

# Wieviel Stickstoff hinterlassen Zwischenfrüchte?

Von R. Gutser und K. Vilsmeier, Weihenstephan

*Zwischenfrüchte können – unterschiedlich gut – die Nitratauswaschung vermindern. Aber es ist nicht einfach, ihre Stickstoffwirkung für die Düngung der Folgefrucht genau zu bestimmen.*

Neben Futterproduktion und Auflockerung enger Fruchtfolgen kann der Zwischenfruchtanbau weitere wichtige Aufgaben in einer umweltgerechten Landwirtschaft übernehmen: Er gilt als eine sehr wirkungsvolle pflanzenbauliche Maßnahme zur Verminderung von Bodenerosion und Nitratauswaschung in der vegetationsfreien Jahreszeit. Aus jetzt sechsjährigen Ergebnissen eines Weihenstephaner Versuches ist zu entnehmen, daß z. B. auf Parzellen mit Gülledüngung

(50 bis 60 m<sup>3</sup> Rindergülle/ha jedes zweite Jahr mit optimaler mineralischer Ergänzungsdüngung) durch Zwischenfruchtanbau die Nitratauswaschung beachtlich vermindert werden kann, und zwar unter das Niveau von optimaler Minereraldüngung bzw. „ohne N“ ohne Zwischenfrucht (Übersicht 1).

Die Verminderung der Nitratauswaschung ist sowohl auf den Wasserverbrauch der Zwischenfrüchte während der Wachstumszeit (geringerer Sickerwasseranfall) als auch die höhere N-Aufnahme (geringere Nitratgehalte des Sickerwassers) zurückzuführen. Je nach Art der Zwischenfrucht, den allgemeinen Wachstumsbedingungen (Bodenbearbeitung, Saattermin, Witterung) und dem N-Angebot (Düngerrest der Vorfrucht, unmittelbare N-Düngung der Zwischenfrucht z. B. mit Gülle, Freisetzung von Boden-N) wird ein sehr unter-

schiedlicher Massenaufwuchs erzielt, in dem Mengen von 50 bis 240 kg N/ha biologisch festgelegt werden (Übersicht 2). Grundsätzlich gilt: Je kürzer die Wachstumszeit, d. h. je später die Aussaat, desto niedriger liegt die N-Aufnahme der Pflanzen.

Mit dem N-Entzug der Pflanzen ist stets eine Abnahme des leichtlöslichen und damit pflanzenverfügbaren Stickstoffs im Boden verbunden. N<sub>min</sub>-Untersuchungen im Oktober und November belegen: Der Nitratstickstoffgehalt im durchwurzelten Bodenprofil nach Zwischenfruchtanbau geht deutlich zurück.

Je enger das C/N-Verhältnis des Pflanzenmaterials, d. h. je besser der N-Ernährungszustand und damit die N-Versorgung der Pflanzen (z. B. durch Düngung der Zwischenfrucht, N-Bindung durch Leguminosen), um so mehr Nitrat bleibt im Boden zurück (Übersicht 3). In vielen Untersuchungen wurde belegt, daß der Anbau von Cruciferen (Raps, Rübsen, Senf, Ölrettich) eine besonders deutliche Entleerung des Bodens an N<sub>min</sub>-Stickstoff bewirkt.

Mit dem Gelingen eines guten Zwischenfruchtaufwuchses ist der erste Schritt der Konservierung des im Herbst im Boden vorhandenen auswaschungsgefährdeten Nitratstickstoffs erreicht. Nun interessieren zwei wichtige Folgeschritte:

Wie läßt sich der in Zwischenfrüchten enthaltene Stickstoff

1. während des Winters am besten im Boden konservieren?  
und schließlich
2. in der Düngerbemessung zur Folgefrucht berücksichtigen?

## Späte Einarbeitung – geringere Auswaschung

Der in Pflanzen in organischer Bindung enthaltene Stickstoff ist erst nach Mineralisation und erfolgter Nitrifikation (Nitratbildung) auswaschungsgefährdet. Diese biologischen Vorgänge sind sehr wesentlich von der Bodentemperatur abhängig: Sie laufen um so langsamer ab, je kälter es ist, und kommen so etwa ab 3° bis 0° C praktisch zum Erliegen. Aus dieser Tatsache lassen sich für die Konservierung von Zwischenfrucht-N im Boden folgende Grundregeln ableiten:

Je später die Gründüngung im Herbst eingearbeitet wird, um so langsamer verläuft die N-Freisetzung, und um so geringer ist



Abb. 1: Zwischenfrüchte sollten im Herbst möglichst spät eingearbeitet werden. Noch besser zu beurteilen ist die Einarbeitung im Frühjahr.

Aufnahme: Schiffer

### Übersicht 1: N-Auswaschung und -Entzug im Weihenstephaner Lysimeter 1983 bis 1988, kg N/ha

N-Düngung	Auswaschung	Entzug (Körner, Rüben)
ohne N	224	277
Mineraldüngung (optimal)	221	551
Kombinationen: Gülle/Mineraldüngung	259	535
Gülle/Mineraldüngung + Zwischenfrucht	174	529
GD 5%	13	19

die Auswaschungsgefahr. Besonders günstig ist folglich das Überwintern der Zwischenfrüchte mit Einarbeitung im Frühjahr zu beurteilen: niedrige Temperaturen und

### Übersicht 2: N-Entzug von Zwischenfrüchten (Sproß)

	(kg N/ha)
Raps, Rübsen, Senf	60-120
Phacelia	60-140
Weidelgras	50-100
Leguminosen (z. B. Erbsen/Wicken)	120-240
niedrige Werte: schwacher Aufwuchs, hellgrüne Pflanzen	
hohe Werte: kräftiger Aufwuchs, dunkelgrüne Pflanzen	

geringe biologische Aktivität an der Bodenoberfläche, längere Wachstumszeit bei günstiger Witterung.

Diese Aussagen lassen sich durch einen Feldversuch in Weihenstephan belegen (Abb. 2, S. 68): Raps- und insbesondere Leguminosenzwischenfrucht führten nach Einarbeitung im November zu einem starken Anstieg der Nitratgehalte im Boden. Ab Februar setzte in Verbindung mit der Schneeschmelze und stärkeren Niederschlägen eine erhebliche Nitratverlagerung aus dem durchwurzelten Bodenprofil ein. Nach Überwinterung und Einarbeitung der Zwischenfrucht im Frühjahr war der Umsatz des Pflanzenmaterials während der vegetationsfreien Zeit merklich verzögert; in der Variante Raps lagen die  $N_{min}$ -Mengen

stets deutlich unter dem Kontrollwert (z. T. durch höhere N-Aufnahme der Pflanzen, z. T. durch Immobilisierung von Bodennitrostoff).

Nach Einarbeitung im Frühjahr wurde der Zwischenfrucht-N durch die Folgefrucht Hafer demzufolge besser verwertet als nach Herbstearbeitung. Dieses Ergebnis dürfte besonders für auswaschungsgefährdete Standorte von Bedeutung sein. Auf schweren Böden bereitet allerdings eine sachgerechte Einarbeitung der überwinternden

### Übersicht 3: N-Gehalt der Zwischenfrucht und Nitratmengen im Bodenprofil

Tiefgründige Braunerde - Weihenstephan  
Zeitpunkt: Ende November (kg N/ha 90 cm)

Zwischenfrucht	C/N-Verhältnis im Pflanzenmaterial	Nitratstickstoff im durchwurzelten Boden
ohne		
Zwischenfrucht	—	30-70
Raps	23	13
Weidelgras	29	16
	23	18
Phacelia	15	44
Erbsen/Wicken	17	53

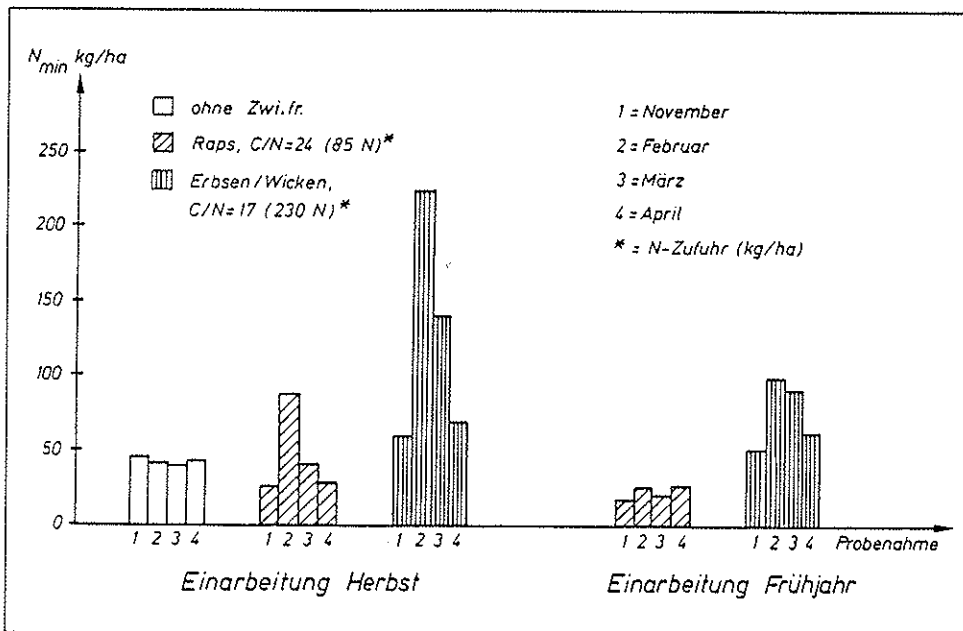


Abb. 2: N<sub>min</sub>-Stickstoff im Boden in Abhängigkeit vom Einarbeitungszeitpunkt der Zwischenfrucht (kg N/ha, 90 cm Tiefe).

Gründungspflanzen Probleme. Sie sollten sich aber durch neuere Saattechniken (z. B. Mulchsaat) lösen lassen.

**Nachlieferung schwierig abzuschätzen**

Erfahrungsgemäß ist es schwierig, die N-Nachlieferungsrate aus der Zwischenfrucht für eine optimale Düngung der Folgefrucht abzuschätzen. Höhe und zeitlicher Ablauf der N-Freisetzung aus der Gründüngung sind nicht nur vom Standort (Witterung im Winter und Frühjahr, Bodenart), sondern auch wesentlich von der Zusammensetzung des Pflanzenmaterials abhängig. So zeigte z. B. eine Rapsgründüngung mit weitem C/N-Verhältnis (Aufwuchs z. T. unter N-Mangel) keine, eine solche mit engem C/N-Verhältnis (hohes N-Angebot) aber eine sehr gute Stickstoffwirkung zur Folgefrucht (Übersicht 4). Das kritische C/N-Verhältnis der Gründüngungspflanzen, ab dem mit einer Nettofreisetzung (beim Abbau von Pflanzenmaterial laufen stets Freisetzungs- und Festlegungsvorgänge nebeneinander ab) an Stickstoff im Folgejahr zu rechnen ist, liegt bei etwa 25 (vgl. Übersicht 3). Pflanzenmaterial mit weiterem C/N-

Verhältnis (Extremfall Stroh) führt zu einer N-Festlegung.

Deshalb sollte für die Beurteilung der Nachwirkung einer Gründüngung neben der Aufwuchsmenge auch der N-Ernährungszustand der Pflanzen (gelbe bis dunkelgrüne Blattfarbe) abgeschätzt werden. In unseren Feldversuchen auf tiefgründigen Braunerden wurden auf Grund der Mehrentzüge der Folgefrucht Hafer für verschiedene Zwischenfrüchte nach Herbst- und Frühjahrseinarbeitung Frei-

**Übersicht 4: Nachwirkung der Gründüngung**

C/N-Verhältnis verschiedener Raps-Gründüngung und N-Wirkung zu den Folgefrüchten Hafer und Weidelgras im Gefäßversuch. Ein niedriges C/N-Verhältnis (hohes N-Angebot) wirkt sich auch in der Folgefrucht aus.

C/N-Verhältnis	Mehrentzug (mg N/Gef.)
29	3
17	329
12	412
7	894

**Übersicht 5: N-Freisetzung aus Gründüngung in Prozent der zugeführten N-Menge**

Art	Gründüngung		N-Freisetzung (% d. Zufuhr)	
	C/N	N-Zufuhr kg/ha	Einarbeitung Herbst	Einarbeitung Frühjahr
Weidelgras	29	47	28	47
	23	90	37	51
Raps	23	84	26	39
Phacelia	23	113	39	31
	15	203	31	30
Erbsen/Wicken	17	231	27	35

setzungsraten von 26–51 Prozent des im oberirdischen Aufwuchs enthaltenen Stickstoffs ermittelt (Übersicht 5).

**Richtwerte**

Die Höhe der Nettofreisetzung hängt sehr eng mit dem C/N-Verhältnis und der N-Zufuhr durch die Gründüngung zusammen. Die mittlere N-Verwertung durch die Folgefrucht betrug nach Herbstseinarbeitung 31 Prozent, nach Frühjahrseinarbeitung 39 Prozent. Im Mittel kann für die Bemessung der N-Nachlieferung aus Zwischenfrüchten für die Folgefrucht von folgenden Richtwerten ausgegangen werden (siehe auch Übersicht 2):

- sehr gut ernährte Zwischenfrüchte, Leguminosen: 30–40 Prozent
- mittelgut ernährte Zwischenfrüchte: 20 Prozent
- schwach ernährte Zwischenfrüchte: 0 Prozent

der N-Menge in den Zwischenfrüchten. Je nach Winterwitterung und Auswaschungsgefährdung des Standortes müssen für Herbstseinarbeitung Abschläge von 0 bis 10 Prozent vorgenommen werden. Verständlicherweise setzt die N-Anlieferung aus im Herbst eingearbeiteter Zwischenfrucht früher ein als nach Frühjahrseinarbeitung; entsprechend ist der Anteil der Gründüngung entweder bereits in der ersten oder erst in späteren Düngungsmaßnahmen zur Folgekultur zu berücksichtigen.

Durch N<sub>min</sub>-Untersuchungen der Böden zu Vegetationsbeginn wird bestenfalls nach Herbstseinarbeitung bereits Zwischenfrucht-N mit erfaßt, insbesondere nach milder Winterwitterung. Im Frühjahr eingebrachte Gründüngung ist zu Vegetationsbeginn noch nicht mineralisiert. Auch sind sämtliche Methoden zur Ermittlung des N-Nachlieferungspotentials der Böden nach unserer Ansicht derzeit noch zu ungenau, um die aus der Zwischenfrucht zu erwartende N-Anlieferung auch nur annäherungsweise richtig zu erfassen.

Das Anlegen von **Düngefenstern** (Kleinpärzellen mit N-Steigerung; Beobachtung der Reaktion der Pflanzen) könnte allerdings dazu beitragen, die N-Freisetzung für den jeweiligen Schlag zumindest annäherungsweise zu erfassen und demzufolge die N-Düngung zu optimieren.

Zusammenfassend können wir also feststellen: Einerseits kann mit Hilfe des Zwischenfruchtanbaues die Nitratauswaschung während der vegetationsfreien Jahreszeit sehr wohl vermindert werden, andererseits ist es aber schwierig, die aus der Zwischenfrucht zu erwartende N-Lieferung für die Düngung der Folgefrucht richtig abzuschätzen.

Dr. Reinhold Gutser

Dr. Klaus Vilsmeier

Lehrstuhl für Pflanzenernährung der Techn. Universität München 8050 Freising-Weihenstephan