

Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der DBG 2023; Titel der Tagung: „Böden – divers & multifunktional“

Veranstalter: Kommission II der DBG vom 02. bis 08.09.2023 in Halle (Saale)  
Berichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation)

<http://www.dbges.de>

## **Humusgehalt und -qualität nach 28 Jahren Aushagerung im Vergleich zu ausreichend mit Stickstoff versorgtem Boden im statischen Stickstoffdüngungsversuch der TH Bingen**

*T. Appel\*, C. Elsen, P. Haßler*

**Schlüsselworte:** Dauerversuch, Stickstoffmangel, Aushagerung, hydrolysierbarer Stickstoff, heißwasserlöslicher Stickstoff, POM, MAOM

### **Einleitung**

Die Stabilisierung der organischen Substanz im Boden, sei es durch Mineralassoziiierung oder durch zunehmende Rekalzitanz geht in beiden Fällen mit einer Verengung des C:N-Verhältnisses einher. Chronischer N-Mangel könnte deshalb langfristig die Stabilisierung des Humus' im Boden beeinträchtigen und sich in einer veränderten Humusqualität widerspiegeln. Um dieser Frage nachzugehen, wurde die Oberkrume der Parzellen eines statischen N-Düngungsversuchs der Technischen Hochschule Bingen beprobt und anhand der Bodenproben der potenziell mineralisierbare Stickstoff, die leicht hydrolysierbaren N-Fractionen sowie C und N in der partikulären (POM) und der mineralassoziierten (MAOM) organische Substanz untersucht.

### **Material und Methoden**

Der landwirtschaftliche Versuchsbetrieb der Technischen Hochschule Bingen kultiviert seit 28 Jahren einen Acker mit der Fruchtfolge: Winterraps–Winterweizen–Wintergerste. Die Fläche wird pfluglos be-

wirtschaftet. Der Acker diente zunächst der Vermehrung von Kornrade. Deshalb wurde auf der Fläche im Jahr 1994 mit der Aushagerung begonnen, indem die Stickstoffdüngung komplett ausgesetzt wurde. Das Getreide und der Raps wurden geerntet, das Getreidestroh abgefahren. Im Jahr 2005 wurde die ursprüngliche Aushagerungsfläche in 12 Parzellen (je 12 m x 70 m) eingeteilt und ein Düngungsversuch mit drei Varianten als randomisierte Blockanlage (n = 4) etabliert. Variante 1: seit 1994 „ohne N-Düngung“. Variante 2: „100 % N-Düngung“ (nach Nmin-Empfehlung). Variante 3: mehr als empfohlen „150% N-Düngung“. Der Acker wird ausschließlich mineralisch gedüngt, und zwar die Grundnährstoffe (mit Ausnahme des Stickstoffs) nach Empfehlung und Bodenuntersuchung, Stickstoff entsprechend der Varianten. Der Acker befindet sich im südwestdeutschen Trockengebiet auf der unteren Naheebene auf 85 m ü. NN, Ø Niederschlagssumme (1971-2000) 503 mm/a bei Ø 9,8°C. Boden: diluvialer Hochflutlehm, Ls2 an der Grenze zu Lu, pH(CaCl<sub>2</sub>) 6,4 in der Krume. Grundwasser: > 4 m tief. Die Parzellen werden jährlich geerntet. Im Herbst werden jedes Jahr Bodenproben entnommen: 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm. In den Proben der Krume 0-30 cm wurde der organische Kohlenstoff (Corg) gemessen.

Im Februar und im Oktober des Jahres 2022 wurden außerdem flächenrepräsentativ von jeder Parzelle Bodenproben aus der Tiefe 0-10 cm entnommen, um die Humusqualität zu untersuchen. Mit diesen Bodenproben wurde der potenziell mineralisierbare Stickstoff mittels eines aeroben Inkubationsversuchs bei 37 °C bestimmt. Außerdem wurden Aliquote bei 40°C im Labor getrocknet und dann bei 20 °C und anschließend bei 80 °C mit 0,01 M CaCl<sub>2</sub> extrahiert, um den leicht hydrolysierbaren N zu messen. Die Extrakte wurden filtriert

und die partikelfreien Eluate anschließend gefrosten, um sie später mit einem Continuous-Flow-Analyser (CFA, Fa. Skalar San++) in drei getrennten Messkanälen auf Nitrat, Ammonium und Gesamt-N im Extrakt zu untersuchen. Der gesamte lösliche N wird dabei zu Nitrat oxidiert, welches dann im CFA photometrisch gemessen wird. Die Differenz des im CFA gemessenen Gesamt-N abzüglich dem in einem zweiten Kanal gemessenen Nitrat-N besteht im Wesentlichen aus dem  $\text{NH}_4^+$ , welches aus der organischen Substanz infolge der Bodentrocknung und der Behandlung mit dem heißen Extraktionsmittel hydrolysiert, sowie weiteren löslichen organischen N-Formen, die unter dem UV-Licht in Verbindung mit dem bei der Messung zugesetzten Peroxodisulfat oxidierbar sind. Diese Fraktion wird deshalb auch als extrahierbarer Norg bezeichnet.

Aliquote der Bodenproben wurden außerdem in 0,0125 M Na-Pyrophosphat dispergiert (über Nacht ca. 8 h im Überkopfschüttler) und dann mittels Nasssiebung in die Fraktionen größer (Siebüberstand) bzw. kleiner 20  $\mu\text{m}$  (Siebdurchgang) unterteilt. Die beiden Sieb-Fraktionen sowie Aliquote der Ausgangsproben (bulk sample) wurden mittels Elementaranalyse auf den organischen Kohlenstoff (Corg) und den Gesamtstickstoff (Nt) untersucht. Die beiden Siebfraktionen repräsentierten die partikuläre (POM) und mineralassoziierte (MAOM) organische Substanz.

Die Daten wurden statistisch ausgewertet und die Parzellenmittelwerte der jeweiligen Varianten graphisch dargestellt. Die Fehlerbalken repräsentieren dabei den Standardfehler der jeweils  $n = 4$  Feldparallelen.

## Ergebnisse

Der Humusgehalt, gemessen als Corg in 0-30 cm, nahm im Boden der Aushagerungsvariante mit der Zeit ab, in den mit Stickstoff gedüngten Varianten jedoch

nicht (Abb. 1). Wir schlussfolgern daraus, dass sich in dem Boden der Parzellen, die seit 2005 mit Stickstoff gedüngt wurden, der Humusgehalt im Fließgleichgewicht befindet. Möglicherweise trifft dies inzwischen auch für die Aushagerungsvariante zu, allerdings auf einem ca. 0,1%-Punkte niedrigerem Corg-Niveau. Das entspricht einem Rückgang des Corg-Gehalts im Boden in der Schicht 0-30 cm um ca. 10%.

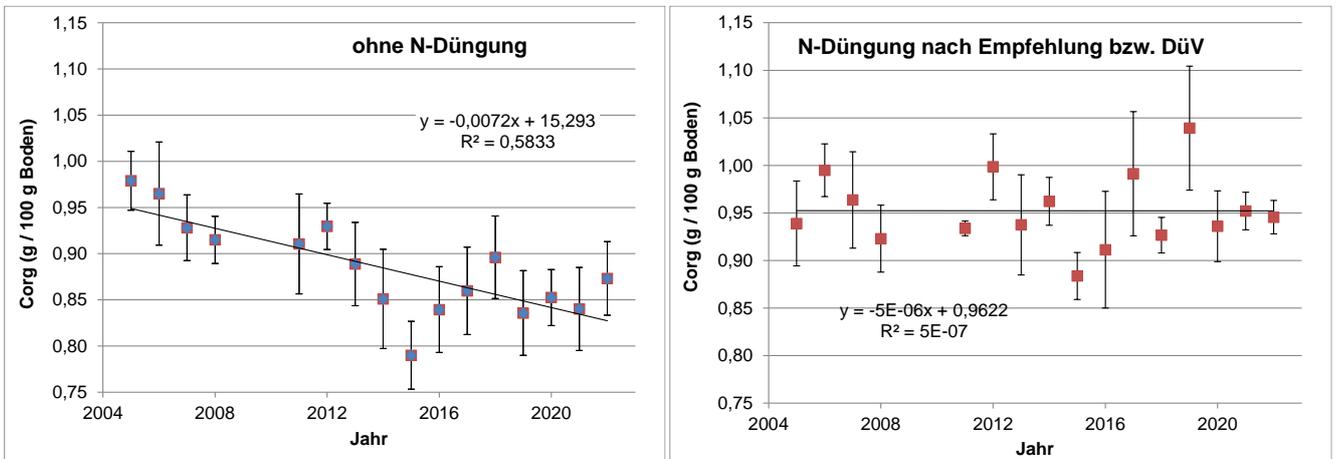
Die Aushagerung verminderte den potenziell mineralisierbaren N (Npot), gemessen als Nitrat-Akkumulation im Boden im Verlauf von 42 Tagen aerober Inkubation, um 20,6 % (Frühjahrsproben) bzw. 18,2 % (Herbstproben) im Vergleich zum Npot im Boden der mit Stickstoff gedüngten Parzellen (Abb. 2). Die Aushagerung wirkte sich also auf Npot wesentlich stärker aus, als auf den Humusgehalt, welcher in der Schicht 0-10 cm der Aushagerungsvariante um 14,9% (Frühjahrsproben) bzw. 14,1% (Herbstproben) niedriger war als in dem entsprechenden Boden der Parzellen, die mit Stickstoff gedüngt worden waren (Daten hier nicht gezeigt). Auf das C:N-Verhältnis hatte der chronische N-Mangel keinen Einfluss (Daten hier nicht gezeigt).

Von der Aushagerung war sowohl die POM-Fraktion als auch die MAOM-Fraktion betroffen, die POM-Fraktion allerdings relativ stärker (Abb. 3). In der POM-Fraktion war das C:N-Verhältnis zudem wesentlich weiter (17,6 bis 20,5) als in der MAOM-Fraktion (7,9 bis 8,4). Im Boden der Varianten mit N-Düngung war das C:N-Verhältnis der POM-Fraktion tendenziell etwas enger als im Boden der Aushagerungsvariante (Abb. 4). Dieser Effekt der N-Düngung auf das C:N-Verhältnis zeigte sich allerdings nur bei der POM- und nicht bei der MAOM-Fraktion (Abb. 4).

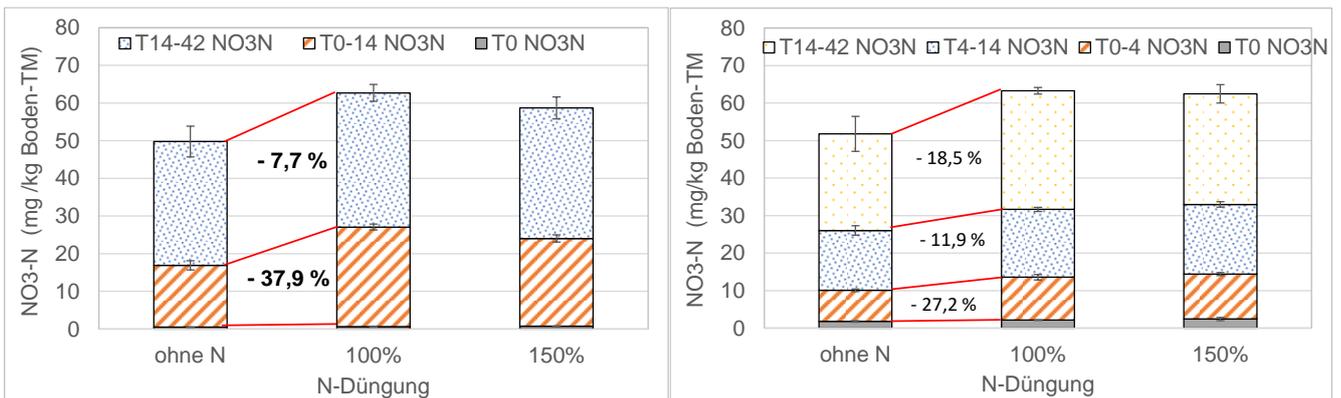
Besonders sensitiv auf die Aushagerung reagierte der mittels heißer 0,01 M  $\text{CaCl}_2$ -

Lösung hydrolysierbare organische N im Boden (Abb. 5). Dies zeigte sich darin, dass der bei 80 °C extrahierte Norg in der Aushagerungsvariante um 27,2% (Früh-

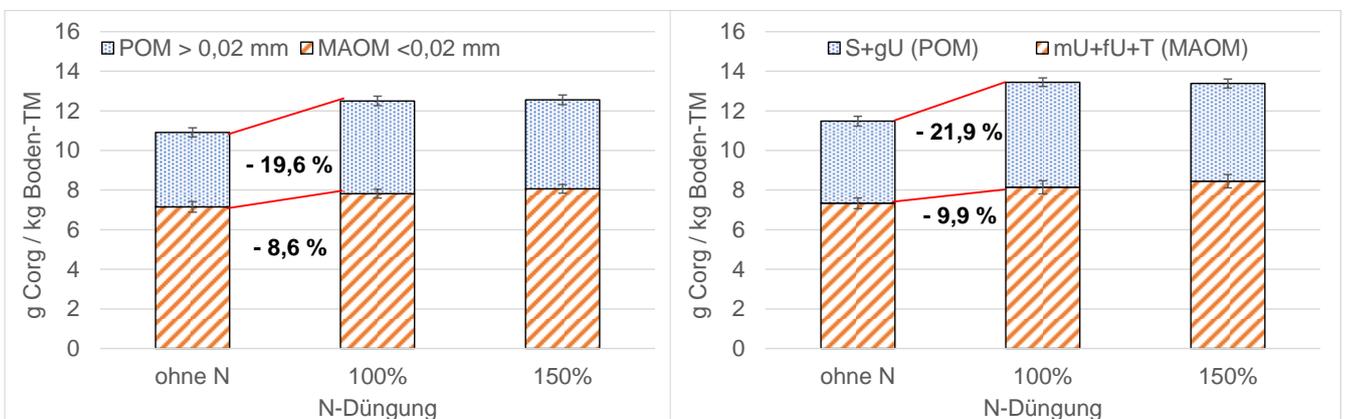
jahrsproben) bzw. 26,5% (Herbstproben) niedriger war als im Boden der mit N gedüngten Varianten.



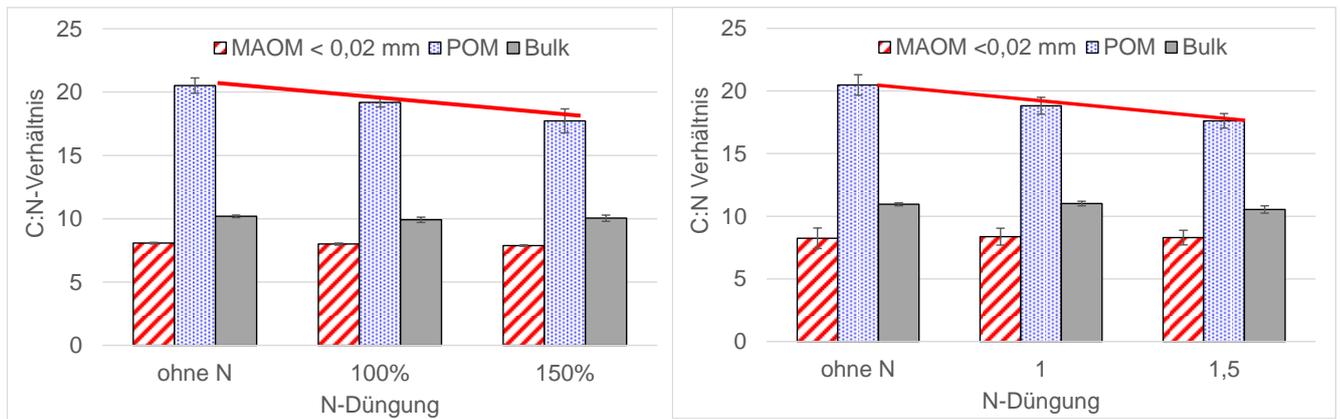
**Abb. 1:** Organischer Kohlenstoff (Corg) im Boden 0-30 cm seit dem Jahr 2005



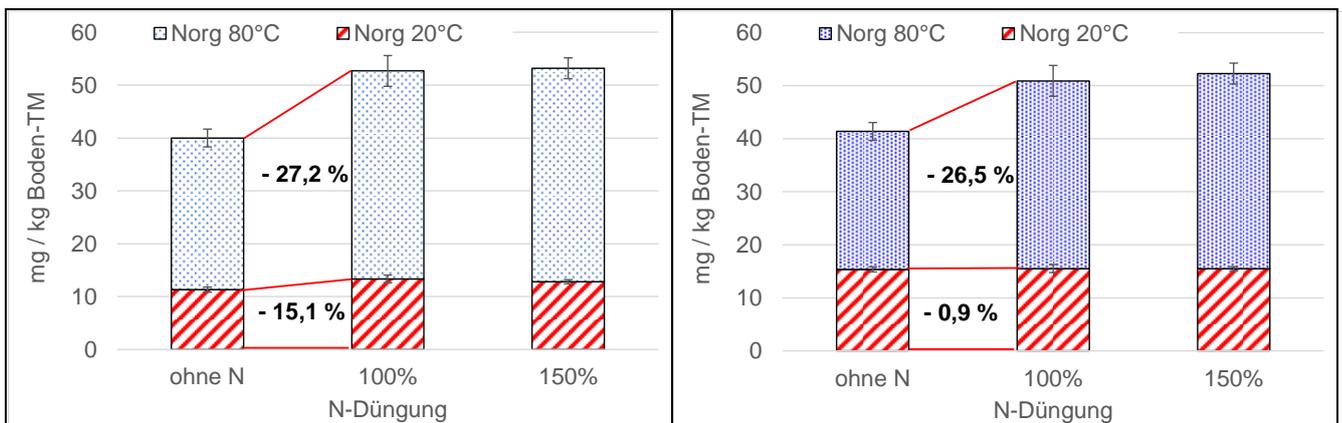
**Abb. 2:** Nitrat-Akkumulation im Boden (Npot) im Verlauf der aeroben Inkubation von Tag 0 bis Tag 14 (T<sub>0-14</sub>) bzw. Tag 14 bis Tag 42 (T<sub>14-42</sub>) der Frühjahrsproben (links) bzw. entsprechend der Herbstproben (rechts) aus der Bodenschicht 0-10 cm



**Abb. 3:** Organischer Kohlenstoff (Corg) in den Partikelgrößen-Fractionen der Bodenproben vom Frühjahr 2022 (links) bzw. vom Herbst 2022 (rechts) aus der Bodenschicht 0-10 cm



**Abb. 4:** C:N-Verhältnis in den Partikelgrößen-Fractionen der Bodenproben vom Frühjahr 2022 (links) bzw. vom Herbst 2022 (rechts) aus der Bodenschicht 0-10 cm



**Abb. 5:** Löslicher organischer Stickstoff (Norg) in den Bodenproben, die mit  $\text{CaCl}_2$  bei 20 °C (1h) und anschließend bei 80°C (16h) extrahiert wurden; Proben aus der Bodenschicht 0-10 cm vom Frühjahr 2022 (links) bzw. vom Herbst 2022 (rechts)

## Diskussion und Fazit

Das Aushagern durch langjährig unterlassene Stickstoffdüngung führte zu einem Rückgang des Humusgehalts im Boden. Ursächlich hierfür könnte sein, dass infolge des N-Mangels weniger Ernterückstände (Rapsstroh, Wurzeln und Stoppeln) auf dem Feld verblieben. Auf den langjährig nicht mit Stickstoff gedüngten Parzellen steht allerdings der Raps und das Getreide nur sehr schütter und der Unkrautbesatz ist in der Regel entsprechend höher. Dies könnte die geringeren Ernterückstände der Kulturpflanzen in der Aushagerungsvariante zumindest teilweise kompensieren. Von dem aushagerungsbedingten Rückgang der organischen Substanz waren allerdings nicht alle Humus-Fractionen gleichermaßen betroffen. Relativ am stärksten spiegelte sich die Aushagerung in der hyd-

rolysierbaren Fraktion wider, was am heißwasserlöslichen Stickstoff erkennbar wurde (minus 27,2% bzw. 26,5 %). Auch der potenziell mineralisierbare N war von der Aushagerung besonders stark betroffen (Abb. 2). Mit minus 19,6% bzw. 21,9 % reagierte die partikuläre organische Substanz (POM) zwar deutlich stärker als die mineralassozierte Fraktion (minus 8,6% bzw. 9,9%). Die POM-Fraktion war damit jedoch weniger sensitiv hinsichtlich Aushagerung als die hydrolysierbare N-Fraktion. Dieser Befund stärkt die Vermutung, dass unter chronischem N-Mangel deutlich weniger hydrolysierbarer N im Boden akkumuliert, der für eine anschließende Stabilisierung zur Verfügung stehen könnte, als in Böden, die ausreichend mit Stickstoff versorgt werden.