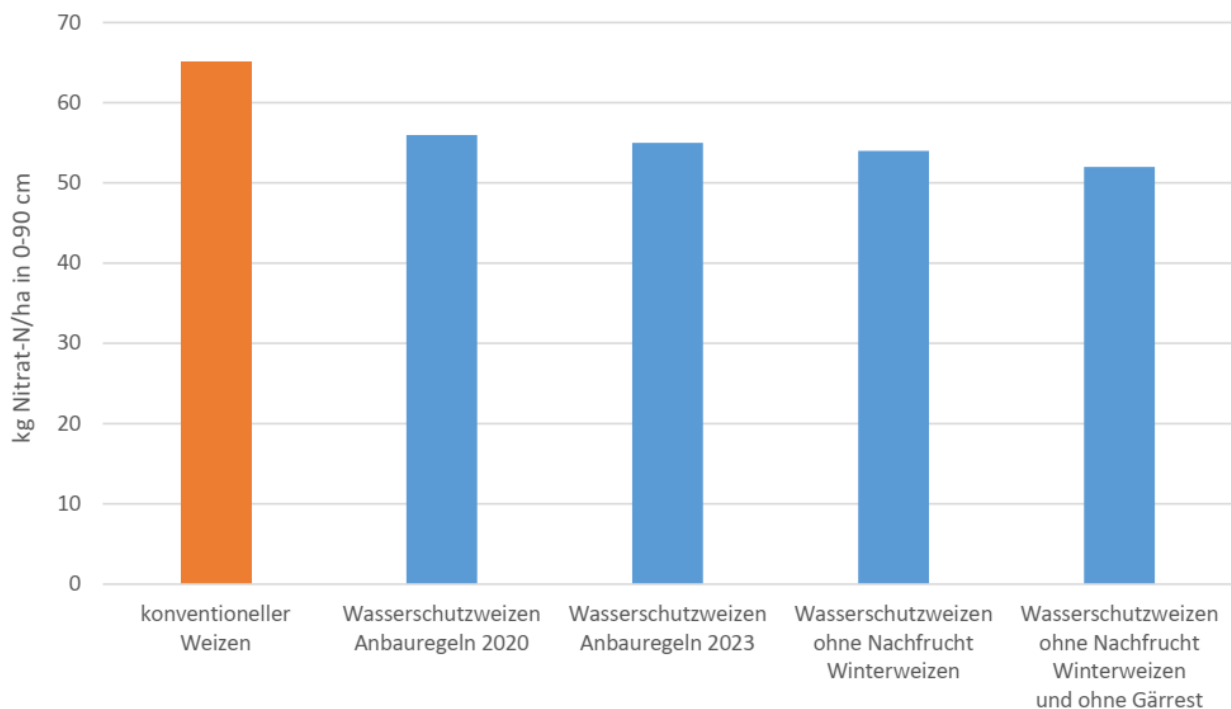


Abbildung 2: Restnitratwerte je nach Anbauregeln im Durchschnitt der Jahre 2020-22

Aufgrund der Projektergebnisse aus 2020 und 2021 wurden die Anbauregeln für das Wirtschaftsjahr 2022/23 wie folgt angepasst:

- Nach der Weizenernte ist eine Winterbegrünung verpflichtend. Sofern keine überwinternde Nachfrucht angebaut wird, muss der Anbau einer leguminosenfreien Zwischenfruchtmischung erfolgen.
- Ein stabilisierter N-Dünger darf nur bei der 1. Düngegabe ausgebracht werden. In diesem Fall muss nach der Weizenernte der Anbau von Winterraps, mehrjährigem Feldfutter oder einer leguminosenfreien Zwischenfruchtmischung erfolgen.

Da diese Anbauregeln im Untersuchungszeitraum 2020-22 noch nicht galten, wurden im zweiten Auswertungsschritt alle Flächen mit Wasserschutzweizen, die diese nicht erfüllten, dem konventionell gedüngten Weizen zugeordnet. Diese Vorgehensweise ermöglichte eine Prognose, wie sich eine Änderung der Anbauregeln auf den zu erwartenden Restnitratgehalt auswirkt. Der Vorteil des Wasserschutzweizens gegenüber konventio-

nell gedüngtem Weizen verbesserte sich dadurch – bezogen auf die arithmetischen Mittelwerte - auf 10 kg N/ha bzw. etwa 13 mg/l (minus 15%) und war hoch signifikant. Bezogen auf die Mediane betrug der Unterschied sogar 15 kg N/ha bzw. etwa 20 mg/l (minus 24%), wie in Tabelle 1 nochmals zusammengefasst:

*Tabelle 1: Verringerung der Mediane der Nitratwerte in Boden und Sickerwasser durch die Anbauvorgaben für Wasserschutzweizen 2022/23*

Nitratgehalt in 0-90 cm Bodentiefe (gemessen)	minus 15 kg N/ha
Nitratgehalt im Sickerwasser (berechnet)	minus 20 mg/l
Abnahme in Prozent	minus 24%

Im dritten Schritt wurden darüber hinaus alle Flächen mit Wasserschutzweizen, auf denen nach der Ernte erneut Winterweizen ausgesät wurde, ebenfalls dem konventionellen Weizen zugeordnet. Dadurch vergrößerte sich der Unterschied der Restnitratwerte auf 13 kg N/ha. Im vierten Schritt wurde überprüft, wie sich ein Verzicht auf Gärrestausrückführung auf die Restnitratwerte ausgewirkt hätte. Der Unterschied stieg weiter auf 15 kg bzw. etwa 20 mg/l.

In Abbildung 2 sind die Mittelwerte für die einzelnen Schritte dargestellt und wie folgt zu interpretieren: Auch wenn die Anbauregeln durch den Ausschluss der Nachfrucht Winterweizen und der Ausbringung von Biogas-Gärrest ergänzt würden, liegt der prognostizierte Restnitratwert für Wasserschutzweizen immer noch über 50 kg N/ha, was unter den Anbaubedingungen der fränkischen Standorte einen Nitratgehalt im Sickerwasser von über 50 mg/l zur Folge hat.

Im Anschluss wurde der gesamte Datensatz einer multiplen Regressionsanalyse unterzogen. Dabei ergaben sich insgesamt hoch signifikante Beziehungen, auch wenn natürlich nur ein Teil der Varianz mit den in den Fragebögen erhobenen Daten erklärt werden konnte. Da der Landwirt die Boden- und Witterungsverhältnisse kurzfristig nicht ändern kann, wurden im Rahmen dieser Untersuchung nur die von ihm beeinflussbaren Faktoren berücksichtigt. Dies waren: Hauptfrucht, Nachfrucht, Höhe, Art und Zeitpunkt der Stickstoffdüngung, Strohbergung, sowie Datum und Tiefe der Stoppelbearbeitung nach der Ernte. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Unabhängig von den Anbauregeln für Wasserschutzweizen war der Einfluss der Nachfrucht höchst signifikant und das Datum der Stoppelbearbeitung signifikant insofern, dass der Restnitratgehalt umso geringer war, je später die Stoppelbearbeitung stattfand. Andere Parameter hatten über die drei Jahre keinen signifikanten Effekt.
2. Der Einsatz stabilisierter Stickstoffdünger führte nur in den Jahren 2020 und 2021 zu einem signifikant höheren Restnitratwert, beim Einsatz organischer Stickstoffdünger war dies nur im Jahr 2021 der Fall. In Abbildung 3 sind die Mittelwerte der drei Jahre je nach Anteil stabilisierter Düngerformen dargestellt. Deren Einsatz führte im

Durchschnitt nur dann zu tendenziell höheren Restnitratgehalten, wenn die gesamte Stickstoffmenge in stabilisierter Form erfolgte. Der Effekt ist aufgrund der hohen Standardabweichungen jedoch nicht signifikant, weil es starke Unterschiede von Landwirt zu Landwirt gab.

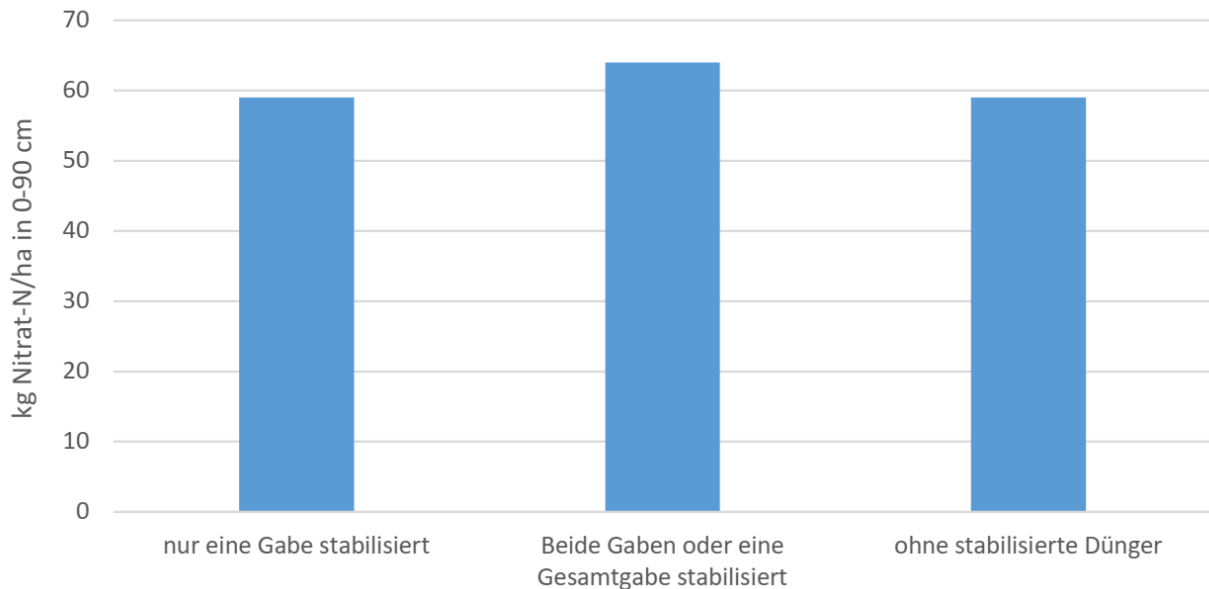


Abbildung 3: Restnitratwerte je nach Düngerart im Durchschnitt der Jahre 2020-22

### Welche Schlussfolgerungen lassen die Untersuchungen zu?

Unter den beschriebenen Bedingungen kann für die Jahre 2020 bis 2022 die klare Aussage getroffen werden, dass schon die Einhaltung der in diesem Zeitraum geltenden Anbauregeln für Wasserschutzweizen zu einem deutlich niedrigerem Boden-Restnitratgehalt im Spätherbst und zu einer entsprechend geringeren Grundwasserbelastung mit Nitrat führt als konventionell angebauter Weizen. Dies gilt insbesondere, weil die an dieser Untersuchung beteiligten Landwirte ihre positiven Erfahrungen durch die Beratung auch dem konventionellen Weizen zu Gute kommen ließen. Das Projekt Wasserschutzweizen führt somit nachweislich auch auf anderen Ackerflächen zu positiven Umweltwirkungen.

Der Nachbau von Zwischenfrüchten ohne weitere Stickstoffdüngung war in allen drei Jahren die effektivste Maßnahme zur Verringerung der Restnitratwerte. In den Jahren 2020 und 2021 traf dies auch für die Nachfrucht Winterraps zu. Nach Winterweizen sollten daher generell leguminosenfreie Zwischenfruchtmischungen angebaut werden. Die anschließende Sommerfrucht sollte in Mulchsaat oder nach möglichst spätem Umbruch der Zwischenfrucht eingesät werden. Unabhängig von einer generellen Einschränkung des Nachbaus von Winterweizen, sollte dies mit den beteiligten Landwirten abgestimmt und in den Anbauregeln verankert werden.

Die Ergebnisse aus diesen drei Jahren erlauben keine pauschale Bewertung stabilisierter Stickstoffdünger. Zwischen den Bewirtschaftern wurden große Unterschiede festgestellt, die nicht mit den erhobenen Daten erklärbar waren. Einige Landwirte erzielten mit stabilisierten N-Düngern niedrige Restnitratgehalte, bei der Mehrzahl waren diese jedoch höher als der Durchschnitt. Die jetzige Regelung sollte daher beibehalten werden, da mit „normalen“ N-Düngern eine vergleichbare Stickstoffeffizienz erreicht wird.

Auch der Einsatz organischer Stickstoffdünger erbrachte keine einheitlichen Ergebnisse. Tendenziell stiegen die Restnitratgehalte bei gleicher Gesamtmenge zwar in der Reihenfolge Mineraldünger - Gülle - Biogas-Gärrest leicht an. Es gab aber auch organisch gedüngte Flächen mit niedrigen Restnitratgehalten. Klar ist, dass die Ausbringung von Gülle oder Biogas-Gärrest zu höheren Restnitratwerten führen kann, wenn es nicht gelingt, das verbliebene und nach und nach zusätzlich freigesetzte Nitrat im Boden zu binden.

In allen drei Jahren lag der Restnitratgehalt auch nach Wasserschutzweizen mit nachfolgender Zwischenfrucht in einem Bereich, der unter den durchschnittlichen Standortbedingungen in Franken zu einem Nitratgehalt über 50 mg/l im neugebildeten Grundwasser führt. Deshalb sollte innerhalb der Fruchtfolge noch intensiver auf eine geringere Nitratauswaschung hingewirkt werden. In Niederbayern stellt sich die Situation aufgrund der höheren Niederschläge und der teilweise höheren Wasserspeicherfähigkeit der Böden günstiger dar.

Die empfohlene Anpassung der Anbauvorgaben sollte baldmöglichst erfolgen, damit sie bereits für die Aussaat 2023 wirksam wird. Eine dritte Untersuchungskampagne im Herbst 2023 in Niederbayern sollte zur Absicherung der Ergebnisse dort und zur Unterstützung der Beratung durchgeführt werden. Eine vertiefte Auswertung unter Einschluss von Witterungsdaten ist ebenfalls zu empfehlen, um die Wirkung der anderen Einflussfaktoren besser absichern zu können. Parallel dazu sind mehrjährige Exaktversuche mit verschiedenen Düngevarianten (mineralisch/organisch und stabilisiert/nicht stabilisiert) auf einem grundwasserfernen Standort wünschenswert.

## **Fazit**

Die Maßnahmen in der Initiative Wasserschutzweizen sind nachweislich geeignet, einen positiven Beitrag zum Grundwasserschutz zu leisten und sollten möglichst umfangreich ausgeweitet werden.

Bayreuth, 04.08.2023 – Dr. Christoph Hartmann