

Woher kommt der Reststickstoff am Ende der Vegetation?

Um eine Nitratbelastung des Grundwassers zu vermeiden, ist jeder Ackerbauer gefordert. Welche Rolle Nacherntmanagement und Zwischenfruchtanbau spielen, erläutert Dr. Matthias Peter, Ingenieurbüro Schnittstelle Boden, Ober-Mörlen.



Über das gesamte Jahr setzt ein Boden Stickstoff aus der organischen Bodensubstanz, Humus genannt, in für die Pflanze verwertbarer Form frei. Das heißt Stickstoff wird im Boden mineralisiert und damit einerseits für die Pflanze verfügbar und andererseits auch ins Grundwasser auswaschbar.

Foto: M. Löbbert

Wie mit einer angepassten optimalen Stickstoffdüngung gute Erträge erzielt und mit Bilanzüberschüssen einhergehende Grundwasserbelastungen vermieden werden können, wurde in zwei Beiträgen zur Düngung in den Ausgaben Nr. 9 und Nr. 15 der Bauernzeitung dargestellt. Eine optimale und nicht zu hohe Stickstoffdüngung ist aus der Sicht des Grundwasserschutzes nur ein Teilaspekt. Trotz einer optimalen N-Düngung kann das Grundwasser durch die ackerbauliche Nutzung massiv belastet werden.

Nitratbelastungen trotz optimaler N-Düngung?

Die optimale N-Düngung sorgt im Idealfall dafür, dass zur Ernte der Hauptfrucht im Sommer



Die Stickstoff-Mineralisationsspitze im Herbst ist umso höher, je fruchtbarer ein Boden ist und je regelmäßiger er organisch gedüngt wird.

Foto: M. Löbbert

(Getreide und Raps) bzw. Herbst (Mais, Hackfrüchte) keine großen Stickstoffmengen mehr im Boden übrig sind. Entscheidend für eine mögliche Nitratauswaschung in das Grundwasser ist aber nicht der Nitrat-Stickstoff, der nach der Ernte im Boden vorhanden ist, sondern die Stickstoffmenge, die zum Ende der Vegetation und am Anfang der Sickerperiode - i. d. R. im November - im Boden vorhanden ist. Diese wird allgemein auch als „Reststickstoff“ zu Vegetationsende bezeichnet und über Winter höchstwahrscheinlich ausgewaschen. Und der Reststickstoff ist nicht die Stickstoffmenge, die von einer zu hohen Düngung übrig geblieben ist.

Neben einer bedarfsgerechten Düngung der Hauptfrucht ist das Nacherntmanagement entscheidend. Die Aktivitäten/Maßnahmen auf dem Acker zwischen der Ernte und dem Vegetationsende im November/Dezember bestimmen maßgeblich, ob der „Reststickstoffwert“ im Boden zu Vegetationsende hoch oder niedrig ist und somit das Grundwasser belastet wird oder nicht.

Was macht nun der Reststickstoffwert am Ende der Vegetationsperiode aus? Wie kommt es ggf. zu hohen Gehalten obwohl optimal gedüngt und gut geerntet wurde, der Boden also „leer“ sein müsste?

Wie immer im Ackerbau sind hierfür viele Faktoren verantwortlich. Die wichtigsten werden im Folgenden näher betrachten:

■ Die Stickstoffmineralisation im Boden

Über das gesamte Jahr setzt ein Boden Stickstoff aus der organischen Bodensubstanz, Humus genannt, in für die Pflanze verwertbarer Form frei.

Das heißt Stickstoff wird im Boden mineralisiert und damit einerseits für die Pflanze verfügbar und andererseits auch ins Grundwasser auswaschbar. Die Höhe der Stickstoffmineralisation wird vor allem durch die Temperatur, die Bodenfeuchte und den Sauerstoffgehalt des Bodens bestimmt. Eine hohe Mineralisationsrate wird erreicht, wenn es warm ist, genug Bodenfeuchte vorhanden aber die Grobporen des Bodens mit Luft gefüllt sind, so dass genug Sauerstoff vorhanden ist. Da diese Faktoren nicht über das ganze Jahr optimal sind, hat die N-Mineralisation im Boden einen typischen Jahresverlauf, den Abbildung 1 zeigt.

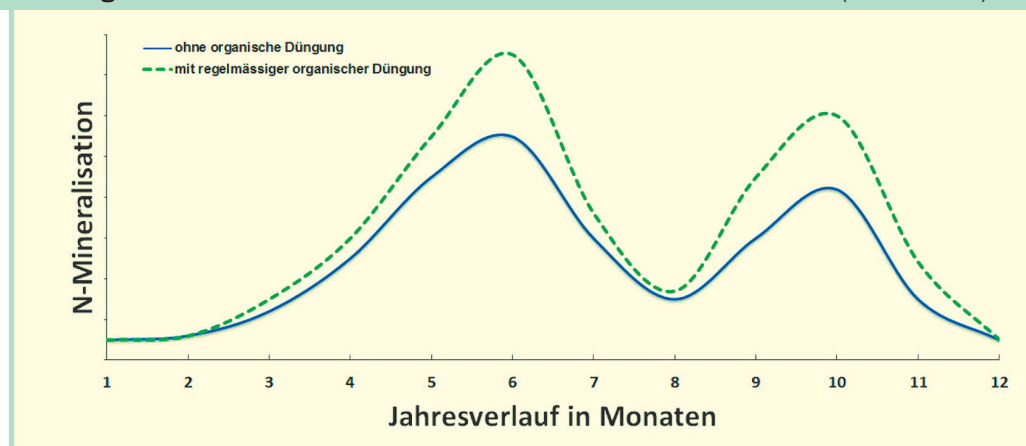
Über Winter ist der Boden i. d. R. zu kalt und auch oft zu nass, so dass weniger Sauerstoff im Boden vorhanden ist - die Mineralisationsrate ist gering. Mit zunehmender Temperatur im Frühjahr verringert sich die Bodenfeuchte, der Sauerstoffgehalt im Boden nimmt zu und die Mineralisationsrate erreicht im späten Frühjahr/beginnenden



Durch Bodenbearbeitung wird die N-Mineralisierung angeregt.

Foto: Pixabay

Abbildung 1: Jahresverlauf der natürlichen Stickstoffmineralisation im Boden (schematisch)



Frühsommer ihre erste Spitze. Im Hochsommer ist es zu trocken, die Mineralisierung geht deutlich zurück, um im Herbst bei Wiederbefeuchtung und noch warmem Boden eine zweite Spitze zu erreichen.

Während der frei gewordene Stickstoff aus der ersten Mineralisationsspitze im späten Frühjahr im Normalfall von den wachsenden Hauptfrüchten aufgenommen und verwertet wird, fehlt die N-Verwertung für die zweite Mineralisationsspitze im Herbst oft, weil keine ausreichende Pflanzendecke vorhanden ist.

Die Stickstoff-Mineralisationsspitze im Herbst ist umso höher, je fruchtbarer ein Boden ist und je regelmäßiger er organisch gedüngt wird. Die zweite grün gestrichelte Linie in der Abbildung 1 verdeutlicht, dass das Mineralisierungsniveau bei regelmäßiger organischer Düngung höher ist als auf Flächen ohne organische Düngung.

■ Bodenbearbeitung regt die N-Mineralisierung an

Eine Bodenbearbeitung im Herbst bei guter Befahrbarkeit durchlüftet den bearbeiteten Bodenraum und führt so dem Boden Sauerstoff zu. Ist es warm und feucht genug, ergibt sich ein regelrechter Mineralisierungsschub. Am deutlichsten wird dies beim Kartoffelroden. Die Rodetechnik nimmt den Boden auf, siebt und durchlüftet ihn intensiv, so dass nach Kartoffeln meist ein sehr hoher Reststickstoffwert gemessen wird.

Die Kartoffelernte ist hierfür ein Extrembeispiel. Aber auch nach Körnererbsen setzt die Bodenbearbeitung Stickstoff frei, wie die Abbildung 2 verdeutlicht. Wird nach der Ernte (Anfang August) ein N_{min} -Wert von 25 kg N/ha gemessen, so zeigt sich bei der Beprobung des „Reststickstoffs“ Ende November, dass der N_{min} -Wert ohne Bodenbearbeitung und nach einmaligem Grubbern annähernd gleich geblieben ist. Wird in diesem Zeitraum häufiger gegrubbert, so kann der N_{min} -Wert unter günstigen Mineralisierungsbedingungen durch die Boden-

bearbeitung im Herbst bis über 100 kg N/ha ansteigen.

■ N-reiche Ernterückstände fördern hohe Reststickstoffgehalte

Früchte, die stickstoffreiche Ernterückstände hinterlassen, führen ebenfalls zu hohen Reststickstoffgehalten und einem erhöhten Belastungsrisiko für das Grundwasser. Dies betrifft die Körnerleguminosen Erbsen, Ackerbohnen und Lupine, die durch ihre Knöllchenbakterien den Luftstickstoff in den Boden holen und hiervon nicht alles verwerten, sondern in den Pflanzenresten und den absterbenden Knöllchen der Mineralisation überlassen. Sojabohnen sind im Anbau noch nicht so weit verbreitet, scheinen aber geringere Reststickstoffgehalte als die zuvor genannten Früchte zu hinterlassen. Weiterhin hinterlässt auch der Körnererbsen viel Stickstoff, der im Herbst mineralisiert werden kann.

■ N-Düngung im Herbst erhöht das Risiko der Nitratauswaschung

Wird Stickstoff im Herbst mit mineralischen oder organischen Düngern gedüngt, sind hohe bis sehr hohe Reststickstoffgehalte und damit eine Grundwassergefährdung zu erwarten. Das gilt insbesondere dann, wenn mit der Düngung keine Anbaufrucht etabliert wird, die den gedüngten Stickstoff und den im Herbst mineralisierten Stickstoff restlos aufnehmen kann.

■ Späte Düngergaben und Trockenphasen während des Wachstums der Hauptfrucht

Zusätzlich werden Reststickstoffgehalte zum Teil sehr deutlich erhöht durch:

- Späte Qualitätsdüngergaben, die auf Grund der Abreife der Früchte und/oder Trockenheit nicht oder nur teilweise von der Anbaufrucht ausgenutzt wurden.

- Späte Gülle- oder Stallmist-Kopfdüngergaben, deren Stickstoffangebot in der kurzen Zeit bis zur Abreife der Anbaufrucht nicht mehr verfügbar werden konnte und erst im Herbst freigesetzt wird.



Körnererbsen hinterlässt in den Ernterückständen viel Stickstoff, der im Herbst mineralisiert werden kann.

Foto: Archiv

- Lange Trockenphasen im späten Frühjahr/Frühsommer, die die erste Mineralisierungsspitze (siehe Abbildung 1) quasi ausfallen lassen, so dass die Mineralisierungsspitze im Herbst deutlich höher ausfällt.

Kurz gefasst

Die nachfolgenden Faktoren bestimmen im Zeitraum zwischen Ernte und Vegetationsende wesentlich die Menge des frei werdenden Stickstoffs:

- Im Herbst wird im Boden durch Mineralisation oft eine große Menge an Stickstoff freigesetzt.

- Je fruchtbarer ein Boden ist und je regelmäßiger er organisch gedüngt wird, desto höher fällt die Mineralisationsspitze aus.

- Bodenbearbeitung regt die Mineralisierung an.

- Stickstoffreiche Ernterückstände von Körnererbsen und Körnerleguminosen werden im Herbst schnell mineralisiert.

- Eine N-Düngung nach der Ernte (mineralisch oder organisch) führt zu hohen Reststickstoffgehalten und einer Grundwasserbelastung, wenn keine Frucht mit hoher Herbst-N-Aufnahme folgt.

- Düngergaben zur Hauptfrucht, deren Stickstoff nicht oder nur sehr ineffizient von der Pflanze genutzt werden können: Qualitätsdüngung, späte Gülle-Kopfdüngung, späte Stallmist-Kopfdüngung.

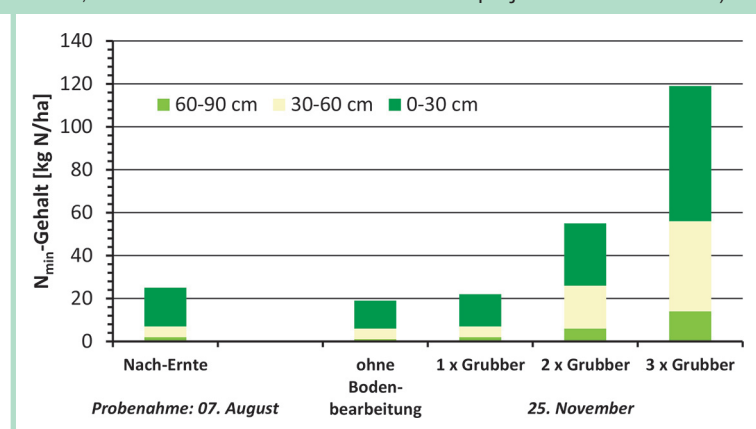
Im zweiten nachfolgenden Teil des Beitrags wird aufgezeigt, mit welchem Nacherntemanagement es gelingt, den Reststickstoff zu Vegetationsende gering zu halten. □



Die Maßnahmen auf dem Acker zwischen der Ernte und dem Vegetationsende bestimmen maßgeblich den „Reststickstoffwert“ im Boden.

Foto: Pixabay

Abbildung 2: Einfluss der Bodenbearbeitung nach der Rapsernte auf die Herbst- N_{min} -Gehalte (ohne die eigentliche Saatbettbereitung zu Winterweizen; Demonstrationsfläche Wasserschutzprojekt in Mittelhessen)



Die Kunst, den Reststickstoff niedrig zu halten

Wie im ersten Teil beschrieben, führen zahlreiche natürliche Prozesse im Boden und auch diverse Bewirtschaftungsmaßnahmen und -fehler oft zu hohen Reststickstoffgehalten im Spätherbst und daher mit hoher Wahrscheinlichkeit zu Nitratauswaschungen über Winter in das Grundwasser. Nachfolgend wird erläutert, wie es gelingt, den Reststickstoff zum Ende der Vegetation niedrig zu halten.



Wo der Ackerbau zunehmend zum N-Management wird, nehmen gezielt eingesetzte Zwischenfrüchte eine Schlüsselrolle ein. Dabei ist Fingerspitzengefühl gefragt. Im Bild: Einarbeitung einer Phacelia/Ramtil-Zwischenfrucht vor der Winterweizenbestellung.

Foto: Lena Bolle

Der erste Schritt, etwas gegen hohe Reststickstoffgehalte am Ende der Vegetationszeit zu tun, ist sich über die Gründe für hohe Reststickstoffgehalte klar zu werden und damit in der Lage zu sein, die möglichen Grundwasserrisiken auf den eigenen Flächen einzuschätzen. Diese Zusammenhänge wurden im ersten Teil dieses Beitrags dargestellt.

Im Folgenden wird erläutert, wie mit einem geschickten Nacherntmanagement der Reststickstoffgehalt im Boden zu Vegetationsende niedrig gehalten werden kann, damit Düngerstickstoff für die nächste Hauptfrucht im Boden verbleibt und

deutlich weniger Nitrat in das Grundwasser ausgewaschen wird.

Zwischenfrüchte

Nacherntmanagement ist anders ausgedrückt das Puffern der natürlichen Bodennachlieferung, aber auch das Abfangen von Bewirtschaftungs-/Düngefehlern und das Vermindern von unproduktiver Stickstofffreisetzung.

Nacherntmanagement = schnelle effiziente Begrünung nach der Ernte

Das wichtigste Werkzeug im Nacherntmanagement ist der Anbau von Zwischenfrüchten. Grundsätzlich muss aus Sicht des Grundwasserschutzes und der Bodennachlieferung jede Ackerfläche vor jeder Sommerfrucht mit einer Zwischenfrucht begrünt werden. Hierbei ist es nebensächlich, ob die Zwischenfrucht als Reinsaat oder im Gemenge angebaut wird, ob sie als Futter oder für die Biogasanlage genutzt oder als Gründüngung auf der Fläche verbleibt und eingearbeitet wird.

Sobald die Zeit dafür ausreicht (mindestens 6 Wochen) sollte auch eine Sommerzwischenfrucht vor Winterweizen

gestellt werden, um den hier frei werdenden Stickstoff zu binden, weil der Weizen als Winterfrucht mit sehr geringer N-Aufnahme im Herbst es nicht schafft.

Wichtig beim Zwischenfruchtanbau sind vor allem folgende Punkte:

- Frühe und hauptfruchtmäßige Ansaat mit dem Willen, einen leistungsfähigen Pflanzenbestand zu etablieren - wie bei einer Hauptfrucht eben auch.

- Düngung nur bei optimalen Saatbedingungen und früher Saat sowie der Sicherheit, einen aufnahmefähigen Bestand zu etablieren.

- Bei den Saatmengen an die Obergrenzen gehen. Kommerziell angebotene Gemenge sind in den angegebenen Saatmengen oft zu knapp bemessen, die Saatmenge hier ggf. um ca. 25 - 30 % erhöhen.

- Den besten Job aus Sicht des Grundwasserschutzes machen Senf-Reinsaaten (Saatmenge 20 - 25 kg/ha, bei früher Saat auf blühfeste Sorten achten, nicht in Raps-Fruchtfolgen anbauen, spätsaatverträglich) oder Phacelia-Reinsaaten (Saatmenge 12 - 15 kg/ha und nicht in Kartoffel-Fruchtfolgen).

- Zwischenfrüchte bis ins kommende Jahr auf den Flächen belassen - in den letzten Jahren hatten die Zwischenfrüchte die größten Zuwächse oft erst im November und Dezember.

- Ramtill und Buchweizen erfrieren bereits bei 0 °C und reißen damit bereits im Oktober große Lücken in die Zwischenfruchtbestände. Sie haben in einer Winterzwischenfrucht aus diesem Grund nichts zu suchen. Sie eignen



Sobald die Zeit dafür ausreicht, sollte auch eine Sommerzwischenfrucht vor Winterweizen gestellt werden, um frei werdenden Stickstoff zu binden.

Foto: Archiv

sich hervorragend als Sommerzwischenfrucht z. B. vor Winterweizen. Auch als Gemengepartner sollten die beiden Arten nicht mehr als 10 % einnehmen.

■ Zwischenfrüchte aus oder mit Leguminosen keinesfalls vor Ende Januar mulchen oder einarbeiten.

Und kein Praktiker sollte jetzt sagen, dass die Zwischenfrucht wegen Trockenheit oft nicht gelingt und deswegen gar nicht erst in den Boden gebracht wird. Fakt ist, wenn die Zwischenfrucht nicht ausgesät wird, gelingt sie in jedem Fall nicht. Und eine möglichst kurz nach der Ernte der Hauptfrucht angesäte Zwischenfrucht gelingt fast immer - jedenfalls viel öfter als man denkt.

Die Phacelia (auf dem Foto unten mit Rauhafer im Gemenge) tut übrigens nicht nur dem Grundwasser gut, sondern hilft bei früher Saat zudem, dass Image der Landwirtschaft in der Bevölkerung zu verbessern. Ackerbauern sollten einmal testen, was im Herbst noch alles zum Blühen gebracht werden kann, wenn die Fläche dann noch an einem Spazier- oder Radweg liegt, hat man alles richtig gemacht.

Wird nach Körnerleguminosen oder Körnerapps Winterweizen angebaut, dann in jedem Fall eine Zwischenbegrünung etablieren:

■ Ausfallraps bis kurz vor die Winterweizenbestellung aufwachsen lassen und erst dann beseitigen.

Wer jetzt anführt, dass Rapskrankheiten dadurch gefördert werden, der muss sich Folgendes entgegenhalten lassen: wenn der Raps nur alle 6 Jahre in der Fruchtfolge steht, wie es aus phytosanitären Gründen nötig ist, bereitet der Ausfallraps keine Probleme. Steht der Raps jedoch alle 3 oder 4 Jahre auf der selben Fläche, rettet ihn die konsequente Bekämpfung des Ausfallrapses auch nicht.

■ Bei der Stoppelbearbeitung nach Körnerleguminosen Ramtill mit aussäen, um mit Ausfallpflanzen und Ramtill gemeinsam eine Zwischenbegrünung bis kurz vor der Weizenaussaat zu etablieren.

Bodenbearbeitung, Fruchtfolge und Düngung

Nacherntmanagement = möglichst wenig und möglichst flache Bodenbearbeitung

Die Bodenbearbeitung im Herbst sollte so flach wie möglich und so selten wie möglich erfolgen, um zusätzliche Stickstoffmineralisierung zu vermeiden. Dies gilt vor allem nach Früchten, die viel Stickstoff hinterlassen wie z. B. Körnerapps und Körnerleguminosen.

Unkrautkuren im ökologischen Landbau sollte man nach sehr früh räumenden Hauptfrüchten durchführen, damit nach der mehrfachen Bodenbearbeitung noch Zeit genug bleibt, eine Zwischenfrucht anzubauen, die den freigebliebenen Stickstoff aufnehmen kann.

Nacherntmanagement = Fruchtfolge so stellen, dass Stickstoffzehrer nach Früchten stehen, die viel Stickstoff hinterlassen

Nacherntmanagement heißt auch, die Fruchtfolge zu überdenken. Erwartet man nach den anfangs aufgeführten Kriterien hohe Reststickstoffgehalte, dann darf aus Wasserschutzgründen und zum effizienten Stickstoffeinsatz kein Winterweizen folgen, weil dieser im Herbst selbst bei Frühsaat nur noch wenig Stickstoff aufnehmen kann. Ausnahme: wenn genügend Zeit für eine Sommerzwischenfrucht vor dem Weizen vorhanden ist, lässt sich der Weizen ohne Probleme in eine grundwasserschonende Fruchtfolge einpassen. Ansonsten sollten Früchte mit hohem herbstlichen N-Bedarf angebaut werden: Zwischenfrüchte und nachfolgende Sommerfrucht (auch Sommerweizen gerade in engen Winterfruchtfolgen), Körnerapps, Wintergerste.

Nacherntmanagement = Herbstdüngung nur bei Bedarf und guter N-Verwertung

Zu einem guten Nacherntmanagement gehört auch die genaue Planung und Einschätzung, wo im Herbst gedüngt wird und wo nicht. Hier sollte grundsätzlich nicht danach vorgegangen werden, dass überall dort gedüngt wird, wo eine Herbstdü-



Einarbeitung des aufgewachsenen Ausfallraps kurz vor der Weizenbestellung.

Foto: Dr. M. Peter

gung nach Düngeverordnung erlaubt ist. Sondern, dass nur dort gedüngt wird, wo der Stickstoff tatsächlich im Herbst noch effizient verwertet werden kann.

Im Herbst gedüngt werden kann auch aus Sicht des Wasserschutzes

■ die Zwischenfrucht, wenn keine erhöhten N_{min} -Werte zu erwarten sind bzw. gemessen worden sind,

■ der Körnerapps, wenn keine erhöhten N_{min} -Werte zu erwarten sind bzw. gemessen worden sind,

■ das Feldgras, welches noch im gleichen Jahr geschnitten werden soll.

Nicht im Herbst gedüngt werden dürfen aus der Sicht des Wasserschutzes:

■ Untersaat-Zwischenfrüchte nach Mais,

■ Wintergerste - sie verwertet den Stickstoff im Herbst nicht gut genug und ist mit dem was der Boden i. d. R. liefert gut versorgt,

■ spät oder extensiv bestellte Zwischenfrüchte,

■ Festmist oder Kompost nach Körnerleguminosen oder Körnerapps vor Weizen, Roggen Triticale

Zusammenfassung

Kurz gefasst, sind folgende Punkte beim Nacherntmanagement zu beachten, um den „Reststickstoff“ im Boden (N_{min}) niedrig zu halten:

■ Jede Ackerfläche nach der Ernte sofort wieder mit Zwischen- oder Winterfrüchten begrünen.

■ Nach Körnerleguminosen und Raps mit nachfolgendem Winterweizen Zwischenbegrünung aus Ausfallpflanzen ggf. mit zusätzlicher Einsaat von Ramtill bis kurz vor die Weizenaussaat etablieren.

■ Möglichst wenige und flache Bodenbearbeitungsgänge im Herbst, um wenig Stickstoff freizusetzen.

■ Unkrautkuren im Ökologischen Landbau früh beginnen, damit danach noch eine Zwischenfrucht zur Abschöpfung des freigesetzten Stickstoffs angebaut werden kann.

■ Ist ein hoher Reststickstoffwert zu erwarten, dann Pflanzen anbauen, die im Herbst noch nennenswerte Stickstoffmengen aufnehmen können: Zwischenfrüchte, Körnerapps, bedingt auch Wintergerste und diese keinesfalls düngen.

■ Herbstdüngung nicht grundsätzlich überall dort, wo es erlaubt ist, sondern nur dort, wo sie effizient verwertet werden kann.

Wer die aufgezeigten Bausteine bei der Bewirtschaftung seiner Flächen beachtet oder beginnt, sie konsequent in die Bewirtschaftung einzubauen, der wird sehen, dass es sich lohnt. **Dr. Matthias Peter**



Das wichtigste Werkzeug im Nacherntmanagement ist der Anbau von Zwischenfrüchten. Früh gesäte Phacelia ist gut für das Grundwasser und die Insekten. Außerdem gefallen solche Flächen den Spaziergängern und Radfahrern.

Fotos: Dr. M. Peter, Pixabay