

Tagungsbeitrag zu:

Jahrestagung der DBG,
Sitzung der Kommission IV

Titel der Tagung:

Böden – Lebensgrundlage und Verantwortung

Veranstalter:

DBG

Termin und Ort der Tagung:

07.-12.09.13, Rostock

Berichte der DBG (nicht begutachtete online-Publikation), <http://www.dbges.de>

CULTAN-Düngung und Grundwasserschutz – Kann die Nitratauswaschung durch CULTAN-Düngung reduziert werden?

Andreas Schwarz¹, Wolf-Anno Bischoff¹,
Jürgen Maier², Karl Müller-Sämann³

Schlüsselworte

Nitrat, CULTAN, Düngung, Grundwasser, Nitratauswaschung, Stickstoffverluste, Selbst-Integrierende Akkumulatoren (SIA)

Einführung

Im Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald südlich der Stadt Freiburg ist Körnermais mit 10.000 ha Anbaufläche eine der bedeutendsten Kulturen. Aufgrund der Schwarzbrache im Winter besteht ein großes Risiko, dass der N_{\min} -Vorrat nach Ernte (20 – 80 kg N/ha, 0 – 90 cm) in das Grundwasser ausgewaschen wird. Es wird daher davon ausgegangen, dass der Maisanbau teilweise an den hohen Nitratkonzentrationen im Grundwasser von 25 – 100 mg/L beteiligt ist.

¹ Gutachterbüro TerraAquat,
Schellingstr. 43, 72622 Nürtingen,
e-mail: a.schwarz@terraquat.com

² Landratsamt Breisgau-Hochschwarzwald,
Fachbereich Landwirtschaft, Europaplatz 3,
79206 Breisach

³ Agentur für Nachhaltige Nutzung von Agrarlandschaften (ANNA), Klarastr. 94,
79106 Freiburg

Das CULTAN-Verfahren (Controlled Uptake Long Term Ammonium Nutrition) ist nach Sommer (2001) geeignet, Nitratverluste mit dem Sickerwasser zu reduzieren.

Im hier vorgestellten dreijährigen Projekt (2008 – 2010) sollte u.a. untersucht werden, ob durch platzierte Düngung in Anlehnung an das CULTAN-Verfahren die Nitratauswaschung in das Grundwasser reduziert werden kann.

Material und Methoden*Projektgebiet*

Das Projektgebiet liegt im Naturraum „Südlicher Oberrhein mit Freiburger Bucht/Markgräfler Land“ auf einer Höhe von ca. 200 – 240 m ü. NN. Die Jahresmitteltemperatur beträgt 10 – 11°C, die jährliche Niederschlagssumme 647 – 1185 mm. Die Grundwasserneubildung der Versuchsflächen liegt zwischen 125 und 325 mm (LUBW, 2007).

Standorteigenschaften

Die Versuche wurden auf zwei grundlegend verschiedenen, für das Projektgebiet typischen Standorteinheiten durchgeführt.

Die beiden Schläge auf alluvialen Kiesen in Auenlage wurden vor etwa 30 Jahren drainiert und werden seither ackerbaulich genutzt (*Tabelle 1*). Der im gesamten Profil enthaltene Humus wird aufgrund der Nutzungsänderung fortlaufend mineralisiert.

Die drei Lössstandorte sind durch ihre hohe Wasserspeicherkapazität gekennzeichnet.

Tabelle 1: Eigenschaften der Versuchsstandorte.

	Alluviale Kiese	Löss
Ackerzahl	47 – 58	71 – 85
Bodenart	Sand/Lehm	(toniger) Schluff
Sandgehalt	ca. 40 %	5 – 10 %
Steingehalt	bis 70 %	0 %
Besonderheit	Humusreich im gesamten Profil	

Versuchsdesign

Auf fünf praxisüblich bewirtschafteten Flächen desselben Landwirtes wurde jeweils ein Streifenversuch mit Körnermais angelegt. Es wurde praxisübliche Düngung (Harnstoff, breitwürfig) mit platzierter Düngung (Harnstoffammoniumsulfatlösung, HAL) mit jeweils derselben Applikationsmenge verglichen. Um unterschiedliche Witterungseinflüsse zu erfassen, wurde der Versuch über drei Jahre auf denselben Flächen durchgeführt.

CULTAN-Injektionstechnik

Es wurde gleichzeitig zur Maisaussaat in jeder zweiten Maiszwischenreihe in 18 cm Tiefe ein Liniendepot mit HAL in Anlehnung an Sommer (2001) angelegt. Die Applikation erfolgte mit Hilfe einer Eigenkonstruktion des beteiligten Landwirtes.

SIA-Systeme

Zur Messung der flächenbezogenen Nitrat- auswaschung wurden Selbst-Integrierende Akkumulatoren (SIA) in 1 m Tiefe und damit unterhalb des Hauptwurzelraumes installiert (Bischoff, 2007).

Die Installation erfolgte von einer Grube aus seitlich unter den ungestörten Boden. Nach dem Einbau wurden die Gruben verfüllt, so dass keinerlei Einschränkungen für die Bewirtschaftung des Schlags bestanden. Die SIA entziehen dem Sickerwasser das Nitrat und legen es auf geeigneten Adsorbern fest. Nach dem Ausbau der SIA erhält man durch Rücktausch des adsorbierten Nitrats die flächenbezogene Nitrat- auswaschung als Gesamtfracht in kg N/ha.

Um die Heterogenität der Flächen erfassen zu können, wurden die SIA in jeder Variante in zehnfacher Wiederholung in drei Profilgruben installiert.

Die SIA wurden vor der Aussaat und nach der Ernte getauscht, so dass sich etwa halbjährliche Messintervalle ergaben:

- Vegetationsperiode = Sommerhalbjahr (Mai – Oktober)
- Nach-Vegetationsperiode = Winterhalbjahr (November – April)

Statistik

Die beiden Varianten desselben Schlages (bzw. derselben Gesamtheit von Schlägen) und desselben Messzeitraumes wurden mit einem t-Test (Levene's Test) auf Signifikanz ($p < 0,05$) untersucht.

Um die Effekte der veränderten Düngung unabhängig vom Austragungs- niveau zu beurteilen, wurden die Messwerte normiert. Für jede Messperiode und jeden Standort wurde der mittlere Austrag der beiden Behandlungsvarianten errechnet. Die Messwerte der Wiederholungen wurden durch diesen Mittelwert dividiert. Die Abweichung des Mittelwertes einer Variante von diesem Standortmittelwert (= 100 %) ist ein Maß für die relative Veränderung durch die Düngevariante.

Ergebnisse

Erträge

In allen drei Untersuchungsjahren lagen die Erträge des Körnermais in der CULTAN-Variante gleichauf oder leicht über der konventionell bewirtschafteten Variante. Die Ertragssicherheit ist mit dem CULTAN-Verfahren also gewährleistet.

Nitrat- auswaschung

Die mittlere jährliche Nitrat- auswaschung der beiden Standorte auf alluvialen Kiesen war – unabhängig von der Düngevariante – mit über 100 kg N/(ha a) sehr hoch (*Abbildung 1*). Ursache ist, dass für die Düngung zwar der aktuell vorliegende N_{\min} -Gehalt berücksichtigt wurde, die Nachlieferung aufgrund der ständigen Mineralisierung jedoch nicht. Dadurch ergab sich sowohl im Sommerhalbjahr während der Kultur, als auch während der Schwarzbrache ein deutlicher N-Überschuss, der in den gut drainierten Böden ausgewaschen wurde. Im Sommer- wie im Winterhalbjahr wurde die Nitrat- auswaschung durch die langsame Nachlieferung des CULTAN-Düngers tendenziell reduziert, jedoch nicht signifikant.

Aus den drei Lössstandorten wurde hingegen nur wenig, in einigen Fällen kein Nitrat ausgewaschen. Aufgrund der hohen Was-

serspeicherkapazität reichten die Niederschläge im Winterhalbjahr zum Teil lediglich aus, um den Bodenspeicher in den obersten 60 – 80 cm aufzufüllen. Dann fand keine Wasserversickerung statt. Die Nitratauswaschung ist auf diesen Standorten daher häufig wasserlimitiert. N-Überschüsse wurden im Boden gespeichert und standen der Folgekultur zur Verfügung.

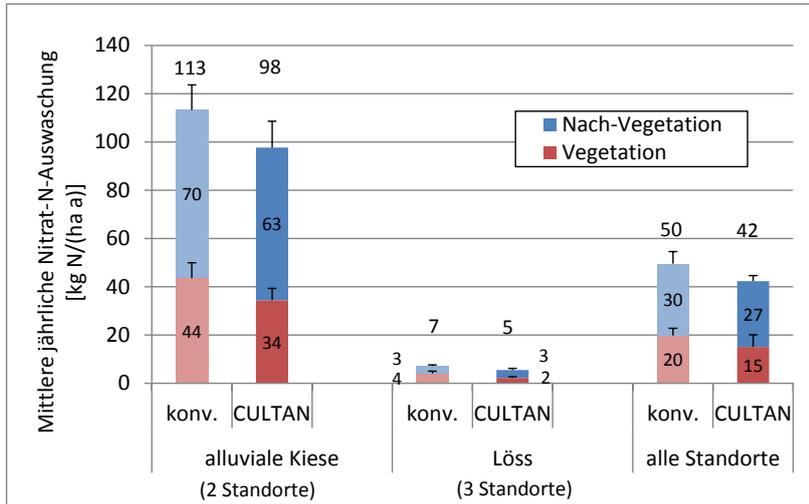


Abbildung 1: Mittlere jährliche Nitrat-N-Auswaschung in Mais 2008 – 2010; Fehlerbalken: Standardfehler; keine signifikanten Unterschiede.

Eine Normierung auf den Standortmittelwert ermöglicht eine Beschreibung des relativen Einflusses der Düngevariante auf die Nitrat-Auswaschung unabhängig vom Niveau der Austräge. Im Mittel über alle Standorte und Jahre wurde die Nitrat-N-Auswaschung durch die CULTAN-Düngung signifikant um 22 % reduziert (Abbildung 2).

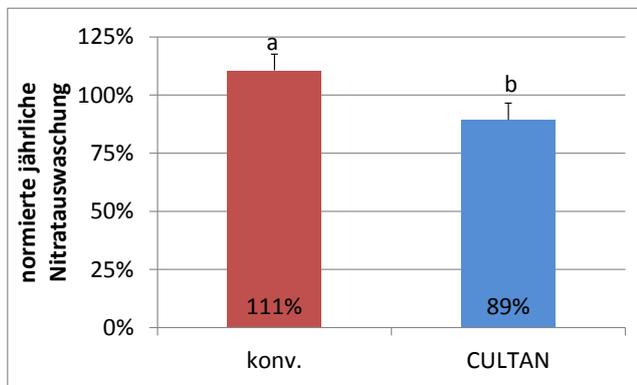


Abbildung 2: Normierte jährliche Nitrat-N-Auswaschung in Mais 2008 – 2010; Fehlerbalken: Standardfehler; unterschiedliche Buchstaben: signifikante Unterschiede ($p < 0,05$); $n = 600$.

Nitratkonzentration im Sickerwasser

Die Nitratkonzentration im neu gebildeten Sickerwasser betrug im Untersuchungszeitraum für die alluvialen Standorte (konventionelle Düngung) 155 mg/L und damit das Dreifache des Trinkwassergrenzwertes. Durch CULTAN-Düngung sank die Konzentration auf 134 mg/L. Auch unter Löss verringerte sich die Nitratkonzentration leicht von 21 auf 16 mg/L.

N-Bilanz

Aufgrund der anhaltenden Mineralisierung waren die N-Bilanz und damit auch die Humusbilanz der alluvialen Kiese mit etwa – 90 kg N/(ha a) deutlich negativ.

Auf den Lössstandorten fand hingegen leichter Humusaufbau statt bei einem positiven Saldo von ca. + 20 kg N/(ha a).

Die N-Bilanzen der Düngevarianten unterschieden sich nur gering.

Abschätzung der N-Auswaschung mit Hilfe des Herbst- N_{min} -Wertes

In Baden-Württemberg wird der Herbst- N_{min} -Wert herangezogen, um die im Winterhalbjahr zu erwartende N-Auswaschung zu berechnen. Daraus wird nach SchALVO (2001) die Höhe der Ausgleichszahlungen in Wasserschutzgebieten berechnet.

In diesem Projekt wurden sowohl die Herbst- N_{min} -Werte als auch die winterliche Nitrat-N-Auswaschung (November – April) gemessen, so dass die Vorhersagequalität der N_{min} -Methode bewertet werden konnte.

Die Nitrat-N-Auswaschung der alluvialen Kiese lag in allen Jahren deutlich über dem prognostizierten Wert (Abbildung 3). Ursache hierfür ist die ständige Mineralisierung und damit N-Nachlieferung auf diesen ehemaligen Auenböden.

Dagegen wurde die N-Auswaschung der Lössstandorte mit der N_{min} -Methode meist deutlich überschätzt. Aufgrund der Wasserlimitierung kann mit dem N_{min} -Gehalt auf dieser Standortgruppe lediglich die maximal

mögliche N-Auswaschung abgeschätzt werden.

Die N_{\min} -Methode ist daher auf allen Standorten des Untersuchungsgebietes nicht geeignet, die N-Auswaschung korrekt vorherzusagen.

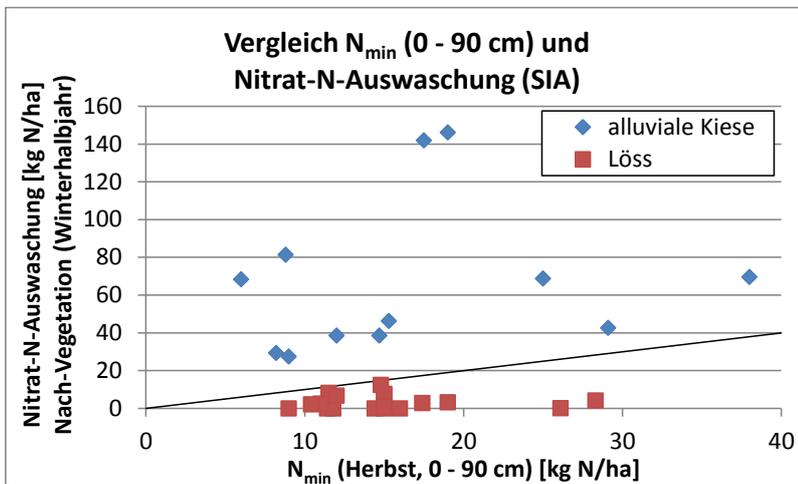


Abbildung 3: Vergleich zwischen Herbst- N_{\min} -Gehalt und gemessener Nitrat-N-Auswaschung (November – April).

Zusammenfassung

Die Standorte der **alluvialen Kiese** wurden vor ca. 30 Jahren drainiert und werden seither ackerbaulich genutzt. Durch die Trockenlegung der früheren Auenstandorte findet kontinuierlich Mineralisierung statt. Dies führte zu einer negativen Humusbilanz und einem hohen Niveau der N-Auswaschung mit mehr als 100 kg N/(ha a), was ca. 140 mg Nitrat/L im Sickerwasser entspricht.

Die Humusbilanz auf den **Lössstandorten** war hingegen ausgeglichen. Herbstliche N-Überschüsse wurden aufgrund der hohen Wasserspeicherkapazität während des Winters teilweise nicht ausgewaschen und standen der Folgekultur zur Verfügung. Daher lag die N-Auswaschung unter 10 kg N/(ha a). Die Nitratkonzentration im Sickerwasser betrug maximal 40 mg/L.

Unter CULTAN-Düngung wurde die Nitratauswaschung unter Körnermais um 22 % reduziert. Daher ist diese Düngestrategie im Untersuchungsgebiet geeignet, die Grundwasserqualität zu verbessern.

Häufig werden anhand des **Herbst- N_{\min} -Wertes** die N-Verluste mit dem Sickerwas-

ser im Winterhalbjahr abgeschätzt. Im Untersuchungsgebiet wurde in den ehemaligen Auenlagen aufgrund der ständigen Nachmineralisierung deutlich mehr Nitrat ausgewaschen als durch N_{\min} vorhergesagt. Die Nitratauswaschung in den Lössgebieten war hingegen wasserlimitiert, so dass die mit N_{\min} abgeschätzte *maximal mögliche* Auswaschung nur selten erreicht wurde. **Die N_{\min} -Methode ist im Untersuchungsgebiet daher nicht geeignet, die winterliche N-Auswaschung korrekt vorherzusagen.**

Dank

Wir danken Klaus Schitterer für die unkomplizierte Zusammenarbeit sowie dem Innovationsfonds Klima- und Wasserschutz der badenova AG & Co. KG für die Finanzierung Projektes.

Literatur

- Bischoff, W.-A. (2009): Development and Applications of the Self-Integrating Accumulators: A Method to Quantify the Leaching Losses of Environmentally relevant Substances. Hohenheimer Bodenkundliche Hefte, Heft 91, Herausgeber: Kandeler, E.; Kuzyakov, Y.; Stahr, K.; Streck, T.; Kaupenjohann, M., Universität Hohenheim, Stuttgart. 145 S.
- LUBW (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, 2007): Wasser- und Bodenatlas Baden-Württemberg, 3. Ausgabe (WaBoA digital).
- SchALVO (Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung, 2001): Verordnung des Umweltministeriums über Schutzbestimmungen und die Gewährung von Ausgleichsleistungen in Wasser- und Quellschutzgebieten vom 20. Februar 2001.
- Sommer, K. (2001): Erfahrungen mit Ammoniumdepotdüngung (CULTAN-Verfahren), "CULTAN" und Ackerbau ohne Pflug. Landwirtschaft ohne Pflug, Heft 6/2001:11-16.