

**Tagungsbeitrag zu:**

Jahrestagung der DBG,  
Symposium IV, I, II

**Titel der Tagung:**

„Böden - Lebensgrundlage und Verantwortung“

**Veranstalter:**

DBG, September 2013, Rostock

**Berichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation)**

<http://www.dbges.de/>

## Minderung von Stickstoff-Transformationsverlusten in einer Reis-Weizen Doppelfruchtfolge in Südostchina

Maximilian Hofmeier<sup>1</sup>, Ting Lan<sup>3</sup>, Yong Han<sup>3</sup>, Marco Roelcke<sup>2</sup>, Zucong Cai<sup>4</sup> und Rolf Nieder<sup>2</sup>

### Zusammenfassung

Das N-Haushaltsmodell HERMES wurde für den Winterweizen innerhalb der Reis-Weizen Doppelfruchtfolge anhand verschiedener Datensätze aus Feldversuchen in Südostchina kalibriert und validiert. Dabei konnten die oberirdische Biomasse, Kornerträge und N-Aufnahme für verschiedene N-Düngestufen gut bis sehr gut simuliert werden. In den Feldversuchen und durchgeführten Modellsimulationen führte eine Reduzierung der N-Aufwandmengen zu Winterweizen um ca. 30% zu keinen Ertragsrückgängen. Die  $N_{\min}$ -Verläufe und Wassergehalte wurden befriedigend dargestellt. Unterschiede zwischen gemessenen und simulierten Rest- $N_{\min}$ -gehalten zeigten aber, dass weitere Modellanpassungen notwendig sind.

### Schlüsselworte

N-Düngung, HERMES, N-Verluste, Winterweizen, Düngungsempfehlungen, China

<sup>1</sup>Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Julius Kühn-Institut, 38116 Braunschweig, Germany  
[maximilian.hofmeier@jki.bund.de](mailto:maximilian.hofmeier@jki.bund.de)

<sup>2</sup>Institut für Geoökologie, TU Braunschweig, 38106 Braunschweig

<sup>3</sup>Nanjing Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, P.R. China

<sup>4</sup>School of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, P.R. China

### Einleitung

Die Reis-Weizen Doppelfruchtfolgen in Südostchina sind gekennzeichnet durch hohe Aufwandmengen an mineralischem Stickstoff (N)-Dünger und einer geringen N-Ausnutzungseffizienz (Ju et al., 2009). Dadurch kommt es gerade durch den regelmäßigen Wechsel zwischen aeroben und anaeroben Bodenbedingungen zu hohen N-Transformationsverlusten (Gaydon et al., 2012). Hierbei entstehen insbesondere durch hohe Rest- $N_{\min}$ -Mengen nach der Winterweizenernte große Nitrat- auswaschungs- und Denitrifikationsverluste als Folge der Überstauung für die Sommerreisfrucht. Dies führt zur Eutrophierung von Gewässern und zur Emission klimarelevanter Gase (Roelcke et al. 2002, 2004). Modellgestützte N-Düngeempfehlungen für Winterweizen mittels des N-Haushaltsmodells HERMES sollen zur Minderung dieser N-Verluste beitragen.

### Ziele

Ziel der Arbeiten ist es, mit Hilfe des N-Haushaltsmodells HERMES die Winterweizenperiode in der Reis-Weizen Doppelfruchtfolge zu simulieren, um modellgestützte N-Düngeempfehlungen mit geringeren N-Aufwandmengen abgeben zu können und das Minderungspotential bezüglich der Rest- $N_{\min}$ -Mengen abschätzen zu können. Das Modell soll hierfür anhand eines Datensatzes aus einem Exaktfeldversuch im Kreis Huai'an der südostchinesischen Provinz Jiangsu kalibriert werden. Die Modellvalidierung erfolgt anschließend anhand eines weiteren Datensatzes aus einem ebenfalls im Kreis Huai'an parallel laufenden Demonstrationsversuch.

### Material und Methoden

Das N-Haushaltsmodell HERMES (Kersebaum, 1995; Kersebaum & Bebblik, 2001) wurde anhand zweier verschiedener Datensätze aus Feldversuchen in China kalibriert und getestet. Grundlegende Anpassungen der Pflanzenparameter an die chinesischen Winterweizensorten und Standortverhältnisse erfolgten dabei anhand eines Datensatzes über acht Jahre aus einem Dauerfeldversuch in Dongbeiwang bei Beijing (Michalczyk et al., 2013). Für weite-

re Anpassungen an die speziellen Verhältnisse in der Reis-Weizen Doppelfruchtfolge wurden Experimentaldaten aus einem Exaktfeldversuch im Kreis Huai'an im Norden der Provinz Jiangsu (33°35'N; 118°53'O) herangezogen. Das kalibrierte Modell wurde anschließend anhand von Felddaten aus einem Demonstrationsversuch validiert. Dieser Versuch wurde über die Dauer von drei Doppelfruchtfolgen (2008 bis 2011) auf nahegelegenen Praxisflächen durchgeführt und beinhaltete zwei verschiedene N-Düngebehandlungen und eine Nullvariante. Bei allen Feldversuchen wurden neben den Boden- $N_{\min}$ -Gehalten und der Wassergehalte während der Wachstumsperiode des Winterweizens auch N-Aufnahme, Kornertrag und oberirdische Biomasse in den verschiedenen N-Behandlungen bestimmt.

Als Eingangsdaten für HERMES wurden neben Wetterdaten vom *Chinese National Climatic Data Center* (NCDC) und Angaben zum Management (Aussaat, Düngung, Bewässerung, Ernte) noch verschiedene Bodenparameter, die auf Grundlage von Profilaufnahmen und Laboruntersuchungen erhoben wurden, verwendet. Die Modellgenauigkeit wurde anhand des mittleren quadratischen Gesamtfehlers (RMSE) und der Modelleffizienz (ME) berechnet.

## Ergebnisse

### Modellkalibrierung von HERMES

Der Vergleich zwischen simulierten und gemessenen Biomassedaten zu verschiedenen Wachstumsstadien für den Versuch in Dongbeiwang zeigt, dass die Biomasse durch HERMES leicht unterschätzt wurde,

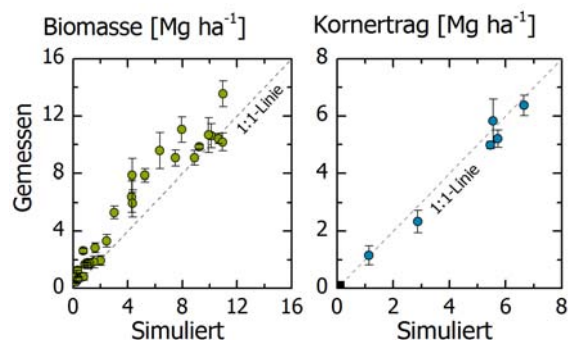


Abb. 1: Vergleich der simulierten und gemessenen Biomasse von Winterweizen (links, DBW-Versuch, verändert nach Michalczyk et al., 2013) und Kornerträge (rechts, Exaktversuch in Huai'an).

was in dem RMSE von 1,55 Mg ha<sup>-1</sup> (ME = 0,86) deutlich wird (Abb. 1). Die Kornerträge aus dem Exaktversuch in Huai'an wurden hingegen von dem Modell mit einem RMSE von 0,4 Mg ha<sup>-1</sup> (ME = 0,96) sehr gut getroffen werden (Abb. 1).

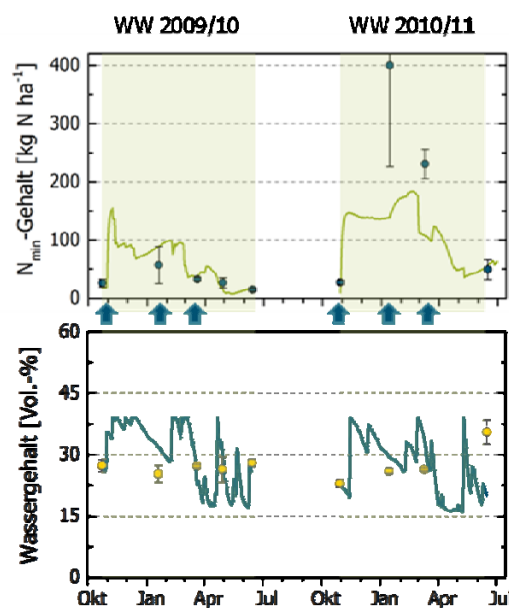


Abb. 2: Simulierte (Linien) und gemessene (Punkte,  $n=4$ , Fehlerbalken zeigen Standardabweichungen)  $N_{\min}$ -Gehalte (oben) und Wassergehalte (unten) in 0-20 cm im Exaktversuch in Huai'an (konventionell gedüngt, 260 kg N ha<sup>-1</sup>; Pfeile zeigen N-Düngungstermine).

Die gemessenen und simulierten Verläufe der  $N_{\min}$ - und der Wassergehalte im Oberboden (0-20 cm) sind in Abb. 2 zu sehen. Die  $N_{\min}$ -Gehalte wurden gerade im ersten Versuchsjahr (WW 2009/10) überwiegend gut getroffen. Im zweiten Versuchsjahr (WW 2010/11) hingegen lagen die gemessenen Gehalte deutlich über den mit HERMES simulierten. Die Rest- $N_{\min}$ -Gehalte nach der Winterweizenernte stimmten hingegen in beiden Versuchsjahren sehr gut miteinander überein. Die durch das Modell simulierte Spanne in den Wassergehalten konnte durch die geringe Anzahl an Messpunkten nicht wiedergegeben werden (Abb. 2). Bis auf die Messung am Ende der zweiten Winterweizenfrucht (WW 2010/11) war allerdings eine relativ gute Übereinstimmung zwischen Modell und Messung zu erkennen. Die Diskrepanz am Ende des WW 2010/11 lässt sich dadurch erklären, dass die umliegenden Felder bereits für die folgende Reisfrucht geuldet wurden.

## Modellvalidierung von HERMES

Die gesamte oberirdische Biomasse zur Ernte der Winterweizenfrucht wurde vom Modell in den N-Nullvarianten mit geringerer Biomasseproduktion leicht überschätzt, in den gedüngten Varianten aber gut getroffen (RMSE = 1,11 Mg ha<sup>-1</sup>, ME = 0,83, Abb. 3). Dagegen wurde die N-Aufnahme in den gedüngten Behandlungen teilweise überschätzt; sie stimmte jedoch in den Nullvarianten gut mit den gemessenen Ergebnissen überein (RMSE = 32 kg N ha<sup>-1</sup>, ME = 0,54, Abb. 3).

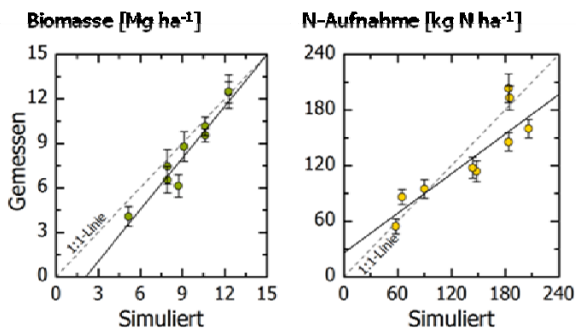


Abb. 3: Vergleich der simulierten und gemessenen Biomasse (li.) und N-Aufnahme (re.) von Winterweizen im Demonstrationsversuch in Huai'an (n=5, Fehlerbalken zeigen Standardabweichungen).

Die N<sub>min</sub>-Gehalte und Wassergehalte im Oberboden über die Dauer der Vegetationsperiode wurden insgesamt befriedigend vom Modell simuliert (Abb. 4). Allerdings konnten auch hier nicht die vom Modell

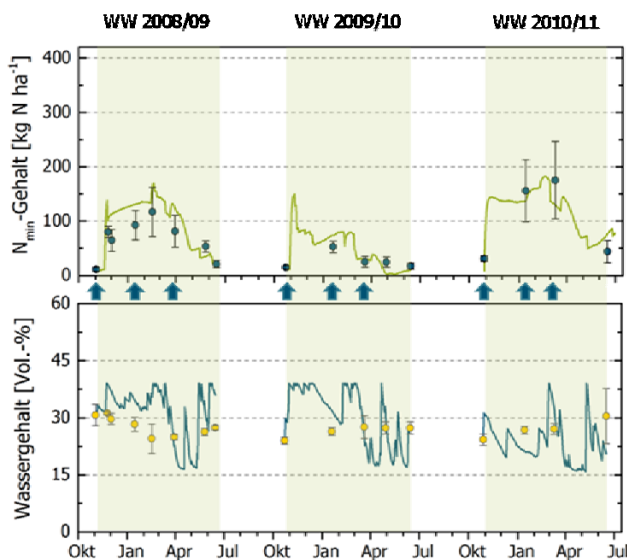


Abb. 4: Simulierte (Linien) und gemessene (Punkte, n=5, Fehlerbalken zeigen Standardabweichungen) N<sub>min</sub>-Gehalte (oben) und Wassergehalte (unten) in 0-20 cm im Demonstrationsversuch in Huai'an (konventionell gedüngt, 260 kg N ha<sup>-1</sup>; Pfeile zeigen N-Düngeterminale).

gezeigten Schwankungen im Wassergehalt durch die Messungen bestätigt werden.

## Kornerträge Winterweizen

Eine genauere Betrachtung der simulierten und gemessenen Winterweizenerträge für den Demonstrationsversuch in Huai'an zeigte insgesamt eine gute Übereinstimmung (Abb. 5). Allerdings wird deutlich, dass die gedüngten N-Behandlungen durch das Modell leicht unterschätzt wurden, während in den ersten beiden Jahren die Nullvariante überschätzt wurde. Es ergab sich kein Ertragsunterschied zwischen der konventionell gedüngten und der um ca. 30% reduzierten gedüngten Variante.

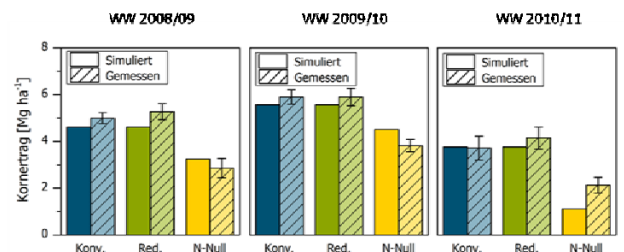


Abb. 5: Kornerträge für Winterweizen 2008/09 bis 2010/11 in den simulierten und gemessenen N-Düngevarianten (n=5, Fehlerbalken zeigen Standardabweichungen).

## Rest-N<sub>min</sub>-Gehalte

Die N<sub>min</sub>-Gehalte in 0-90 cm nach der Winterweizenernte wiesen nur in der konventionell gedüngten Variante eine gute Übereinstimmung zwischen den gemessenen und simulierten Werten auf (Abb. 6). Die Gehalte in der reduziert gedüngten Variante und in der Nullvariante wurden dagegen in allen drei Versuchsjahren durch das Modell unterschätzt. Die simulierten Varianten zeigten somit ein größeres Minderungspotential für geringere Rest-N<sub>min</sub>-Gehalte durch eine reduzierte N-Düngung als im Feldversuch zu beobachten war.

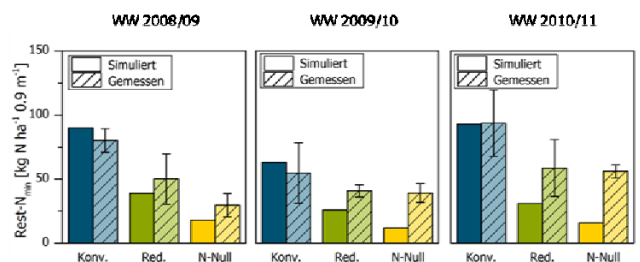


Abb. 6: Rest-N<sub>min</sub>-Gehalte in 0-90 cm nach Winterweizen 2008/09 bis 2010/11 in den simulierten und gemessenen N-Düngevarianten (n=5, Fehlerbalken zeigen Standardabweichungen).

## Diskussion

Das N-Haushaltsmodell HERMES konnte für den Winterweizen innerhalb der Reis-Weizen Doppelfruchtfolge anhand verschiedener Datensätze aus Feldversuchen in Südostchina kalibriert und validiert werden. Dabei wurden die  $N_{\min}$ -Verläufe und Wassergehalte befriedigend dargestellt. Dies zeigt, dass die wesentlichen Parameter für den Wasserhaushalt und die N-Dynamik im Boden gut angepasst werden konnten. Die Simulation des Pflanzenwachstums lieferte ebenfalls gute Ergebnisse und die auf den Praxisflächen gemessenen oberirdische Biomassen und die entsprechenden Kornerträge zeigten eine sehr gute Übereinstimmung mit den Modellsimulationen. Dabei führte eine Reduzierung der N-Aufwandmenge um ca. 30% weder bei den simulierten noch bei den gemessenen Kornerträgen zu Ertragsrückgängen.

Die Simulation der N-Aufnahme zeigte ebenfalls eine gute Übereinstimmung zwischen den gemessenen und den simulierten Ergebnissen, allerdings wurde die N-Aufnahme gerade in den reduziert gedüngten Varianten teilweise vom Modell überschätzt. Hierdurch lassen sich die geringeren Rest- $N_{\min}$ -Gehalte in den entsprechenden simulierten N-Varianten erklären. Die deutliche Reduktion der Rest- $N_{\min}$ -Gehalte nach der Winterweizenernte in der um 30% reduziert gedüngten N-Behandlung zeigte aber, dass durch ein optimiertes N-Düngemanagement ein beträchtliches Minderungspotential für N-Transformationsverluste in Folge der Überstauung für die nachfolgende Sommerreisfrucht besteht. Dabei konnten die Rest- $N_{\min}$ -Mengen im Demonstrationsversuch um durchschnittlich  $26 \text{ kg N ha}^{-1}$  und in den Modellsimulationen um  $50 \text{ kg N ha}^{-1}$  gesenkt werden. In die Bewertung von modellgestützten N-Düngeempfehlungen sollte aber u.a. auch das Minderungspotential für N-Verluste einbezogen werden. Hierdurch wird deutlich, dass das Modell HERMES für die Berechnung von optimierten N-Düngeszenarien noch weiter angepasst bzw. anhand von weiteren Datensätzen aus ähnlichen Feldversuchen in Südostchina validiert werden sollte.

## Danksagungen

Das Forschungsvorhaben wurde gefördert durch das BMBF (FKZ: 0330800C) und das Chinese MOST (grant no. 2007DFA30850) im Rahmen des Verbundprojektes: „Innovatives Stickstoffmanagement und innovative Technologien zur Verbesserung der landwirtschaftlichen Produktion und zum Schutz der Umwelt in der chinesischen Intensivlandwirtschaft“, sowie durch den DAAD (Projektkennziffer 50751522).

## Literatur

- Gaydon, D.S.; Probert, M.E.; Buresh, R.J.; Meinke, H.; Suriadi, A.; Dobermann, A. (2012): Rice in cropping systems—Modelling transitions between flooded and non-flooded soil environments. In: *European Journal of Agronomy* 39, 9–24.
- Ju, X.T.; Xing, G.; Chen, X.; Zhang, S.; Zhang, L.; Liu, X. (2009): Reducing environmental risk by improving N management in intensive Chinese agricultural systems. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (9), 3041–3046.
- Kersebaum, K.C. (1995): Application of a simple management model to simulate water and nitrogen dynamics. *Modelling of Geo-Biosphere Processes*. In: *Ecological Modelling* 81 (1-3), 145–156.
- Kersebaum, K.C.; Beblík, A.J. (2001): Performance of a nitrogen dynamics model applied to evaluate agricultural management practices. In: M. J. Shaffer (Hg.): *Modeling Carbon and Nitrogen Dynamics for Soil Management*. Hoboken: CRC Press, S. 549–569.
- Michalczyk, A.; Kersebaum, K.C.; Heimann, L.; Roelcke, M.; Sun, Q.P.; Chen, X.P. Zhang, F. (2013): Implementation of a simple ammonia volatilization subroutine for the HERMES model to describe ammonia losses of mineral N fertilizer in the North China Plain (unveröffentlichtes Manuscript).
- Roelcke, M.; Han, Y.; Cai, Z.C.; Richter, J. (2002): Nitrogen mineralization in paddy soils of the Chinese Taihu Region under aerobic conditions. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 63, 255–266.
- Roelcke, M.; Han, Y.; Schleef, K. -H; Zhu, J. G.; Liu, G.; Cai, Z.; Richter, J. (2004): Recent Trends and Recommendations for Nitrogen Fertilization in Intensive Agriculture in Eastern China. In: *Pedosphere* 14 (4), 449–460.