

# **INKLIM 2012 II plus**

## **Bericht über einen Vegetationsversuch zur Prüfung des Wasserbedarfs neuerer Sommergerstensorten bei variiertes N-Düngung**

Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, Fachgebiet 25

Projektbearbeitung: Dr. Johannes Heyn

Februar 2009

### **Zusammenfassung**

In einem Gefäßversuch mit vier Sommer-Gerstensorten wurde der Einfluss eines unterschiedlichen Gießwasserangebotes bei gleichzeitiger Variation der N-Düngermenge und der N-Düngerform (Nitrat, Ammonium) geprüft. Neben dem durch eine automatisch arbeitende Gießanlage aufgezeichneten Verbrauch an entionisiertem Gießwasser wurden die Merkmale „Ertrag“, „TM-Produktion je L H<sub>2</sub>O“, „N-Gehalt“ und „N-Entzug“ jeweils für Korn und Stroh verglichen.

Steigerungen der N-Düngermenge oder der Gießwassermenge wirkten überwiegend positiv auf den Ertrag. Die spezifische Produktivität eines Liters Gießwasser ging mit steigendem Aufwand zurück. Eine hohe Ammoniumdüngung in Verbindung mit einer knappen Wasserzufuhr führte besonders bei „Alexis“ und „Streif“ infolge der massiven Bodenversauerung zu Depressionen. Insgesamt wies die Sorte „Marthe“ das günstigste Korn:Stroh-Verhältnis auf und erreichte auch bei reduziertem Wasserangebot die günstigsten Produktivitätswerte und den höchsten N-Entzug im Korn.

Die Bodenuntersuchung nach Versuchsende zeigt die deutlich versauernde Wirkung der Ammoniumdüngung, die auch die pflanzenverfügbaren P-Bodenwerte absinken ließ. Die K-Bodengehalte nahmen durch die hohen Entzüge bei steigender N-Düngung eindeutig ab, während der Mg-Bodengehalt nur bei Nitratdüngung abgesenkt, bei Ammoniumdüngung dagegen angehoben wurde. Ein Sorteneinfluss auf die Bodennährstoffgehalte war nicht zu erkennen.

### **1 Fragestellung**

Zahlreiche wissenschaftliche Studien lassen auch für unser Bundesland Hessen mittel- und längerfristig eine Veränderung des Klimas erwarten (Inklim Baustein II, 2005).

Neben einem Anstieg der mittleren Jahrestemperatur ist auch eine zwar zunehmende, aber ungünstiger verteilte Niederschlagsintensität zu erwarten. Die ungünstigere Verteilung bezieht sich auf eine weniger dem Vegetationsverlauf und dem Pflanzenbedarf folgende Aufteilung auf die einzelnen Monate als auch auf eine deutliche Zunahme von Starkregenereignissen mit entsprechend hohen Anteilen an oberflächlichem Abfluss. Alle Erscheinungen können einzeln und erst recht im Zusammenspiel dazu führen, dass den Pflanzenbeständen zumindest temporär nicht die für optimales Wachstum und Ertragsbildung erforderliche Wassermenge zur Verfügung steht.

Auf einem erheblichen Anteil unserer landwirtschaftlichen Flächen scheidet die Möglichkeit einer ergänzenden Beregnung aus. Von daher bleiben nur züchterische und anbautechnische Maßnahmen, wenn der ökonomisch rentable Anbau bestimmter Fruchtarten auf den betroffenen Flächen weiterhin möglich bleiben soll.

Am Beispiel der So-Gerste wurde im vorliegenden Versuch geprüft, inwieweit neue Sorten, denen teilweise eine höhere „Wassereffizienz“ nachgesagt wird, auf Verknappung des Wasserangebotes quantitativ und qualitativ reagieren und ob Wechselbeziehungen zum N-Düngeangebot (N-Menge, N-Form) festzustellen sind. Ergänzend wurden die Auswirkungen auf die Bodennährstoffgehalte untersucht.

## 2 Material und Methoden

Der nachfolgend beschriebene Vegetationsversuch wurde in der Gefäßversuchsstation des Landesbetriebes Landwirtschaft Hessen in Kassel-Harleshausen durchgeführt. Die analytischen Untersuchungen an Boden und Aufwuchs erfolgten in am gleichen Standort gelegenen Laboratorien des Landesbetriebs Hessisches Landeslabor.

In Kick-Brauckmann-Gefäßen (Füllung mit jeweils 10 kg Boden) wurden die in Tab. 1 aufgeführten So-Gerstensorten geprüft, die aufgrund ihrer Zulassungsjahre unterschiedliche Züchtungsgenerationen repräsentieren.

Tab.1 Angaben zu den im Versuch geprüften Sommergerstensorten  
(Angaben und Boniturwerte aus „Beschreibende Sortenliste 2008“)

	<b>Alexis</b>	<b>Pasadena</b>	<b>Marthe</b>	<b>Streif</b>
Sortenzulassung seit:	1986	1998	2005	2007
Gemeldete Vermehrungsfläche 2008 in ha	31	179	5578	161
Reife	6	6	5	5
Pflanzenlänge	4	3	3	3
Lager	5	3	4	4
Mehltau	2	5	2	2
Zwergrost	8	3	5	4
Bestandesdichte	6	7	8	7
Kornzahl je Ähre	5	6	5	5
Tausendkornmasse	5	5	6	6
Ertrag, ohne Wachstumsregler und Fungizid	2	5	6	8
Ertrag, mit Wachstumsregler und Fungizid	3	5	6	7

Als einheitlicher Versuchsboden kam sandiges Material mit folgenden Nährstoffgehalten zum Einsatz: pH = 6,7

folgende Angaben in mg/100 g Boden:  $P_2O_5 = 20$ ,  $K_2O = 13$ ,  $Mg = 3$ , lösl. N = 0,95  
Korngrößenanteile in %: Sand = 73,9 %, Schluff = 21,0 %, Ton = 5,1 %

Als zweiter Versuchsfaktor nach der Sortenvariation wurde die angebotene N-Dünger-  
menge variiert und zwar nach folgendem Plan:

Faktor II, N-Düngermenge je Gefäß:

- |    |     |                |   |
|----|-----|----------------|---|
| 1. | N 0 | = N-Null       |   |
| 2. | N 1 | = 1 g N/Gef.   | davon 2/3 zur Aussaat, 1/3 in Stadium BBCH 39 |
| 3. | N 2 | = 1,5 g N/Gef. | „ „   |
| 4. | N 3 | = 2 g N/Gef.   | „ „   |

Die N-Düngung wurde in 2 unterschiedlichen N-Formen angeboten und zwar als Nitrat und als Ammonium. Letzteres wurde als schwefelsaures Ammoniak (SSA) gegeben. Um eine möglichst lang anhaltende Ammoniumernährung der Pflanzen zu gewährleisten, wurde der Nitrifikationshemmstoff Piadin (= Handelsname, Wirkstoffe: 1 H- 1,2,4-Triazol + 3-Methylpyrazol) in einer Vergleichsmenge von 8 L/ha zugesetzt. Zur Nitratdüngung wurde Calcinit (= Handelsname) eingesetzt, der gegenüber SSA nötige Schwefelausgleich erfolgte mit Gips.

Faktor III, N-Düngerform:

1. reine Nitraternährung (Calcinit)
2. Ammoniumernährung (SSA + Piadin)

Als letzter Versuchsfaktor wurde das Gießwasserangebot in folgenden Abstufungen variiert:

Faktor IV, Wasserangebot:

1. niedrig ( 50 % Wasserkapazität, später abgesenkt auf 30 und 20)
2. normal ( 70 % Wasserkapazität, später abgesenkt auf 50 und 40)
3. hoch ( 85 % Wasserkapazität, später abgesenkt auf 65 und 55)

In den ersten 2 Wochen nach Aufgang wurde der Boden einheitlich per Handbewässerung angefeuchtet, danach wurde die Gießwassermenge mit der automatischen Wiege- und Gießanlage auf die o. g. Wasserkapazitätswerte dosiert.

Anhand dieser beschriebenen Versuchsglieder und einer vierfachen Wiederholung ergab sich ein gesamter Versuchsumfang von 336 Gefäßen.

Versuchsumfang:  $(4 \times 3 \times 2 \times 3) + (4 \times 3) = 84$  Varianten

84 Varianten x 4 Wdh. = 336 Gefäße

Die durchgeführten Versuchsarbeiten sind aus der nachfolgenden Zeittabelle ersichtlich (Tab. 2).

Das Erntegut wurde auf seinen N-Gehalt hin untersucht, der Boden nach Versuchsende auf pH-Wert und Grundnährstoffgehalte.

Tab. 2 Zeitplan der durchgeführten Versuchsarbeiten

Datum	
23.03.08 – 26.03.08	Kick-Brauckmann-Gefäße mit Boden befüllt. Wasserkapazitätsbestimmung (246 mL/kg Boden = 100 % WK)
22.04.08	2/3 N- und S-Ausgleichsdüngung für Alexis, Zugabe von Piadin + 250 mL H <sub>2</sub> O
25.04.08	2/3 N- und S-Ausgleichsdüngung für Pasadena, Marthe und Streif, Zugabe von Piadin + 250 mL H <sub>2</sub> O
29.04.08	Aussaats Alexis
29.04.08	Aussaats Pasadena und Marthe
30.04.2008	Aussaats Streif
Bis 13.05.08	Schlechter und uneinheitlicher Aufgang aller Sorten, Rangfolge Alexis (schlecht) – Pasadena – Marthe – Streif (befriedigend)
15.05.08	Alexis nachgesät
16.05.08	Pasadena nachgesät
26.05.08	Marthe auf 40 Pfl/Gef. Vereinzelt
28.05.08	Streif auf 36 Pfl/Gef. Vereinzelt
02.06.08	Alexis auf 27 Pfl/Gef. Vereinzelt
03.06.08	Pasadena auf 36 Pfl/Gef. Vereinzelt
02.06.08	1/3 N-Nachdüngung zu Alexis, Beginn der automatischen Bewässerung
03.06.08	1/3 N-Nachdüngung zu Pasadena
04.06.08	1/3 N-Nachdüngung zu Marthe und Streif
05.06.08	Absenkung der Gießmengen auf 65, 50 und 30 % WK
06.06.08	Insektizidbehandlung mit 0,1 L/ha Fastac SC
12.06.08	Insektizidbehandlung mit 300 g/ha Pirimor
01.07.08	Bewässerung umgestellt auf 1 Gießvorgang/Tag
10.07.08	Absenkung der Gießmenge auf 55, 40, 20 % WK
31.07.08	Ernte Alexis u. Pasadena
01.08.08	Ernte Marthe
04.08.08	Ernte Streif

### 3 Wachstumsbeobachtungen und Versuchsergebnisse

Die Nitraternährung bewirkte in den Jugendstadien eine leichte Entwicklungsverzögerung gegenüber der Ammoniumernährung. Später kehrte sich das Verhältnis um. In den hoch mit SSA gedüngten Varianten verlief das Ährenschieben deutlich verlangsamt, die Ähren blieben über eine längere Phase in Höhe des Fahnenblattes stecken.

Etwa ab dem Ährenschieben waren Wachstumsdifferenzierungen infolge der unterschiedlichen Bewässerungsgaben deutlich sichtbar. Insbesondere die reichlich mit Wasser versorgten Varianten zeichneten sich durch ein größeres Längenwachstum aus, wobei Alexis die größten Unterschiede aufwies.

Gegen Ende der Vegetationsphase hin wurden die Unterschiede in der N-Düngerwirkung wieder klarer sichtbar. Die hohen N-Gaben wirkten reifeverzögernd, wobei die Nitratlösung deutlicher differenzierte als die Ammoniumdüngung.

Die in der Anlage enthaltenen Tabellen 3a bis 3d zeigen neben dem absoluten Wasserverbrauch während der Zeit des automatisierten Gießens den Trockenmasseertrag von Korn und Stroh, die TM-Produktivität je Liter Gießwasser, den N-Gehalt in Korn und Stroh sowie den daraus errechneten N-Entzug durch die Pflanzen. In den Tabellen 3a bis 3d sind die Ergebnisse für alle Varianten der So-Gerstensorten Alexis, Pasadena, Marthe und Streif aufgeführt. In der Tabelle 3e die einfaktoriellen Mittelwerte für Sorten, N-Menge, N-Form und Wasserangebot, in der Tab. 3f die zwei- und mehrfaktoriellen Mittelwerte. Zur Signifikanzprüfung der Differenzen zwischen Variantenwerten bzw. Faktormittelwerten sind die varianzanalytisch berechneten Grenzdifferenzen für die Überschreitungswahrscheinlichkeitsstufen  $P = 5 \%$ ,  $P = 1 \%$  und  $P = 0,1 \%$  bei den Merkmalen Wasserverbrauch sowie Korn- und Strohertrag angegeben.

Diese Tabellen dienen in erster Linie der Dokumentation aller Versuchsdaten. Eine Besprechung der Versuchsergebnisse erfolgt besser anhand der Abbildungen, die ebenfalls als Anlage beigefügt sind. Sie beziehen sich auf die Parameter Korn- und Strohertrag, die Korn- und Strohproduktivität je eingesetztem Liter Gießwasser und den aus Ertrag und N-Gehalt berechneten N-Entzug durch Korn und Stroh. Es wird jeweils zunächst der Einfluss der Faktoren N-Menge, N-Form und Wasserangebot auf die Mittelwerte aus allen 4 Gerstensorten dargestellt und später anhand der sortendefinierten Abbildungen auf die spezifischen Abweichungen eingegangen.

### 3.1 Korn- und Strohertrag

Abb. 1 zeigt über alle N-Stufen hinweg einen im Mittel aller 4 Sorten steigenden Korn- und Strohertrag mit zunehmendem Wasserangebot. Die N-Düngung bewirkt generell gegenüber der N-Null-Variante einen erheblichen Ertragsanstieg und bei Steigerung in den Stufen N1, N2 und N3 recht unterschiedliche Auswirkungen. Unter den trockenen Bedingungen (50-30-20 % WK) lässt sich bei Nitratdüngung nur ein schwacher Anstieg des Strohertrages feststellen, im Kornertrag so gut wie nicht. Bei mittleren Feuchtebedingungen (70-50-40 % WK) steigt der Kornertrag von N1 auf N2 sehr deutlich, von N2 auf N3 dagegen kaum noch. Alle 3 Varianten liegen aber wesentlich höher als bei Trockenheit. Eine weitere klare Ertragssteigerung bringt dann die hohe Wasserzugabe. Hier steigt der Kornertrag gleichmäßig über alle 3 N-Stufen.

Die Düngung mit Ammonium führt in den Stufen N1 und N2 in allen 3 Feuchtestufen zu höherem Kornertrag als bei Nitratdüngung. Auffällig ist die Entwicklung in Stufe N3: bei trockenen Bedingungen kommt es zu einem klaren Ertragsabfall gegenüber Stufe N2, bei mittleren Feuchtebedingungen zu einem ungefähren Ertragsgleichstand und bei feuchten Bedingungen noch zu einem schwachen Mehrertrag. Allerdings wird hier der Spitzenertrag der Variante „N3 Nitratdüngung“ nicht erreicht.

Der Strohertrag nimmt bei Nitratdüngung unter trockenen und mittleren Feuchtebedingungen stärker zu als der Kornertrag, unter feuchten Bedingungen ungefähr synchron. Steigende Ammoniumdüngung fördert den Strohertrag über alle N-Stufen, mit zunehmender Feuchtestufe fällt er jedoch gegenüber dem bei Nitratdüngung erzielten zurück. Insgesamt zeigt sich die hohe Ertragswirksamkeit einer zunehmenden Wasserversorgung, insbesondere wenn dadurch auch hohe N-Düngergaben zur Wirkung kommen können.

In Abb. 2 ist die spezifische Ertragsreaktion der Sorte „Alexis“ dargestellt. Sie weicht gegenüber dem in Abb. 1 gezeigten mittleren Sortenbild insofern ab, als sie mit niedrigerem Kornertrag auf das niedrige und auch auf das mittlere Wasserangebot reagiert.

Erst das hohe Wasserangebot lässt die N-Steigerung bei Nitratdüngung voll zur Wirkung kommen. Bei Ammoniumdüngung reicht auch das nur zu einem Ertragsanstieg bis zur Stufe N2, bei mittlerem und geringen Wasserangebot fällt der Ertragsabfall in Stufe N2 extrem deutlich aus. Bei Alexis fällt der in Relation zum Kornertrag höhere Strohertrag auf, der über dem Mittel aller 4 Sorten liegt.

Die in Abb. 3 gezeigte Sorte „Pasadena“ weicht gegenüber dem in Abb. 1 gezeigten mittleren Bild nur insofern ab, als sie bereits bei mittlerer Wasserversorgung ihre höchsten Korn- und Stroherträge erreicht. Eine höhere Wasserzufuhr verbessert auch nicht die Verträglichkeit der Ammoniumdüngung in der hohen Stufe N2.

Bei der Sorte „Marthe“ (Abb. 4) fällt auf, dass sie in keiner der N-gedüngten Varianten einen über dem Kornertrag liegenden Strohertrag bringt. Das kann als Kennzeichen einer modernen Sorte angesehen werden. Unter trockenen Bedingungen kommt es bei ihr nicht zu einem Ertragsabfall in der N2-Stufe bei Ammoniumernährung und bei höherer Wasserzugabe wird hier noch Mehrertrag erzielt. Bei Nitratdüngung unterscheidet sie sich nicht wesentlich vom Mittelwert aller Sorten.

Die jüngste Sorte des Vergleiches „Streif“ (Abb. 5) weist in einigen Varianten bei trockenen und mittleren Feuchtebedingungen wieder ein ungünstigeres Korn:Stroh-Verhältnis auf. Bei Nitratdüngung kommt es erst in der höchsten Feuchtestufe zu einem Kornertragsanstieg bei N-Steigerung. Bei Ammoniumernährung ist der Ertragsabfall in Stufe N2 bei trockenen Bedingungen vergleichbar krass wie bei Alexis, bei mittlerer Wasserversorgung bleibt der Ertrag in Stufe N2 und N3 gleich und erst in der höchsten Feuchtestufe steigt der Ertrag auch bei Ammoniumdüngung. Insgesamt reagiert Streif am dankbarsten auf die hohe Wasserzugabe und im Gegenzug dazu kann sie bei schwächerer Wasserversorgung die steigenden N-Gaben kaum in Kornertrag umsetzen. Hier geht dann ein großer Anteil in die Strohproduktion.

### **3.2 Korn- und Strohproduktion in Abhängigkeit vom Gießwasserverbrauch**

Die aus Ertrag und Wasserverbrauch errechnete Trockenmasse-Produktivität je verbrauchtem Liter Gießwasser wird in den Abbildungen 6 bis 10 gezeigt. Analog der Reihenfolge der Ertragsabbildungen wird in Abb. 6 zunächst die Reaktion im Mittel aller vier Sorten gezeigt, danach folgen die Grafiken für jede Sorte einzeln.

Gegenüber „N-Null“ wird die Produktivität des Gießwassers durch die N-Düngung generell mehr als verdoppelt (Abb. 6). Demgegenüber sind alle weiteren Differenzierungen vergleichsweise gering. Eine eindeutige Beeinflussung der Korn-Produktivität in Abhängigkeit von der Bewässerungsstufe ist nicht zu erkennen. Zwischen den N-Stufen können die Unterschiede bei Nitratdüngung als zufällig angesehen werden. Bei Ammoniumdüngung ist der Abfall der Korn-Produktivität in der N2-Stufe bei niedrigem und mittlerem Wasserangebot noch ausgeprägter als der Rückgang im Kornertrag. Absolut einheitlich ist die Korn-Produktivität des Gießwassers zwischen den N-Stufen bei hohem Wasserangebot.

Je Liter Gießwasser wird Stroh-Trockenmasse in fast gleicher Höhe wie Korn-Trockenmasse produziert. Hier ist die Produktivität des Gießwassers bei knappem Angebot in der trockenen Stufe am höchsten, und sie nimmt mit steigendem Wasserangebot ab. Innerhalb der N-Stufen steigt die Produktivität nur in der mittleren Feuchtestufe und bei Ammoniumdüngung in der hohen Feuchtestufe.

Bei Einzelbetrachtung der Sorte „Alexis“ zeigt die Parallelität zur Ertragsgrafik (Abb. 7 und Abb. 2) die Abhängigkeit der Merkmale untereinander. Eine Verringerung der Korn-Produktivität des Gießwassers bei steigendem Angebot ist hier nicht zu erkennen. Auch das steigende N-Angebot wirkt sich nicht positiv aus, mit Ausnahme der Nitratdüngung bei hohem Wasserangebot. Die zunehmende Ammoniumdüngung reduziert bei Verringerung des Wasserangebotes die Korn-Produktivität zunehmend deutlich. Die Stroh-Produktivität sinkt mit steigendem Wasserangebot und nimmt aber in fast allen Fällen mit steigendem N-Angebot zu.

„Pasadena“ zeigt ein wesentlich ausgeglicheneres Bild (Abb. 8). Der negative Effekt der hohen Ammoniumdüngung ist kaum ausgeprägt. Das steigende Wasserangebot senkt generell die Stroh-Produktivität etwas ab, wobei nur in der mittleren und hohen Feuchtestufe die steigende N-Düngung positiv wirken konnte.

In Abb. 9 sind die Produktivitätsergebnisse der Sorte „Marthe“ dargestellt. Wie schon beim Ertrag fällt auch hier das günstige Korn:Stroh-Verhältnis auf, d. h. Marthe produziert weniger Stroh als Korn. In der niedrigen und mittleren Feuchtestufe wird die höchste Korn-Produktivität erreicht, bei hoher Feuchtestufe nimmt sie etwas ab. Die Stroh-Produktivität sinkt bereits von der trockenen zur mittleren Feuchtestufe. Eine Empfindlichkeit gegenüber der hohen Ammoniumdüngung ist nicht zu erkennen, Ammoniumdüngung ist der Nitratdüngung bei dieser Sorte mindestens gleichwertig.

„Streif“ weist erst in der hohen Feuchtestufe ein der Marthe vergleichbares Korn:Stroh-Verhältnis auf (Abb. 10). In der Korn-Produktivität ist der besonders krass ausgeprägte Abfall bei hoher Ammoniumdüngung und niedrigem Wasserangebot zu beachten.

### **3.3 Stickstoff-Entzug**

Abschließend wird in den Abbildungen 11 bis 15 der N-Entzug in Korn und Stroh gezeigt. Das aus Ertrag und N-Gehalt des Aufwuchses berechnete Merkmal ist ein besonders guter Indikator der Ausnutzung des N-Angebotes durch die Pflanzen. Generell wird deutlich mehr N im Korn entzogen als im Stroh, der Faktor liegt ungefähr bei 3.

Im Mittel aller 4 Sorten (Abb. 11) ergibt sich zwar eine deutliche Zunahme des Entzuges in Korn und Stroh bei steigender N-Düngung, in Relation zur gedüngten N-Menge sinkt aber die Ausnutzung von ca. 100 % in Stufe N1 bis auf ca. 80 % in Stufe N3. Zwischen den N-Formen ergibt sich ungefähr ein Gleichstand, mit Ausnahme der Unterlegenheit der hohen Ammoniumdüngung unter trockenen Bedingungen. Die Höhe des Wasserangebotes wirkt sich nicht auf den mittleren N-Entzug im Stroh aus, der N-Entzug im Korn fällt nur in der trockenen Stufe gegenüber den beiden anderen ab.

„Alexis“ (Abb. 12) zeigt den insgesamt niedrigsten N-Entzug aller geprüften Sorten. Er nimmt mit steigendem Angebot von Wasser und Stickstoff zu, wobei beim Korn-Entzug auch hier die Depression bei hoher Ammoniumdüngung und niedrigem, auch mittlerem Wasserangebot zu erkennen ist.

Bei „Pasadena“ (Abb. 13) fällt der wieder sinkende Entzug bei hoher Wasserversorgung auf.

„Marthe“ (Abb. 14) unterstreicht auch in diesem Merkmal ihr günstiges Korn:Stroh-Verhältnis und ihre Vorrangstellung im Korn-Entzug bei niedrigem und mittlerem Wasserangebot. Die N-Steigerung wirkt bei beiden N-Formen annähernd gleich.

Bei „Streif“ (Abb. 15) kann die N-Steigerung unter trockenen Bedingungen nur bis zur Stufe N2 positiv auf den N-Entzug im Korn wirken, bei Ammoniumdüngung kommt es in Stufe N3 zur deutlichsten Einbuße. Erst die gesteigerte Wasserzugabe lässt die höheren N-Gaben zur Wirkung kommen.

### **3.4 Bodenuntersuchungsergebnisse nach Versuchsende**

Die Bodenuntersuchungen nach Versuchsende lassen einen deutlichen Einfluss der N-Düngung und der dadurch erreichten Nährstoffentzüge erkennen (Tab. 4). Demgegenüber ist der Sorteneinfluss gering und kann hier vernachlässigt werden. Abb. 18 zeigt die massiv bodenversauernde Wirkung des Ammoniumdüngers, der bei niedriger Wasserversorgung so deutlich ausfällt, dass er für die Ertragseinbußen in der N2-Stufe als ursächlich angesehen werden kann. In Abb. 19 wird deutlich, dass auch die P-Verfügbarkeit infolge der Versauerung deutlich herabgesetzt wird. Allerdings dürfte auch bei Werten um 15 mg/100 Gramm Boden die Ertragsfähigkeit noch in voller Höhe erhalten bleiben. Abb. 20 lässt die hohe Inanspruchnahme der Boden-K-Reserven bei infolge der N-Düngung massiv gesteigertem Entzug erkennen. Auch die Mg-Gehalte des Bodens (Abb. 21) werden durch steigende Entzüge verringert, allerdings nur bei Nitratdüngung. Bei Ammoniumdüngung kommt es dagegen in Zusammenhang mit der Bodenversauerung zu einer merklichen Freisetzung aus den Bodenreserven.

## **4 Diskussion der Ergebnisse**

Zur Beurteilung der Wirkung der geprüften Wachstumsfaktoren sei zunächst die Frage nach der N-Düngerform beantwortet. Die Ammoniumdüngung ist der Nitratdüngung nach den vorliegenden Ergebnisse insofern unterlegen, als sie bei hohen Düngergaben in Verbindung mit einer knappen oder auch noch mittleren Wasserzufuhr bei „Alexis“ und „Streif“ zu einer mehr oder weniger deutlichen Ertragsdepression führt. Entsprechend schneiden hier auch die, jeweils aus dem Ertrag als einem von zwei Faktoren berechneten Merkmale „Produktivität je Liter Gießwasser“ und „N-Entzug“ schlechter ab. Die Ursachen für diese negative Wirkung der hohen Ammoniumgaben in Verbindung mit unzureichender Wasserzufuhr können in der hier extrem deutlichen Absenkung des pH-Wertes bei diesem bodenversauernden Dünger liegen. Auch die Phosphatverfügbarkeit ist durch diesen Dünger merklich herabgesetzt, allerdings dürften auch die hier gefundenen P-Bodengehalte noch für eine „normale“ Ertragsbildung ausgereicht haben.

Ebenso nimmt die positive Wirkung der Nitratdüngung mit sinkendem Wasserangebot ab, allerdings ohne dass es in der trockenen Stufe zu Minderertrag kommt. Es bleibt hier bei einem annähernden Ertragsgleichstand.

Um die entscheidende Frage nach den Wechselwirkungen zwischen Sorte und Wasserangebot unter Außerachtlassung der möglichen depressiven Wirkung der Ammoniumdüngung besser beantworten zu können, sind in den Abbildungen 16 und 17 jeweils die Sortenmittelwerte bei unterschiedlichem Wasserangebot und bei ausschließlicher Nitratdüngung dargestellt. Der Sortenvergleich im entscheidenden Merkmal „Produktivität je L Gießwasser“ (Abb. 16) lässt eindeutige Aussagen zu. „Alexis“ als die älteste der geprüften Sorten ist in Bezug auf das Korn am wenigsten produktiv, bei gleichzeitig ungünstigem Korn:Stroh-Verhältnis. Die jüngste Sorte „Streif“ liegt in der Korn-Produktivität deutlich höher, sie zeigt jedoch eine uneinheitliche Reaktion auf die

unterschiedliche Wasserzufuhr. „Pasadena“ und „Marthe“ reagieren eindeutig mit sinkender Produktivität auf ein steigendes Wasserangebot, hier kommt das Gesetz vom abnehmenden Ertragszuwachs klar zur Geltung. Allerdings erreicht „Marthe“ insgesamt eine höhere Produktivität und zeichnet sich zusätzlich durch das günstigste Korn:Stroh-Verhältnis aus.

Der Sortenvergleich im Merkmal „N-Entzug“ (Abb. 17) zeigt, dass „Marthe“ auch den eingesetzten Stickstoff am besten in Entzug durch das Korn umsetzen kann. Sie erreicht hier die höchsten Entzugswerte bei den gleichzeitig geringsten Entzügen im Stroh. Bemerkenswert ist noch, dass „Pasadena“ im Gegensatz zu den anderen drei Sorten bei dem höchstem Wasserangebot wieder ein Absinken des N-Entzuges im Korn hinnehmen muss.

Insgesamt erweist sich in diesem einjährigen Vergleich die Sorte „Marthe“ als diejenige, die am besten mit einem reduzierten Wasserangebot umgehen kann. Nicht zuletzt beruht das auf ihrer eindeutigen Bevorzugung der Kornproduktion gegenüber der Strohproduktion.

Zur Absicherung dieser einjährigen Ergebnisse sollte der Versuch in einem weiteren Jahr wiederholt werden.

#### **Literatur:**

Bundessortenamt: Beschreibende Sortenliste 2008, Getreide, Mais, Ölfrüchte, Leguminosen (großkörnig), Hackfrüchte (außer Kartoffeln).  
ISSN 0948 – 4167, 2008

InKlim Baustein II – Klimawandel und Landwirtschaft in Hessen: mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf landwirtschaftliche Erträge. Abschlussbericht des wissenschaftlichen Zentrums für Umweltforschung, Universität Kassel, August 2005

#### **Anlagen**

Anlage 1: Abbildungen

Anlage 2: Tabellen