

Thüringer Landesanstalt  
für Landwirtschaft



Thüringer Ministerium  
für Landwirtschaft, Naturschutz  
und Umwelt

FREISTAAT  
THÜRINGEN



## **Impressum**

Herausgeber: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft  
Naumburger Straße 98  
07743 Jena  
Telefon: 03641 683-0  
Telefax: 03641 683-390  
mail: [postmaster@tll.thueringen.de](mailto:postmaster@tll.thueringen.de)

Autoren: Dr. Wilfried Zorn, Hubert Heß, Hubert Schröder,  
Herbert Michel und Dr. Peter Gullich (TLL)  
Andreas Horn und Sabine Ilgen (Vst. Bad Salzungen)

Druck: Justizvollzugsanstalt Hohenleuben  
Gartenstraße 4  
07958 Hohenleuben

Juni 2009

- Nachdruck - auch auszugsweise - nur mit Quellenangabe gestattet. -

# **Landwirtschaftsamt Bad Salzungen**

**Feldversuche in Bad Salzungen 1934 - 2009**



# Inhalt

<b>1</b>	<b>Willkommen im Amtsbereich des Landwirtschaftsamtes Bad Salzungen.....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Geschichte der Versuchsstation .....</b>	<b>8</b>
2.1	Aufgaben der Versuchsstation im Wandel der Zeit .....	8
2.2	Flächenbereitstellung und technische Ausstattung .....	11
2.3	Personalentwicklung.....	13
2.4	Natürliche Standortbedingungen.....	13
2.5	Versuchsprogramm 2008/09.....	13
2.6	Öffentlichkeitsarbeit.....	13
2.7	Künftige Aufgaben.....	14
<b>3</b>	<b>Standort und Witterung.....</b>	<b>15</b>
3.1	Standort.....	15
3.2	Witterung 1994 bis 2008 .....	16
<b>4</b>	<b>Ergebnisse von Düngungsversuchen im Zeitraum 1993 bis 2008 .....</b>	<b>20</b>
4.1	Dauerversuch L 28 zur organisch-mineralischen Düngung.....	20
4.1.1	Zielstellung.....	20
4.1.2	Versuchsdurchführung .....	20
4.1.3	Ergebnisse.....	21
4.1.4	Fazit und Schlussfolgerungen .....	27
4.1.5	Literatur .....	27
4.2	Dauerversuch M 222 zur organisch-mineralischen Düngung .....	28
4.2.1	Zielstellung.....	28
4.2.2	Versuchsdurchführung .....	28
4.2.3	Ergebnisse.....	29
4.2.4	Fazit .....	34
4.3	Versuche zur N-Düngung.....	34
4.3.1	Statischer SBA-Versuch.....	35
4.3.1.1	Zielstellung.....	35
4.3.1.2	Versuchsdurchführung .....	35
4.3.1.3	Ergebnisse.....	36
4.3.1.4	Fazit .....	38

4.3.2	Einjährige N-Düngungsversuche .....	38
4.3.2.1	Zielstellung.....	39
4.3.2.2	Versuchsdurchführung .....	39
4.3.2.3	Ergebnisse.....	39
4.3.2.4	Fazit .....	41
4.4	N-Düngung zu Qualitätsweizen.....	42
4.4.1	Zielstellung.....	42
4.4.2	Versuchsdurchführung .....	42
4.4.3	Fazit .....	44
4.5	Versuche zur Schwefeldüngung .....	45
4.5.1	Zielstellung.....	45
4.5.2	Versuchsdurchführung .....	46
4.5.3	Ergebnisse.....	46
4.5.4	Fazit .....	48
4.6	Statischer P-Düngungsversuch .....	49
4.6.1	Zielstellung.....	49
4.6.2	Versuchsdurchführung .....	49
4.6.3	Ergebnisse.....	49
4.6.4	Fazit .....	51
4.7	Statischer K-Düngungsversuch .....	51
4.7.1	Zielstellung.....	51
4.7.2	Versuchsdurchführung .....	52
4.7.3	Ergebnisse.....	52
4.7.4	Fazit .....	55
4.8	Statischer Mikronährstoff- und Schwefeldüngung .....	56
4.8.1	Zielstellung.....	56
4.8.2	Versuchsdurchführung .....	57
4.8.3	Ergebnisse.....	57
4.8.4	Fazit .....	59
<b>5</b>	<b>Fazit .....</b>	<b>60</b>

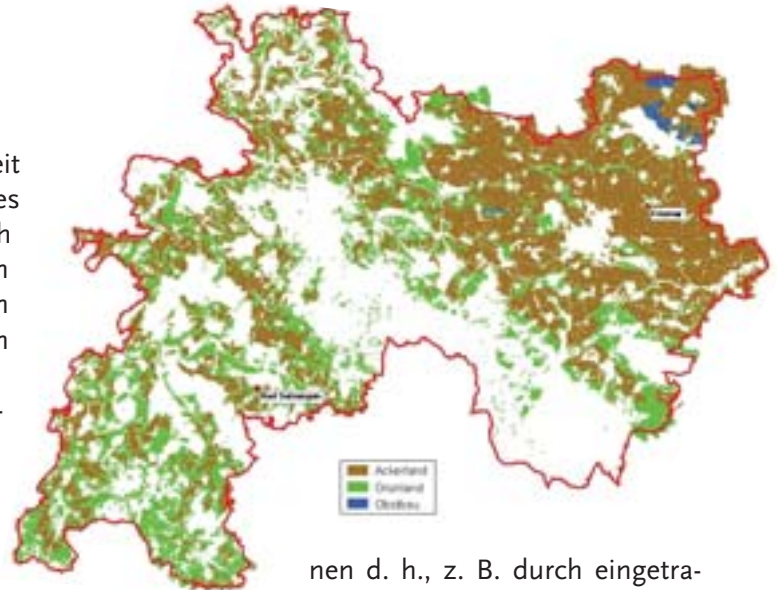
# 1 Willkommen im Amtsbereich des Landwirtschaftsamtes Bad Salzungen

Das Landwirtschaftsamt Bad Salzungen ist seit dem Jahr 2005 Ansprechpartner für Landwirte des Wartburgkreises, der kreisfreien Stadt Eisenach und des Landkreises Gotha. Der Amtsbereich erstreckt sich von den „Fahnerschen Höhen“ im Nordosten über den Thüringer Wald bis hin zum Biosphärenreservat Rhön im Südwesten.

Die durch das Liegenschaftskataster ermittelte Bodenfläche beträgt insgesamt 234 427 ha und umfasst ca. 46,4 % Landwirtschaftsfläche, 31,8 % Wald, der Rest ist Siedlungs- und Verkehrsfläche, Wasserfläche, Abbauand, Ödland, Unland und Übungsgelände.

Die natürlichen Standortbedingungen wie Höhenlage, Niederschlag und mittlere Jahrestemperatur sind regional sehr differenziert. In Bezug auf die Bonität der Böden verfügt der Landkreis Gotha vergleichsweise über günstigere Voraussetzungen als der Wartburgkreis, in dem 78 % der Flächen in den so genannten benachteiligten Gebieten liegen.

Im Jahr 2008 wurden 77,9 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) des Amtsbereiches von Betrieben in der Rechtsform juristischen Perso-



nen d. h., z. B. durch eingetragene Genossenschaften, GmbH und GmbH & Co. KG bewirtschaftet. Auf die natürlichen Personen im Haupt- und Nebenerwerb sowie die Personengesellschaften entfielen 22,1 % der LF.

Zur Nahrungs- und Futtermittelproduktion sowie der Bereitstellung von Rohstoffen für die Industrie und zur Energieerzeugung wurden 2008 im Amtsbereich 106 884 ha LF bearbeitet. Das entspricht

## Natürliche Standortbedingungen

	Gotha	Wartburg-region
Höhenlage (m ü. NN)	170...500	200...500
Jahrestemperatur (°C)	7,6	7,9
Jahresniederschlag (mm)	497...999	550...800
Ø Ackerzahl	56	38
Ø Grünlandzahl	30	47
Benacht. Gebiet (% d. LF)	21	78

Gebäude der Versuchsstation



ca. 13,5 % der gesamten LF von Thüringen. Dabei wurden 67 134 ha als Ackerland, 37 783 ha als Dauergrünland genutzt und auf 1 200 ha Dauerkulturen angebaut.

Entsprechend der vorherrschenden naturräumlichen Gegebenheiten überwiegt bei der landwirtschaftlich genutzten Fläche im Landkreis Gotha mit ca. 75 % die ackerbauliche Nutzung, während die Landwirtschaftliche Nutzfläche des Wartburgkreises durch einen hohen Grünlandanteil von ca. 46 % geprägt ist. Dies spiegelt sich auch in der Tierhaltung des Wartburgkreises (Thüringer Landesamtes für Statistik 2007) mit einem Viehbestand von 69 Rindern und 35 Schafen je 100 ha LF wieder. Einen entscheidenden Beitrag zur umweltgerechten Landwirtschaft, Erhaltung der Kulturlandschaft, Naturschutz und Landschaftspflege leisten die Landwirtschaftsbetriebe des Amtesbereiches Bad Salzungen im Jahr 2009 mit ihrer Teilnahme auf über 46 000 ha am KULAP.

Die in der letzten Zeit gefassten Beschlüsse zur weiteren Umsetzung der Gemeinsamen Europäischen Agrarreform lassen den Landwirtschaftsbetrieben größere Entscheidungsfreiheit in ihrer Produktionsausrichtung. Mit der fortschreitenden Globalisierung der Weltwirtschaft verstärkt sich aber auch

gleichzeitig die Wirkung des Marktes auf die Erzeugerpreise. Deshalb ist es wichtig, sich ständig weiterzubilden und die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse zu nutzen, um den ökonomischen und ökologischen Anforderungen gleichermaßen gerecht zu werden. Eine nachhaltige Ressourcen schonende Landbewirtschaftung setzt fundierte Kenntnisse im Pflanzenbau voraus.

Das Landwirtschaftliche Feldversuchswesen in Thüringen leistet hierzu unter fachlicher Anleitung der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft einen entscheidenden Beitrag. Unter Berücksichtigung nationaler und internationaler Rahmenbedingungen sowie regionaler Besonderheiten werden wissenschaftlich fundierte und praktisch erprobte Verfahren im Pflanzenbau erarbeitet.

Feldversuche dienen der Gewinnung von Erkenntnissen unter praxisnahen Bedingungen, auf unterschiedlichen Standorten unter verschiedenen Boden-, Klima- und Witterungsbedingungen, deren Ergebnisse letztlich als Anbauempfehlungen den Landwirten bereitgestellt werden.

Die in den Versuchsstationen durchgeführten Landessortenversuche dienen der Prüfung von neuen Sorten landwirtschaftlicher Kulturarten auf ihre



Artenspektrum der Fruchtarten



Anbaueignung unter den hiesigen Bedingungen. Hierbei spielen Ertragshöhe, Krankheitsanfälligkeit, Qualitätsmerkmale und agrotechnische Eignung eine entscheidende Rolle. Die im Auftrag des Bundessortenamtes durchgeführten Wertprüfungen (WP)/EU-Prüfungen haben das Ziel der Sortenzulassung.

Weiterhin werden Pflanzenarten auf ihre Eignung als nachwachsender Rohstoff zur energetischen Verwertung bzw. zur Gewinnung industrieller Rohstoffe getestet.

Außerdem werden Pflanzenschutzversuche zur Prüfung von Pflanzenschutzmitteln und Pflanzenstärkungsmitteln unter den gegebenen regionalen Boden- und Witterungsbedingungen durchgeführt. Schwerpunkte hierbei sind die Ermittlung der Wirksamkeit und der Wirtschaftlichkeit der einzelnen Pflanzenschutzmaßnahmen sowie die Erarbeitung von Empfehlungen für die Einhaltung der "Guten fachlichen Praxis" in der Pflanzenproduktion.

Dazu gehört auch eine nach Art, Menge und Zeitpunkt auf den Bedarf der Pflanzen und der im Boden verfügbaren Nährstoffe ausgerichtete Düngung. Diese ist gleichzeitig eine der effektivsten Maßnah-

men für eine erfolgreiche umweltschonende und effektive Bewirtschaftung des Ackerlandes.

Die Durchführung von mehrfaktoriellen Düngungsversuchen ist für die Vermeidung von Nährstoffverlusten durch Auswaschung und Bodenerosion sowie der damit verbundenen Eintragung in die Gewässer von besonderem Wert.

Im langjährigen Düngungsversuch L 28 in Bad Salzungen wird im Besonderen die Wirkung der organischen Düngung in Verbindung mit N-Mineraldüngung auf den Pflanzenertrag sowie auf die N- und Humusdynamik im Boden untersucht.

Während der Feldtage der Versuchsstationen bieten sich gute Gelegenheiten mit Berufskollegen fachlich ins Gespräch zu kommen. Wie schon Theodor Römer feststellte, der zu Recht als Vater des Feldversuchswesens bezeichnet wird, ist „Ohne blühendes Feldversuchswesen keine blühende Landwirtschaft“ möglich.

Besuchen Sie das Versuchsfeld in Bad Salzungen, auf dem seit über 75 Jahren Feldversuche durchgeführt werden.

*Michael Gewalt*

*Amtsleiter Landwirtschaftsamt Bad Salzungen*



Beschäftigte der Versuchsstation 2009 (v. li.: C. Schnell, L. Sauerbrey (beide Saisonkräfte), A. Horn, S. Ilgen, G. Walther und R. Kümpel)

## 2 Geschichte der Versuchsstation

### 2.1 Aufgaben der Versuchsstation im Wandel der Zeiten

Der Standort der Versuchsstation Bad Salzungen kann auf viele Jahrzehnte pflanzenbaulicher Feldversuche zurückblicken. Bereits 1934 veranlasste hier auf Domänenflächen die Landesbauernschaft Thüringen mit Sitz in Weimar die ersten Landesortenversuche sowie Düngungsversuche im Auftrag der wissenschaftlichen Abteilung des Deutschen Kalisyndikats.

Nach dem II. Weltkrieg stand die Ernährungssicherung der Bevölkerung als dringlichste Aufgabe im Vordergrund, so dass das Versuchsfeld Bad Salzungen durch das Ministerium für Versorgung Erfurt wiederum mit der Aufgabe betraut wurde, für die Landwirtschaft neue Sorten und Pflanzenbauempfehlungen zu testen. Seit 1934 bis Ende der 50er Jahre hatte Sepp Kerschberger, Vater des späteren Abteilungsleiters Pflanzenproduktion der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Dr. Manfred Kerschberger, die Betreuung der Bad Salzunger Versuchsstation inne. Aus einem alten Lageplan (Abb. 1) gehen die Schwerpunkte der damaligen Versuchstätigkeit hervor.



Mitarbeiter 1959



Kreisbodenprüfer Herr Ring  
mit Bauern 1962



R. Kind und Mitarbeiter 1962



Bau Massivgebäude 1962

# Lageplan von Versuchsfeld Bad-Salzung.

120 m. ————— Kellerrunde 50 m

1944	34m	Lein	Wi. Weizen	Wi. Gerste	Himmel	Wi. Weizen	
45		Zu. Rüben	Zu. Rüben	Zu. Rüben	Zwiebeln Kartoffeln	Kartoffeln	
46		III	So. Gerste	Mafer	So. Weizen	Mafer/Zwiebeln/Weizen	So. Gerste
47		Wi. Raps	Erbsen	Erbsen / Sojabohnen	So. Raps Mafer	Kartoffeln	Kartoffeln
48		4000 qm + Kellerrunde	Lein	Wi. Weizen	Wi. Weizen	Wi. Weizen	Wi. Weizen
49	1020 qm	R. Raps					

1944	34m	Zu. Rüben	Guinpinet / Malzbrot Samenspinet	Kartoffeln	Kartoffeln	Kartoffeln / So. Gerste
45		So. Weizen	So. Weizen	So. Weizen	So. Weizen	So. Gerste
46		Ackerbohnen	Lein	Mafer	Mafer	Ackerbohnen
47		IV Eisenstein	Wi. Gerste	Wi. Weizen	Wi. Roggen	Wi. Roggen
48		4000 qm + Kellerrunde	So. Weizen	Wi. Weizen	Wi. Weizen	Wi. Weizen
49	1020 qm					

Abbildung 1



Exkursion in die ČSSR 1962



Hauptgebäude 1963



Werkstattneubau 1984/85



Nach der Profilierung des Versuchswesens in Thüringen unter Anleitung des im Namen mehrfach wechselnden Fachinstitutes in Jena, wurde die Versuchsstation 1966 dem Institut für Mineraldüngung (später Düngungsforschung) Leipzig der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften übertragen. Ab 1958 baute Rupert Kind den Standort Bad Salzungen kontinuierlich zu einem wichtigen Versuchsstützpunkt für die Agrarwissenschaft aus. Hier wurden im Auftrag des Leipziger Institutes Versuche angelegt, deren Ergebnisse eine wich-

tige Datengrundlage für das DDR-weit eingeführte Düngungssystem DS 87 bildeten. Seit 1966 wird daher auch ein Dauerdüngungsversuch (L 28) zur Wirkung der N-Düngung bei unterschiedlicher organischer Düngung durchgeführt, der mittlerweile der einzige dieser Art in Thüringen ist und nach Prof. Dr. Martin Körschens zu den wichtigsten Dauerfeldversuchen der Welt zählt.

Mit der Gründung des Freistaats Thüringen im Jahr 1990 entstand die Agrarverwaltung mit veränderten Aufgaben und das Versuchswesen wurde neu

Jahr	Zuständigkeit	Leiter der Versuchsstation
1934	Kalisyndikat (Zweigstelle Weimar)	Dr. Phötisch, Dr. Ohli, Sepp Kerschberger (ab 1942)
1946	Ministerium für Versorgung Erfurt	Sepp Kerschberger
1947	Landesanstalt für pflanzenbauliches Versuchswesen Jena	Sepp Kerschberger
1953	Institut für landwirtschaftliches Versuchs- und Untersuchungswesen (LVU) Jena	Sepp Kerschberger Herr Müller
1963	Institut für Pflanzenernährung (IPE) Jena	Rupert Kind (ab 1958)
1966	Institut für Chemie in der Landwirtschaft Leipzig	Rupert Kind
1967	Institut für Mineraldüngung Leipzig	Rupert Kind
1972	Institut für Düngungsforschung Leipzig	Rupert Kind
1990	Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt (LUFA) Thüringen in Jena	Rupert Kind (bis 1991)
1991	Thüringer Landesverwaltungsamt in Weimar	Günter Reinhardt
1994	Landwirtschaftsamt Eisenach ab 2005 Landwirtschaftsamt Bad Salzungen	Günter Reinhardt (bis April 2007) Andreas Horn (ab Mai 2007)



Ausbau des Hofes 1986



Fachexkursion 1986



Sepp Kerschberger



Rupert Kind



Günter Reinhardt

geordnet. Bis 1992 versuchte das Institut in Leipzig den interessanten Standort in Bad Salzungen auf Dauer an sich zu binden. Dies gelang nicht, da die neuen Bundesländer jeweils eigenständige Entwicklungen nahmen. So nimmt die Versuchsstation Bad Salzungen nach 26 Jahren wieder Aufgaben Thüringens wahr und steht seit 1994 mit Günter Reinhardt, als Leiter der Versuchsstation, unter der Dienstaufsicht des Landwirtschaftsamtes Eisenach. Nachfolgend seit 2007 unter Leitung von Andreas Horn unter der Dienstaufsicht des Landwirtschaftsamtes Bad Salzungen und der Fachaufsicht der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft.

Die interessanten und immer wieder wechselnden Aufgaben der Versuchsstation Bad Salzungen in den 75 Jahren ihres Bestehens bilden den Hintergrund für die aktuelle Vielfalt des Versuchsspektrums. So kann der interessierte Landwirt Empfehlungen aus Düngungs-, Landessorten-, Pflanzenschutz- und Anbautechnikversuchen zur Anwendung in die Praxis übernehmen.

Für das Bundessortenamt Hannover ist Bad Salzungen zum wichtigen Standort für die Durchführung von Wertprüfungen landwirtschaftlicher Kulturen auf „lehmigem Sand“ (IS) geworden.

Das Feldversuchswesen stellt einen wichtigen Partner für die Agrarforschung, pflanzenbauliche Prüfverfahren und die landwirtschaftliche Beratung dar.

Seit 2002 verfügt die Versuchsstation Bad Salzungen über das Zertifikat „Gute experimentelle Praxis“ und wird somit auch künftig Versuchsergebnisse in hoher Qualität liefern.

## 2.2 Flächenbereitstellung und technische Ausstattung

### Flächenausstattung

Gesamtfläche	12,6 ha
- Eigentum Freistaat Thüringen	11,9 ha
Gepachtete Flächen	0,5 ha
Nutzungsvereinbarung der TEAG	0,2 ha
Fläche für statische Versuche 26 % der Versuchsfläche	2,2 ha
Fläche für jährliche Versuche 25 % der Versuchsfläche	2,1 ha
Ausgleichsfläche 49 % der Versuchsfläche	4,3 ha



50 Jahre  
Versuchsfeld  
Bad Salzungen 1989

## Gebäude - Baumaßnahmen

- 1938 Holzschuppen (8 x 4 m) mit Aufenthaltsraum von 2 x 4 m
- 1948 Scheune (14 x 6 m)
- 1962 Hauptgebäude - Massivbau
- 1969 Abriss Schuppen, Bau Gerätehalle (oberhalb der Scheune)
- 1970 Bau LKW-Garage (unterhalb der Scheune)
- 1978-1980 Werkstattbau (10 x 6 m) (unterhalb der LKW-Garage), neue Elektroinstallation und Nachtspeicheröfen
- 1984/85 Abwasserkanal
- 1986/87 Um- und Ausbau Hauptgebäude, Einbau Forster-Heizung, Mehrzweckhallenneubau, Ausbau Hof
- 2000/01 Umbau Stationsgebäude
- 2002 Garagen-, Werkstattumbau
- 2004 Parkplatz, ca. 10 Stellplätze für Pkw's
- 2006 Dünger- und Tanklager-Umbau
- 2007/08 Sanierung Unterstellhalle

## Technikausstattung

### Bezeichnung / Typ

- Parzellendrillmaschine / Hege 80
- Geräteträger / Hege 76
- Parzellenmähdrescher / Hamster
- Pneum. Düngerstreuer (12 m) / Amazone Yet 1204
- Anbauspritze (12 m) / Holder
- Anbauspritze (12 m) / Holder
- Traktor / Zetor 5211
- Traktor / Zetor 5011
- Traktor / Zetor 7245
- Traktor / Claas
- Anhänger / HW 60
- 2 Einachshänger / HTS 30.10
- Mulchgerät / Schlegelmulcher 2250
- Drillmaschine / A 201
- Güllefass / 4000 l
- Ladewagen / HTS 31
- Stallungstreuer / TO 32
- Kartoffelroder zweireihig / E 650 B
- Heckanbauvielfachgerät / P437
- Diverse Bodenbearbeitungsgeräte / Kreiselegge, Pflug, Grubber u.a.

## Wetterstation

1994 Errichtung einer automatischen Wetterstation zur exakten Erfassung der Boden- und Lufttemperatur, relativen Luftfeuchte, Niederschlagsmenge, Windrichtung und -stärke, Blattbenetzung und Globalstrahlung



Technik alt und neu



Stationsgebäude alt



Werkstatt und Hof 2004

## 2.3 Personalentwicklung

	1994	2009
Leiter	1	1
Mitarbeiter	1	1
Arbeiter	2	2
Saisonkräfte <sup>1)</sup>	4	2

<sup>1)</sup> jeweils vom 01.04. - 30.11. des laufenden Jahres

## 2.4 Natürliche Standortbedingungen

Lage:	Ausläufer der Thür. Rhön im Werratal, südlich der Stadt Bad Salzungen
Höhenlage:	290 m
Ø Jahrestemperatur (30 jähriges Mittel)	8,1 °C
Ø Jahresniederschlag (30 jähriges Mittel)	586 mm
Geländegestaltung:	hügelig
Bodentyp:	Bergsalm Braunerde
Bodenart:	IS (lehmgiger Sand)
Bodenzahl:	32
Natürliche Standorteinheit:	V4a

## 2.5 Versuchsprogramm 2008/09

- Düngungsversuche (statisch und jährlich) zu Winterroggen, Wintertriticale, Winterweizen und Silomais
- Wertprüfungen des Bundessortenamtes zu Winterweizen, Winterroggen, Wintertriticale und Kartoffeln der mittelfrühen Reifegruppe
- Landessortenversuche zu den Wintergetreidearten, Sommergerste, Körnerfuttererbsen, Silomais der frühen und mittelfrühen Reifegruppe
- Pflanzenschutzversuche mit Halmstabilisatoren zu Winterroggen und Wintergerste, Fungizidversuch zu Winterroggen, Herbizidversuch zu Silomais
- Nachwuchsende Rohstoffe (Energieholz) Sortenversuch Pappeln und Weide

## 2.6 Öffentlichkeitsarbeit

Im Zuge der Übernahme der Dienstaufsicht durch das Landwirtschaftsamt Eisenach, jetzt Bad Salzungen, wurde kontinuierlich die Öffentlichkeitsarbeit ausgebaut. Jährlich finden im Juni der Sommerfeldtag und im September der Maisfeldtag statt, die von Landwirten des Wartburgkreises und



Kartoffelernte



Strohvägung



Getreideernte



Gülldüngung

angrenzender Landkreise besucht werden. Fachvorträge von anerkannten Referenten der Offizi-alberatung und der TLL finden bei sachkundigem Publikum eine hohe Resonanz.

Mit der Umsetzung des Bau- und Nutzungskonzepts des Landwirtschaftsamtes für die Versuchstation wurde auch bewusst ein moderner Vortrags- und Versammlungsraum eingerichtet. Hier besteht die Möglichkeit Schulungen zu Pflanzenschutz und Berufsausbildung unter Einbeziehung von aktuellen Ergebnissen aus dem Feldversuchswesen durchzuführen.

Weiterhin besteht für die Interessengemeinschaft der Hoch- und Fachschulabsolventen im Agrarbereich des Wartburgkreises die Möglichkeit, die Räumlichkeiten für Vortragsveranstaltungen zu nutzen.

Für interessierte Gruppen sind jederzeit Führungen möglich.

Beratungsleistungen zu acker- und pflanzenbaulichen Themen werden den Landwirten direkt oder per Telefon, Fax oder mail angeboten.

## 2.7 Künftige Aufgaben

Die Ausrichtung der künftigen Agrarpolitik der EU führt zu neuen Herausforderungen unter veränderten Rahmenbedingungen.

Insbesondere für die Beachtung von Cross Compliance-Aufgaben spielen Ergebnisse aus Versuchsfragen sowie Versuchsdemonstrationen neben den weiter gefragten Sorten-, Düngungs- und Pflanzenschutzversuchen eine immer größere Rolle.



Drillen von Getreide



Pflegearbeiten im Mais



Versuchsfläche mit Stationsgebäude im Hintergrund



Sommerfeldtag 2008



### 3 Standort und Witterung

#### 3.1 Standort

##### Boden - Leitprofil

*Braunerde aus skelettführendem Sand über tiefem Skelettsand*

Geologische Zuordnung:

Unterer Buntsandstein (suBS)

Standorttyp:

V4a

Ackerzahl:

32

Einheit der Bodengeologischen Karte Thüringens:

s1

Standort-Regionaltyp der MMK:

V4a2

Leistungsmerkmale:

- relativ sorptionsschwach
- geringe Druckbelastbarkeit
- wenig pflanzenverfügbares Bodenwasser im effektiven Wurzelraum



Blick auf das Versuchsfeld

Tiefenbereich (cm)	0 - 28	28 - 50	50 - 70	70 - 120
Horizont	Ap	Bv	Bv/C	C
Skelettanteil > 2 mm v. H. Ges.-boden	2	3	30	60
Tongehalt v. H. Feinboden	8	9	9	8
nutzb. Feldkapazität (mm)	45	35	25	50
Kf-Wert (cm/d)	0,5	900	6000	10
CaCO <sub>3</sub> (%)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5



Bodenprofil auf dem Versuchsfeld

### 3.2 Witterung 1994 bis 2008

Die Erfassung der Witterungsdaten erfolgt ab 1993 mit einer automatischen Wetterstation des Thüringer Agrarmeteorologischen Messnetzes. Vollständige Jahresreihen liegen für 1994 bis 2008 vor. Das vieljährige Mittel bezieht sich auf den Zeitraum 1961 bis 1990.

Im Mittel der Jahre 1994 bis 2008 betrug die Lufttemperatur 8,6 °C, der Niederschlag 636,5 mm und das Saldo der KWB bei -142,5 mm.

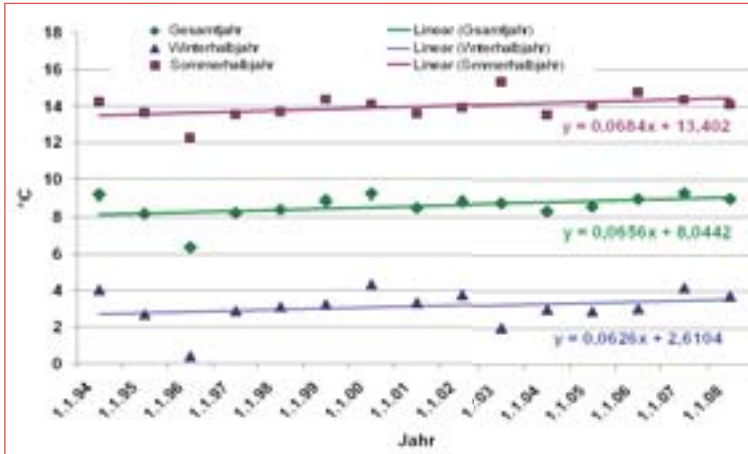
### Lufttemperatur

In fast allen Jahren lag die mittlere Lufttemperatur über dem vieljährigen Mittelwert von 8,1 °C (Tab. 1). 1996 fiel um 1,8 °C zu kalt aus. Gleiches gilt für die Temperaturen im Sommerhalbjahr von April bis September. Das Winterhalbjahr 2003 (Oktober bis März) war um 0,7 °C zu kalt. Besonders hohe überdurchschnittliche Temperaturen traten 1994, 2000 und 2007 (Rekordjahr) auf. Zu kalt war nur der Winter 1996. Die höchste gemessene Temperatur war 35,9 °C am 09.08.2003, die niedrigste -20,2 °C am 02.01.1997.

**Tabelle 1:** Verlauf der Lufttemperaturen im Gesamt-, Sommer- und Winterhalbjahr im Zeitraum von 1994 bis 2008

Jahre	Gesamtjahr		Sommerhalbjahr		Winterhalbjahr	
	T (°C)	Δ T (°C)	T (°C)	Δ T (°C)	T (°C)	Δ T (°C)
1994	9,2	1,1	14,2	0,7	4,0	1,3
1995	8,2	0,1	13,6	0,1	2,7	0,0
1996	6,3	-1,8	12,2	-1,3	0,4	-2,3
1997	8,2	0,1	13,5	0,0	2,9	0,2
1998	8,4	0,3	13,6	0,1	3,1	0,4
1999	8,9	0,8	14,4	0,9	3,2	0,5
2000	9,2	1,1	14,1	0,6	4,4	1,7
2001	8,5	0,4	13,6	0,1	3,3	0,6
2002	8,8	0,7	13,9	0,4	3,7	1,0
2003	8,7	0,6	15,3	1,8	2,0	-0,7
2004	8,3	0,2	13,5	0,0	3,0	0,3
2005	8,5	0,4	14,0	0,5	2,9	0,2
2006	9,0	0,9	14,8	1,3	3,1	0,4
2007	9,3	1,2	14,3	0,8	4,2	1,5
2008	9,0	0,9	14,1	0,6	3,8	1,1
Mittel	8,6	0,5	13,9	0,5	3,1	0,4

T (°C) = Mitteltemperaturen    Δ T (°C) = Abweichungen vom vieljährigen Mittel



**Abbildung 1:** Temperaturverlauf und Trendberechnung in unterschiedlichen Jahresabschnitten

In allen drei Jahresabschnitten (Abb. 1) ist ein Temperaturanstieg zu verzeichnen. Aus der 15-jährigen Reihe ergibt sich eine Temperaturzunahme von ca. 1 °C. Durch die Temperaturerhöhung um 1 °C verlängerte sich die Vegetationsperiode um ca. 8 Tage, vor allem durch einen zeitigeren Beginn im Frühjahr.

## Niederschlag

**Tabelle 2:** Verlauf der Niederschläge im Gesamt-, Sommer- und Winterhalbjahr im Zeitraum von 1994 bis 2008

Jahre	Gesamtjahr		Sommerhalbjahr		Winterhalbjahr	
	N (mm)	Δ N (%)	N (mm)	Δ N (%)	N (mm)	Δ N (%)
1994	728,8	124,4	415,7	119,5	313,1	131,6
1995	646,8	110,4	400,7	115,1	246,1	103,4
1996	597,2	101,9	381,9	109,7	215,3	90,5
1997	626,3	106,9	305,6	87,8	320,7	134,7
1998	712,2	121,5	381,2	109,5	331,0	139,1
1999	672,6	114,8	407,3	117,0	265,3	111,5
2000	643,0	109,7	353,4	101,6	289,6	121,7
2001	636,8	108,7	347,2	99,8	289,6	121,7
2002	806,0	137,5	359,6	103,3	446,4	187,6
2003	452,7	77,3	249	71,6	203,7	85,6
2004	630,8	107,6	420,3	120,8	210,5	88,4
2005	537,7	91,8	331,9	95,4	205,8	86,5
2006	535,5	91,4	318,8	91,6	216,7	91,1
2007	753,3	128,5	456,4	131,1	296,9	124,7
2008	567,4	96,8	314,9	90,5	252,5	106,1
Mittel	636,5	108,6	362,9	104,3	273,5	114,9

N (mm) = Niederschlagssummen    Δ N (%) = Relativwert zum vieljährigen Mittel

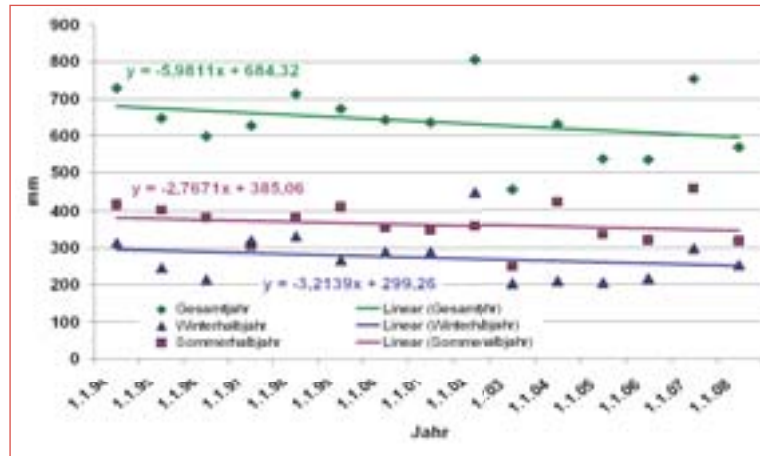
Von den 15 Auswertejahren lagen bei den Gesamtjahren 12 Jahre über den vieljährigen mittlere Niederschlag von 586 mm (Tab. 2 u. Abb. 2), bei den Sommerhalbjahren waren es 10 und bei den Winterhalbjahren 11 Jahre. Trockene Jahre waren 2003, 2005, 2006 und 2008. Übermäßig zu feucht fielen 1994, 1998, 2002 und 2007 aus.

Die Niederschläge haben in den letzten 15 Jahren in allen 3 betrachteten Abschnitten in der Tendenz abgenommen, im Winterhalbjahr etwas stärker als im Sommerhalbjahr (Abb. 2). Unter Berücksichtigung des Anstieges der Trendgeraden ergibt sich für das Winterhalbjahr eine Abnahme von 48 mm, für das Sommerhalbjahr von 41 mm und daraus folgend das Gesamtjahr von 89 mm.

### Klimatische Wasserbilanz

Die Differenz aus Niederschlag und Verdunstung ist die Klimatische Wasserbilanz (KWB), welche zur Einschätzung der Wasserversorgung der Pflanzen herangezogen werden kann (Tab. 3).

Die KWB im Sommerhalbjahr war im Betrachtungszeitraum durchweg negativ, im Winterhalbjahr immer positiv. Im Gesamtjahr liegen die Salden jedoch meist im negativen Bereich, da die Sommerdefizite meist größer ausfallen, als die Winterüberschüsse. Nur im Jahre 2002 fiel das Gesamtsaldo infolge hoher Winterniederschläge positiv aus. Besonders



**Abbildung 2:** Niederschlagsverlauf und Trendberechnung in unterschiedlichen Jahresabschnitten

**Tabelle 3:** Verlauf der Klimatischen Wasserbilanz im Gesamt-, Sommer- und Winterhalbjahr im Zeitraum von 1994 bis 2008

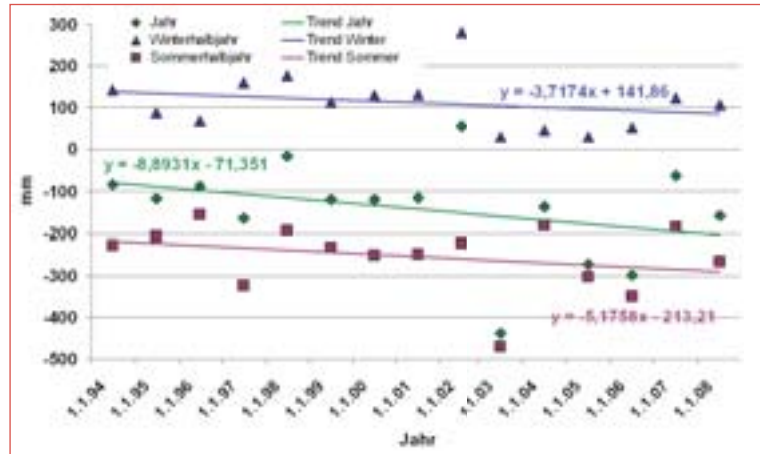
Jahre	Gesamtjahr	Sommerhalbjahr	Winterhalbjahr
	N (mm)	N (mm)	$\Delta N$ (mm)
1994	-84,3	-228,0	143,7
1995	-118,6	-206,3	87,7
1996	-87,8	-156,0	68,2
1997	-164,5	-323,5	159,0
1998	-16,1	-193,6	177,5
1999	-119,2	-231,7	112,5
2000	-120,4	-251,1	130,7
2001	-116,3	-248,9	132,6
2002	56,9	-223,2	280,1
2003	-438,6	-469,6	30,9
2004	-136,3	-181,1	44,8
2005	-272,6	-303,4	30,8
2006	-298,7	-349,7	51,0
2007	-62,5	-186,8	124,3
2008	-158,3	-266,2	108,0
Mittel	-142,5	-254,6	112,1

hohe negative Salden traten vor allem 2003, aber auch 2005 und 2006 auf.

Insgesamt zeigt sich, dass während des Sommerhalbjahres meist Wasserdefizit vorliegt.

In Abbildung 3 sind die Verläufe der Klimatischen Wasserbilanzen während des Gesamt-, Sommerhalb- und Winterhalbjahres dargestellt.

Die Trendberechnung zeigt, dass sich der negative Saldo der KWB im Sommerhalbjahr innerhalb der letzten 15 Jahre um 78 mm vergrößert hat, im Winterhalbjahr um 55 mm und im Gesamtjahr dementsprechend um 133 mm. Daraus wird ersichtlich, dass das Wasser immer mehr zum ertragslimitierenden Faktor wird.



**Abbildung 3:** Verlauf der Klimatischen Wasserbilanz und Trendberechnung in unterschiedlichen Jahresabschnitten



Wetterstation des Versuchsfeldes Bad Salzungen

## 4 Ergebnisse von Düngungsversuchen im Zeitraum 1993 bis 2008

### 4.1 Dauerversuch L 28 zur organisch-mineralischen Düngung

Versuchsart:

statischer Versuch, zweifaktoriell

Prüffaktor:

A organische Düngung

B mineralische N-Düngung

Versuchsjahre:

1966 bis 2008

Fruchtfolge:

ortsüblich

#### 4.1.1 Zielstellung

Die Bewertung der Wirkung von organischer und mineralischer Düngung auf Boden und Pflanze erfordert langfristige Experimente, da sich entsprechende Gleichgewichte im Boden erst nach Jahrzehnten einstellen. Allein Langzeitexperimente liefern die von Agrarpolitik und Wissenschaft geforderten Aussagen zum Beispiel zur N-Wirkung organischer Dünger, zu den standörtlich unvermeidbaren N-Verlusten, zur Humusproblematik sowie zur Einordnung der Wirtschaftsdünger in Konzepte zur N-Düngebedarfsermittlung.

Zur Untersuchung der genannten Fragestellungen wurden im Jahr 1966 von ANSORGE (ehemals Institut für Düngungsforschung Leipzig) auf 2 Standorten in Sachsen und einem Standort in Thüringen (Bad Salzungen) zweifaktorielle Dauerfeldversuche zur Wechselwirkung von organischer und mineralischer Düngung auf Boden und Pflanze initiiert.

Seit 1993 wird der Versuch in Bad Salzungen durch das Thüringer Feldversuchswesen betreut und die Ergebnisse durch die Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft ausgewertet.

#### 4.1.2 Versuchsdurchführung

Der zweifaktorielle Feldversuch umfasst die Faktoren organische Düngung (OD) sowie mineralische N-Düngung. Eine Übersicht über die Versuchsvarianten geben die Tabellen 1 und 2. Im Zeitraum 1966 bis 1992 wurden neben der Variante ohne organische Düngung 200 dt/ha Stallmist bzw. 50 dt/ha Stroh jeweils jedes 2. Jahr gedüngt. Die organische Düngung erfolgt ab dem Erntejahr 1993 jedes dritte Jahr zur Hackfrucht. Entsprechend der Zunahme der Bedeutung der Gülleaufstallung wurde die Strohgabe durch Gülle ergänzt (Tab. 1).

**Tabelle 1:** Organische Düngung im Dauerdüngungsversuch L 28

Stufe	Versuchszeitraum	
	1966 bis 1992	1993 bis 2005
1	ohne	ohne
2	200 dt/ha Stallmist jedes 2. Jahr	300 dt/ha Stallmist jedes 3. Jahr (= 54 kg N/ha x a)
3	50 dt/ha Stroh jedes 2. Jahr	75 dt/ha Stroh + 35 m <sup>3</sup> /ha Gülle jedes 3. Jahr (= 44 kg N/ha x a)

Als organische Dünger werden Rindermist und Rindergülle verwendet und zu Silomais, Kartoffel und Winterraps ausgebracht. Der Faktor mineralische N-Düngung beinhaltet im gesamten Versuchszeitraum 6 kulturartenspezifische N-Stufen (Tab. 2).

Im Zeitraum 1993 bis 2008 gelangten 11 x Getreide, 2 x Kartoffel, 2 x Silomais und 1 x Winterraps zum Anbau. Die Nebenernteprodukte wurden immer abgefahren.

**Tabelle 2:** Mineralische N-Düngung (kg N/ha) im Dauerdüngungsversuch L 28

Stufe	Getreide	Kartoffel/Silomais	Winterraps
1	0	0	0
2	40	50	70
3	80	100	140
4	120	150	210
5	160	200	280
6	200	250	350

### Fruchtfolge

1993	Sommerweizen	*) = Änderung der Fruchtfolge infolge Auswinterung des ge-drillten Winterroggens
1994	Silomais (OD)	
1995	Winterweizen	
1996	Sommergerste	
1997	Kartoffel (OD)	
1998	Winterweizen	
1999	Silomais (OD)*)	
2000	Winterweizen	
2001	Sommergerste	
2002	Wintertriticale	
2003	Kartoffel(OD)	
2004	Winterweizen	
2005	Wintergerste	
2006	Winterraps (OD)	
2007	Winterweizen	
2008	Winterroggen	

### 4.1.3 Ergebnisse

Zwischenauswertungen der Ergebnisse dieses Versuches erfolgten bisher durch ANSORGE et al. (1973), ANSORGE und PÖßNECK (1992) sowie KERSCHBERGER (1994). Nachfolgend werden die Ergebnisse für den Zeitraum 1993 bis 2008 dargestellt.

#### GE-Erträge im Zeitraum 1966 bis 1992

Einen kurzen Überblick über die erzielten GE-Erträge bis zur Umstellung des Versuches im Jahr 1993 gibt Tabelle 3.

**Tabelle 3:** Mittlerer GE-Ertrag (dt/ha) im Zeitraum 1966 bis 1992

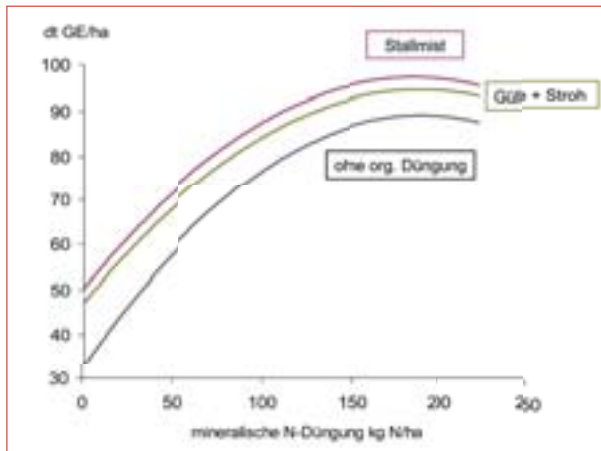
mittl. mineralische N-Düngung (kg N/ha)	organische Düngung		
	ohne	Stallmist	Stroh
0	35	43	36
45	55	60	57
90	66	68	66
135	69	73	70
180	70	72	72
225	68	71	70

Die GE-Erträge der Strohdüngungsvarianten unterscheiden sich bei gleicher mineralischer N-Düngung nur unwesentlich von den Varianten ohne organische Düngung. In jeder Mineraldüngerstufe führte die Variante Stallmistdüngung zu den höchsten Erträgen. Zum Erreichen des Ertragsmaximums wurden bei Stallmistdüngung im Vergleich zu ohne organische bzw. Strohdüngung geringere Mengen an mineralischem N benötigt. Dieses Ergebnis verdeutlicht den Beitrag des Stallmist-N für die Ernährung der Pflanzen.

## GE-Erträge im Zeitraum 1994 bis 2008

Nach Umstellung des Versuches beginnt mit der Ausbringung der organischen Dünger zu Silomais im Jahr 1994 eine neue dreijährige Fruchtfolgerotation und damit eine neue Versuchsphase. Die Ernte 1993 (Sommerweizen) wird deshalb in die nachfolgende Auswertung nicht einbezogen.

Die GE-Erträge nehmen im Zeitraum 1994 bis 2008 in allen N-Stufen und Varianten organischer Dünger zu (Tab. 4) und deuten auf den Fortschritt in der Pflanzenzüchtung hin. Vermutlich ist parallel dazu die auf dem Feld verbleibende Wurzelmasse gestiegen und beeinflusst möglicherweise die Humusdynamik im Boden.



**Abbildung 1:** Mittlerer GE-Ertrag in Abhängigkeit von der organischen und mineralischen Düngung (1994 bis 2008)

**Tabelle 4:** Entwicklung der GE-Erträge (dt/ha) in Abhängigkeit von der organischen und mineralischen N-Düngung

N-Stufe	1994-96	1997-2002 <sup>1)</sup>	2003-05	2006-08
<b>Ohne organische Düngung</b>				
1	24,8	32,7	31,6	38,5
2	45,0	60,6	54,7	65,7
3	65,7	78,1	73,8	75,3
4	71,6	86,2	77,6	91,3
5	73,8	90,9	84,7	100,9
6	72,3	89,2	84,8	106,0
<b>Stallmist</b>				
1	33,5	47,3	46,5	70,5
2	54,3	75,0	66,6	90,8
3	68,9	87,2	80,1	98,2
4	75,2	95,8	87,1	107,4
5	79,3	100,2	92,7	112,4
6	81,3	97,2	91,0	114,1
<b>Gülle + Stroh</b>				
1	28,8	41,6	43,9	70,3
2	53,1	72,9	62,7	88,4
3	65,1	83,8	76,2	97,3
4	72,2	92,2	82,7	103,6
5	73,2	98,1	90,1	109,6
6	77,3	95,1	91,0	112,4

<sup>1)</sup> = aufgrund der erforderlichen Anbaumstellung in 1999/2000 wurden die Rotationen 1997-1999 und 2000-2002 zusammengefasst

In allen mineralischen N-Stufen wurden die höchsten GE-Erträge jeweils bei Stallmistdüngung erzielt, gefolgt von Gülle + Stroh und der Variante ohne organische Düngung. Die Mehrererträge durch Stallmistdüngung im Vergleich zu Gülle + Stroh sind demnach nicht ausschließlich auf die etwas höhere N-Fracht (Stallmist: 58 kg N/ha x a, Gülle + Stroh: 47 kg N/ha x a) zurückzuführen. Der Faktor



organische Düngung hat nur einen geringen Einfluss auf die Höhe der mineralischen N-Gabe, die zum Höchstertrag führt. Das Ertragsmaximum wird im Mittel der angebauten Kulturen bei annähernd vergleichbarer mineralischer N-Düngung von ca. 190 kg N/ha erreicht (Abb. 1).

Bei praxisüblicher mineralischer N-Düngung (Mittel der N-Stufen 4 und 5) führte die Stallmistdüngung zu 11 % und die Gülle + Stroh-Düngung zu 7 % Mehrertrag im Vergleich zur Variante ohne organische Düngung (Tab. 5). Dieses Ergebnis verdeutlicht die positive Langzeitwirkung der organischen Düngung auf den Ertrag, die unter anderem auf eine kombinierte Humus- und Nährstoffwirkung zurückgeführt werden kann. Die Erhöhung der N-Düngung kann die Ertragswirkung der organischen Düngung nicht ersetzen. Zum Erhalt einer hohen Bodenfruchtbarkeit und der Wirkung auf das Pflanzenwachstum ist deshalb eine angemessene organische Düngung erforderlich.

**Tabelle 5:** Mittlerer GE-Ertrag (dt/ha) ausgewählter Stufen der mineralischen N-Düngung (N-Stufen 4 + 5) im Zeitraum 1994 bis 2008

Organische Düngung	Mineralische N-Düngung		
	N-Stufe 4 120/150 kg N/ha	N-Stufe 5 160/200 kg N/ha	Mittel (relativ)
Ohne	82,6	88,2	85,4 (100)
Stallmist	92,3	97,0	94,6 (111)
Gülle + Stroh	88,6	93,8	91,2 (107)

### Wirkung auf den N-Saldo

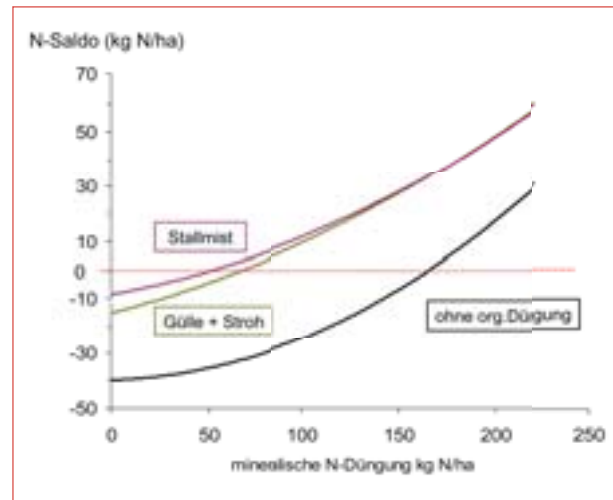
Der N-Flächensaldo wird als Maß für die Ausnutzung der applizierten N-Mengen angesehen und dient zunehmend als ein Indikator für die Einhal-

tung der "Guten fachlichen Praxis" beim Düngen (Düngeverordnung) bzw. für die Umweltverträglichkeit der landwirtschaftlichen Produktion.

Steigende mineralische N-Gaben erhöhen erwartungsgemäß in jeder Stufe des Faktors organische Düngung den N-Saldo (Abb. 2).

Die zum Erreichen des Höchstertages zu düngenden mineralischen N-Mengen von ca. 190 kg N/ha führen bei unterlassener organischer Düngung zu negativen N-Salden sowie bei Düngung von Stallmist wie auch von Gülle + Stroh zu einem N-Saldo von ca. +40 kg N/ha.

Im Mittel aller Stufen der mineralischen N-Düngung betragen die N-Salden bei ohne organische Düngung -13 kg N/ha, bei Stallmistdüngung +20 kg N/ha sowie bei Gülle + Stroh +17 kg N/ha. Die organische Düngung erhöht demzufolge den N-Saldo um ca. 30 bis 35 kg N/ha. Dieses Ergebnis ist eine Folge der unvollständigen Ausnutzung

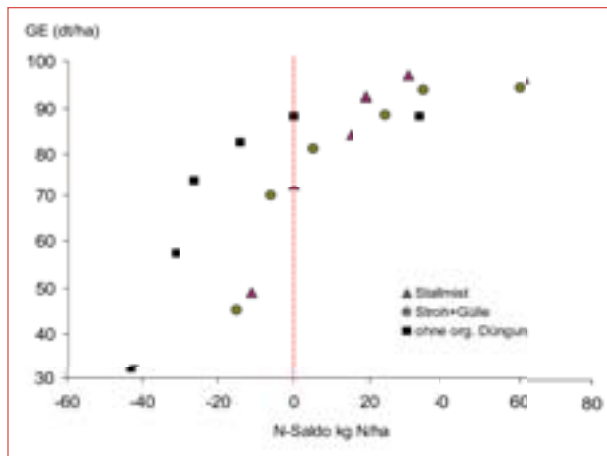


**Abbildung 2:** Mittlerer N-Saldo in Abhängigkeit von der organischen und mineralischen Düngung (1994 bis 2008)

des Stickstoffs der organischen Düngung bzw. des Einbaus in die organische Substanz des Bodens, auf die nachfolgend eingegangen wird. Im Rahmen des Düngerechts (Düngeverordnung) kommt der Bewertung betrieblicher N-Salden und der Einhaltung vorgegebener Obergrenzen im Interesse des Gewässerschutzes zunehmende Bedeutung zu. Ergebnisse von Dauerdüngungsversuchen liefern belastbare Aussagen über den Zusammenhang zwischen N-Flächensaldo und Ertragsleistung. Abbildung 3 belegt, dass unter den Bedingungen des Feldversuchs hohe GE-Erträge mit einem N-Saldo von unter 40 kg N/ha möglich sind. Höhere N-Bilanzüberschüsse bewirken keinen weiteren Ertragsanstieg mehr und sind aus betriebswirtschaftlichen und ökologischen Gründen anzulehnen.

### Wirkung auf den Humusgehalt im Boden

Nach 43 Jahren differenzierter organischer und mineralischer N-Düngung ist ein deutlicher Einfluss auf den Humusgehalt im Boden erkennbar (Tab.



**Abbildung 3:** Mittlerer GE-Ertrag in Abhängigkeit vom N-Saldo (1994 bis 2008)

6). Im Mittel aller N-Stufen der mineralischen N-Düngung weist die Stallmistvariante den höchsten  $C_{org.}$ -Gehalt (0,88 %) auf, gefolgt von Gülle und Stroh (0,85 %) sowie ohne organische Düngung (0,65 %).

**Tabelle 6:**  $C_{org.}$ - und  $N_t$ -Gehalte im Boden (Mittel aller N-Stufen 2003 - 2008) sowie Humusbilanz nach VDLUFA-Standpunkt 2004 für den Zeitraum 1993 bis 2008

Parameter	Organische Düngung		
	ohne	Stallmist	Gülle + Stroh
$C_{org.}$ (%)	0,65	0,88	0,85
$N_t$	0,06	0,09	0,08
C/N	11	10	10
Humus-C (kg/ha) (untere Werte)	-381	-6	-100
Humus-C (kg/ha) (obere Werte)	-533	-158	-252

Die Humusbilanz nach der Methode des VDLUFA (untere Werte) weist für den Zeitraum 1994 bis 2008 für die Varianten ohne organische Düngung einen stark negativen Humussaldo von -381 kg Humus-C/ha aus. Im Vergleich dazu ist die Humusbilanz bei Düngung von Stallmist annähernd ausgeglichen sowie bei Gülle + Stroh leicht negativ. Die Humussalden der Stufen des Faktors organische Düngung korrelieren damit mit dem festgestellten mittleren  $C_{org.}$ -Gehalten im Boden. Die  $C_{org.}$ -Gehalte der Böden nehmen in jeder Stufe der organischen Düngung mit steigender mineralischer N-Düngung zu (Tab. 7). Die bedarfsgerechte mineralische N-Düngung fördert damit den Humusaufbau bzw. -erhalt, vermutlich als Folge höherer Mengen an Ernte- und Wurzelrückständen.

**Tabelle 7:**  $C_{org.}$ -Gehalt im Boden in Abhängigkeit von der organischen und mineralischen N-Düngung (Mittel der Jahre 2004 - 2008)

N-Stufe	ohne OD	Gülle + Stroh alle 3 Jahre	Stallmist alle 3 Jahre
	$C_{org.}$ (%)		
1	0,49	0,64	0,67
2	0,53	0,79	0,73
3	0,62	0,84	0,86
4	0,70	0,93	0,98
5	0,76	0,94	1,03
6	0,81	0,98	1,03

Bei der Auswertung von Dauerdüngungsversuchen wird häufig der  $C_{org.}$ -Gehalt der Nullparzelle näherungsweise als Maß für den inerten Kohlenstoff (Dauerhumus) sowie die Differenz zu den  $C_{org.}$ -Gehalten der anderen Varianten als umsetzbarer Kohlenstoff (Nährhumus) benutzt. Voraussetzung dafür ist das Vorliegen des Fließgleichgewichtes und der annähernden Erschöpfung des umsetzbaren C-Gehaltes. Im 1993 umgestellten



Dauerversuch ist das Fließgleichgewicht noch nicht erreicht, wie die Entwicklung des C-Gehaltes in den letzten 16 Jahren zeigt (Tab. 8).

**Tabelle 8:** Entwicklung des  $C_{org.}$ -Gehaltes im Boden im Zeitraum 1993 - 2008 in Abhängigkeit von der organischen Düngung bei praxisüblicher N-Düngung (Mittelwerte der N-Stufen 4 und 5)

Organische Düngung	$C_{org.}$ (%)
Ohne	-0,018
Stallmist	+0,089
Gülle + Stroh	+0,060

Die unterlassene organische Düngung führt nach wie vor zu einer geringen Abnahme des  $C_{org.}$ -Gehaltes im Boden, während die Varianten Stallmist sowie Gülle + Stroh durch einen Humusaufbau gekennzeichnet sind. Eine in anderen Dauerversuchen beobachtete Verminderung der organischen Bodensubstanz infolge Klimaerwärmung ist in Bad Salzungen gegenwärtig nicht feststellbar. In der gegenwärtigen Diskussion über den Humusreproduktionswert von Stroh stehen die Ergebnisse des Dauerversuches Bad Salzungen für den Zeitraum 1966 bis 1993 als objektive Bewertungsgrundlage zur Verfügung. Der festgestellte Wert für den Standort Bad Salzungen von 122 kg Humus-C/t Stroh liegt geringfügig über dem mittleren Reproduktionswert, den der VDLUFA-Standpunkt zugrunde legt (Tab. 9).

**Tabelle 9:** Humusreproduktion von Stroh in ausgewählten Dauerversuchen (nach dem Standpunkt des VDLUFA sowie nach KÖRSCHENS, 2005)

Standort	Humus-C (kg/t)
Groß Kreuz	157
Thyrow	126
Bad Salzungen (1966 - 1992)*)	122
Methau	49
Puch	0
Standpunkt des VDLUFA	80 bis 110

\* ) bis zur Umstellung des Versuches, danach keine Strohvariante ohne Gülle

### Wirkung auf den $N_{\min}$ -Gehalt im Herbst und im Frühjahr

Der  $N_{\min}$ -Gehalt des Bodens stellt im Frühjahr eine wichtige Größe zur Bemessung der N-Düngung bzw. nach der Ernte zur Bewertung der durchgeführten N-Düngung dar.

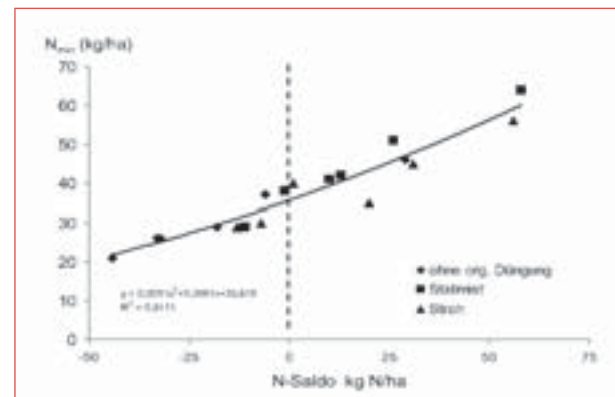
Tabelle 10 gibt einen Überblick über den  $N_{\min}$ -Gehalt für die Stufen des Faktors organische Düngung. Den höchsten  $N_{\min}$ -Rest nach der Ernte hinterlassen die Kulturen bei Stallmistdüngung, gefolgt von Gülle + Stroh und ohne organische Düngung. Der Dauerversuch bietet die Möglichkeit, den Einfluss des N-Saldos auf den Gehalt des Bodens an anorganischem Stickstoff zu untersuchen. Mit zunehmendem N-Saldo steigt der  $N_{\min}$ -Gehalt nach der Ernte stark an (Abb. 4). Unterschiede zwischen organischer Düngung und ohne organische Düngung sind nicht erkennbar.

Die Veränderung des  $N_{\min}$ -Gehaltes des Bodens über Winter gibt Hinweise auf die mögliche Nitratverlagerung in tiefere Bodenschichten. Erwartungsgemäß korreliert die Nitratverlagerung über Winter mit dem  $N_{\min}$ -Gehalt im Herbst (Ergebnisse nicht dargestellt).

**Tabelle 10:**  $N_{\min}$ -Gehalt im Boden (0-60 cm) im Frühjahr und nach der Ernte im Mittel der Jahre 1994 bis 2008 (in Klammern Mittelwerte der N-Stufen)

Organische Düngung	Frühjahr	nach Ernte
	kg N/ha	
Ohne	25 (21 ... 31)	30 (20 ... 47)
Stallmist	31 (27 ... 36)	42 (28 ... 65)
Gülle + Stroh	28 (26 ... 33)	39 (29 ... 57)

Zwischen der Veränderung des  $N_{\min}$ -Gehaltes des Bodens über Winter und dem N-Saldo besteht eine enge Beziehung. Bei einem langjährigen N-Saldo  $\leq 0$  kg N/ha beträgt die Abnahme des  $N_{\min}$ -Gehaltes über Winter weniger als 10 kg N/ha. Bei zunehmendem N-Saldo steigt die Nitratverlagerung bis auf ca. 30 kg N/ha an. Ein Einfluss der organischen Düngung ist auch hier nicht erkennbar. Nach diesen Ergebnissen ist der langjährige N-Saldo unter den Standortbedingungen in Bad Salzungen geeignet, eine Aussage über die N-Dynamik im Boden zu liefern.



**Abbildung 4:**  $N_{\min}$ -Gehalt in 0 bis 60 cm Tiefe nach der Ernte in Abhängigkeit vom N-Saldo (1994 bis 2008)

#### 4.1.4 Fazit und Schlussfolgerungen

Dauerdüngungsversuche sind zur Aufklärung der Wirkung von organischer und mineralischer Düngung auf Boden und Pflanze unerlässlich und können bei ausreichender Laufzeit die aktuellen Fragen zum Beispiel hinsichtlich Humusdynamik im Boden oder erreichbare N-Salden bei hoher Flächenproduktivität beantworten.

Das Ergebnis des Dauerdüngungsversuches Bad Salzungen belegt die Notwendigkeit einer angemessenen Humusversorgung des Bodens. Eine stark negative Humusbilanz führt zu einer Abnahme des  $C_{org.}$ -Gehaltes im Boden und letztlich des Ertragspotenzials des Standortes. Nach 43 Jahren Versuchsdauer ergibt sich eine deutliche Differenzierung der  $C_{org.}$ -Gehalte im Boden. Sie nehmen in der Reihenfolge Stallmist > Gülle + Stroh > ohne organische Düngung ab.

Im Vergleich zur Variante ohne organische Düngung beträgt der Mehrertrag durch Gülle + Stroh 7 % sowie 11 % durch Stallmist. Die Vorteilswirkung der Stallmistdüngung in der Pflanzenproduktion ist bei der Planung der Aufstallungsart in der Tierproduktion zu berücksichtigen. Die Verwertung des Stickstoffs der organischen Dünger liegt deutlich unter der Ausnutzungsrate der mineralischen N-Düngung. Daraus resultiert ein Anstieg des N-Saldos. Ein Teil des nicht genutzten Stickstoffs wird im Boden als Norg akkumuliert und unterliegt damit nicht der N-Verlagerung in tiefere Bodenschichten. Eine angemessene mineralische N-Düngung, die das N-Mineraldüngeräquivalent der organischen Dünger berücksichtigt, gestattet sowohl eine hohe Ertragsleistung als auch die Einhaltung des von der novellierten Düngeverordnung geforderten N-Saldos.

Aus dem Ergebnis der Versuchsperiode 1966 bis 1992 wird ein hoher Humusproduktionswert



Dauerversuch L 28

von 122 kg Humus-C/t Stroh abgeleitet. Dieser bestätigt weitgehend die Auffassung des VDLUFA-Standpunktes von 2004. Demnach trägt die Strohdüngung auf diesem Standort zum Erhalt des Humusgehaltes im Boden bei.

#### 4.1.5 Literatur

ANSORGE, H.; JAUERT, R.; HAGEMANN, O.; GÖRLITZ, H. (1973): Untersuchungen über die Effektivität gesteigerter Mineraldüngergaben bei unterschiedlicher organischer Düngung. Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenk. 17, S. 17-28

ANSORGE, H.; PÖßNECK, J. (1992): Untersuchungen über den Einfluß einer langjährig differenzierten organischen N-Düngung und den Boden auf drei Standorten. Tagungsbericht zum Symposium Dauerfeldversuche und Nährstoffdynamik Bad Lauchstädt, S. 53-59

KERSCHBERGER, M. (1994): Optimale N-Düngung sichert hohe Erträge, ausgeglichene N-Bilanzen und niedrige  $N_{min}$ -Gehalte des Bodens. Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 73, S. 63-66

KÖRSCHENS, M. (2005): Die Reproduktionswirksamkeit von Stroh im Vergleich zu Stalldung. Unveröffentlichtes Manuskript

VDLUFA (2004): Standpunkt Humusbilanzierung - Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland. Herausgeber: Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) Bonn

## 4.2 Dauerversuch M 222 zur organisch-mineralischen Düngung

Versuchsart:

statischer Versuch, einfaktoriell

Prüffaktor:

organische Düngung bzw.  
mineralische Düngung

Versuchsjahre:

1997 bis 2008

Fruchtfolge:

ortsüblich

### 4.2.1 Zielstellung

In Ergänzung der Zielstellung des Dauerdüngungsversuches L28 zur Prüfung der Wechselwirkung von organischer und mineralischer Düngung auf Boden und Pflanze wurde 1997 ein weiterer statischer Feldversuch zur organischen und mineralischen Dün-

gung angelegt. Im Mittelpunkt dieses Versuches stand die Prüfung der Nährstoffwirkung verschiedener organischer Düngemittel (Stroh, Gülle, Kompost, Klärschlamm) sowie von Strohasche als mineralisches Düngemittel.

### 4.2.2 Versuchsdurchführung

Der einfaktorielle Versuch umfasst neben der Kontrolle ohne jegliche Düngung, zwei Kontrollvarianten mit mineralischer Düngung (MD) ein Prüfglied mit Strohaschedüngung sowie 6 Prüfglieder mit verschiedenen organischen Düngemitteln (OD, vgl. Tab. 11). Die Düngung mit Stallmist, Kompost und Klärschlamm erfolgte jedes dritte Jahr in der Regel zur Hackfrucht. Gülle und Stroh werden jährlich verabreicht. Die Bemessung der mineralischen N-Düngung basiert auf Grundlage der Stickstoff-Bedarfs-Analyse (SBA) der TLL (N-Sollwertmethode). Die PG 5 und 6 erhalten die gesamte empfohlene N-Menge in Form von Gülle (Bezugsbasis: Mineral-

**Tabelle 11:** Prüfglieder (PG) des Dauerdüngungsversuches Bad Salzungen M 222

PG	Organische Düngung	Mineralische N-Düngung	Mineralische P-, K- und Mg-Düngung
1	ohne	ohne	ohne
2	ohne	ohne	P/K/Mg n. BU <sup>1)</sup>
3	ohne	nach SBA	P/K/Mg n. BU <sup>1)</sup>
4	ohne	nach SBA	P/K/Mg als Strohasche <sup>2)</sup>
5	Stallmist 450 dt/ha alle 3 Jahre	nach SBA	P/K/Mg n. BU <sup>1)</sup>
6	Gülle <sup>3)</sup> jährlich	-	P/K/Mg n. BU <sup>1)</sup>
7	40 dt/ha Stroh/Gülle <sup>3)</sup> jährlich	-	P/K/Mg n. BU <sup>1)</sup>
8	Stroh 40 dt/ha jährlich	nach SBA	P/K/Mg n. BU <sup>1)</sup>
9	Kompost 30 t TM/ha alle 3 Jahre	nach SBA	P/K/Mg n. BU <sup>1)</sup>
10	Klärschlamm 5 t TM/ha alle 3 Jahre	nach SBA	P/K/Mg n. BU <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> jährlich nach aktuellem Bodenuntersuchungsergebnis

<sup>2)</sup> Strohascheaufwandmenge nach K-Zufuhr von PG 3 bemessen

<sup>3)</sup> Abdecken des N-Bedarfes nach SBA durch Gülle-MDÄ

düngeräquivalent). Die mineralische P-, K- und Mg-Düngung (MD) erfolgt jährlich nach den aktuellen Bodenuntersuchungsergebnissen sowie die Kalkung bzw. S-Düngung bei Bedarf auf Grundlage der aktuellen Nährstoffversorgung einheitlich für den gesamten Versuch. Die Nebenernteprodukte werden immer abgefahren.

Im Zeitraum 1997 bis 2008 gelangten 8 x Getreide, 2 x Kartoffel und 2 x Silomais zum Anbau.

### Fruchtfolge

1997	Silomais (OD)
1998	Winterweizen
1999	Sommergerste
2000	Kartoffel (OD)
2001	Winterweizen
2002	Winterroggen
2003	Silomais (OD)
2004	Sommergerste
2005	Kartoffel
2006	Winterweizen OD)
2007	Winterroggen
2008	Sommerhafer

## 4.2.3 Ergebnisse

### Ertragswirkung der Strohasche

Das Versuchskonzept ermöglicht die getrennte Prüfung der K-Düngewirkung von Strohasche im Vergleich zur mineralischen K-Düngung (Kalidüngemittel), da jeweils gleiche K-Mengen eingesetzt wurden. Im Mittel der Jahre erreichte die K-Düngung in Form von Strohasche dieselbe Ertragswirkung wie die mineralische Düngung (Tab. 12). Jedoch ist der K-Gehalt im Boden nach Strohaschedüngung stärker angestiegen. Offensichtlich unterliegt das Kalium in der Strohasche im geringeren Maße der Verlagerung in tiefere Bodenschichten als wasserlösliches K der

Mineraldünger. Langfristig weist der K-Gehalt der Strohasche eine vergleichbare Düngewirkung wie mineralische K-Düngemittel auf.

**Tabelle 12:** Mittlerer GE-Ertrag nach Aschedüngung im Vergleich zur mineralischen K-Düngung und Veränderung des K-Gehaltes im Boden 1997 bis 2008

Prüfglied		GE-Ertrag dt/ha	Differenz K-Gehalt im Boden 2008 zu Versuchsbeginn mg K/100 g
PG	Düngungsvariante		
3	ohne OD/ P, K, Mg nach BU	97	+5
4	ohne OD/ P, K, Mg als Strohasche	96	+9

### Wirkung der organischen Düngung auf das Ertragsverhalten der Kulturen

Die in insgesamt 12 Erntejahren erzielten mittleren Erträge liegen auf den mit Stickstoff gedüngten Varianten zwischen 90 und 100 dt GE/ha und damit über dem standorttypischen Ertragsniveau (Tab. 13).

Der Verzicht auf jegliche Düngung führt zu Ertragsverlusten von über 60 % (PG 1), allein das Weglassen der N-Düngung von bis zu 55 % (PG 2). Mit einer rein mineralischen Grund- und Stickstoffdüngung werden 95 bis 97 % (PG 4 und PG 3) der maximalen Erträge erreicht.

Die höchsten Erträge erzielten die Varianten Stallmist (PG 5; 100 %) bzw. Stroh, Kompost sowie Klärschlamm (PG 8 bis 10; 98 - 99 %) jeweils in Verbindung mit mineralischer N-Düngung. Die Varianten Gülle (PG 6) und Gülle + Stroh (PG 7), bei denen die gesamte N-Zufuhr nach SBA-Empfehlung über Gülle ohne zusätzliche mineralische N-Düngung erfolgt,

**Tabelle 13:** Mittlere absolute und relative GE-Erträge im Zeitraum 1997 bis 2008

Prüfglied		N-Düngung (kg N/ha)			GE-Ertrag dt/ha	Relativertrag PG <sub>max</sub> = 100
PG	Düngungsvariante	OD	MD	gesamt		
1	ohne OD/ ohne MD	0	0	0	44	38
2	ohne OD/ ohne N	0	0	0	52	45
3	ohne OD/ N-MD	0	138	138	97	97
5	Stallmist + N-MD	0	97	191	101	100
6	Gülle ohne N-MD	230	0	230	91	90
7	Stroh+Gülle ohne N-MD	249	0	249	93	92
8	Stroh + N-MD	35	120	149	98	98
9	Kompost + N-MD	185	97	282	98	98
10	Klärschlamm + N-MD	98	98	196	100	99

erreichen nur ca. 90 % des Ertragsmaximums. Das ausschließliche Abdecken des N-Bedarfes der Ackerkulturen über organische Dünger führt nicht zu den angestrebten hohen Erträgen. Dazu ist offensichtlich die Kombination mit angepasster mineralischer Düngung erforderlich. Nach den Empfehlungen der

TLL sollte der N-Bedarf nur zu maximal 50 bis 75 % durch organische Dünger erfolgen. Das Versuchsergebnis bestätigt damit dieses Konzept. Tabelle 14 zeigt die Erträge für die einzelnen Kulturarten. Wintergetreide reagiert auf das Unterlassen der N-Düngung mit rund zwei Drittel Ertragsverlust (PG 1/

**Tabelle 14:** Mittlere absolute (TS n. Tab.) und relative (PG<sub>max</sub> = 100 %) Erträge des Haupternteerzeugnisses der angebauten Kulturarten im Zeitraum 1997 bis 2008

PG	Winterweizen, Winterroggen n = 5		Sommergerste, Sommerhafer n = 3		Silomais n = 2		Kartoffel n = 2	
	dt/ha	%	dt/ha	%	dt/ha	%	dt/ha	%
1	28	32	29	45	367	66	283	50
2	32	37	32	50	406	73	354	63
3	85	98	62	97	495	89	532	95
4	85	98	60	94	493	88	519	92
5	85	98	64	100	552	99	556	99
6	77	88	57	90	520	93	503	90
7	78	90	60	94	512	92	538	96
8	86	99	62	97	506	91	545	97
9	85	98	61	96	525	94	540	96
10	87	100	60	94	558	100	561	100



PG 2) am stärksten; das Sommergetreide schneidet hierbei mit 40 - 50 % (PG 1/PG 2) des möglichen Ertrages und gleich hohen Kornerträgen wie das Wintergetreide (29 - 32 dt/ha) etwas besser ab. Silomais und Kartoffel können die N-Nachlieferung des Bodens stärker nutzen und zeigen etwas geringere Ertragsdifferenzen. Beide Kulturen erreichen die höchsten Erträge nach Klärschlammdüngung.

### Wirkung auf den N-Saldo

Alle Varianten ohne organische Düngung (PG 1 bis 4) sind durch negative N-Salden gekennzeichnet (Tab. 15). Die Prüfglieder 5 (Stallmist + N-MD) und 10 (Klärschlamm + N-MD) weisen mittlere N-Salden von +39 bzw. +33 kg N/ha auf und verbinden damit hohe Ertragsleistung mit tolerierbarem N-Saldo. Die Varianten Gülle (PG 6) und Stroh + Gülle (PG 7) nutzen die organische N-Düngung unzureichend aus und verursachen nicht tolerierbare N-Bilanzüberschüsse von 94 bzw. 108 kg N/ha. Den höchsten N-Saldo weist die Variante Kom-

post (PG 9) auf und bestätigt damit die geringe N-Ausnutzung dieser Sekundärrohstoffdünger, die zu einer Erhöhung des Gehaltes wenig mobiler organischer N-Verbindungen im Boden führt.

Die organische Düngung erhöht den  $N_{\min}$ -Gehalt im Herbst im Vergleich zu den Varianten ohne organische Düngung (Tab. 16), wobei der höchste Wert nach Düngung von Klärschlamm vorliegt. Die  $N_{\min}$ -Gehalte im Frühjahr der verschiedenen Varianten unterscheiden sich hingegen nur unwesentlich und haben deshalb nur einen geringen Einfluss auf die Düngebedarfsermittlung nach der Stickstoff-Bedarfs-Analyse. Als Ursachen für die geringe Differenzierung der Frühjahrs- $N_{\min}$ -Gehalte sind vermutlich die N-Aufnahme über Winter durch die Winterungen sowie die Nitratverlagerung in tiefere Bodenschichten anzusehen.

**Tabelle 15:** Mittlere jährliche N-Düngung (OD + MD), N-Entzüge und N-Salden im Zeitraum 1997 bis 2008

Prüfglied		N-Düngung	N-Entzug	N-Saldo
PG	Düngungsvariante	kg N/ha		
1	ohne OD / ohne MD	0	53	-53
2	ohne OD / ohne N	0	60	-60
3	ohne OD / N-MD	138	147	-8
4	ohne OD / N-MD, Strohasche	137	143	-6
5	Stallmist / N-MD	191	152	39
6	Gülle / ohne N-MD	230	136	94
7	Stroh + Gülle / ohne N-MD	249	141	108
8	Stroh / N-MD	155	147	7
9	Kompost / N-MD	282	146	136
10	Klärschlamm / N-MD	196	163	33

**Tabelle 16:** Mittlere jährliche  $N_{\min}$ -Gehalte zu Vegetationsbeginn und nach der Ernte (kg N/ha) im Zeitraum 1997 bis 2008

Prüfglied		Frühjahr		Herbst	
PG	Düngungsvariante	0...60 cm	0...90 cm	0...60 cm	0...90 cm
1	ohne OD / ohne MD	12	24	27	37
2	ohne OD / ohne N	13	23	23	34
3	ohne OD / N-MD	15	29	37	49
4	ohne OD / N-MD, Strohasche	17	28	35	49
5	Stallmist / N-MD	19	36	38	54
6	Gülle / ohne N-MD	20	38	45	58
7	Stroh+Gülle / ohne N-MD	19	33	46	58
8	Stroh / N-MD	14	25	35	45
9	Kompost / N-MD	19	35	42	56
10	Klärschlamm / N-MD	23	39	57	74

### Zwölfjährige Humusbilanz und Wirkung auf den Humusgehalt im Boden

Zur Berechnung der Humusbilanz dient die Methodik des VDLUFA-Standpunktes Humusbilanzierung von 2004 (untere Werte). Für Stroh wurde eine Humusreproduktionsleistung von 100 kg C/t (Spannweite des VDLUFA-Standpunktes: 80 - 110 kg C/t) zu Grunde gelegt. Die Bewertung der Humusbilanz zeigt Tabelle 17.

Alle Varianten ohne organische Düngung sind erwartungsgemäß von einem stark negativen Humussaldo gekennzeichnet (Tab. 18). Annähernd ausgeglichen sind die Varianten Stallmist + N-MD und Stroh + N-MD (PG 5 und 8). Die organische Düngung in Form von Gülle, Gülle + Stroh sowie Kompost + N-MD (PG 6, 7 und 9) führt zu hohen positiven C-Salden.

Hingegen ist die Zufuhr von 5 t Klärschlamm-TM/ha alle 3 Jahre nicht ausreichend um die Humusbilanz (Humussaldo: -220 kg C/ha) auszugleichen.

**Tabelle 17:** Bewertung der Humussalden nach VDLUFA-Standpunkt (2004)

Humussaldo kg Humus-C/ha x a	Gruppe	Bewertung
< -200	A sehr niedrig	ungünstige Beeinflussung von Bodenfunktionen und Ertragsleistung
-200 bis -76	B niedrig	mittelfristig tolerierbar, besonders auf mit Humus angereicherten Böden
-75 bis 100	C optimal	optimal hinsichtlich Ertragssicherheit bei geringem Verlustrisiko; langfristig Einstellung Standortangepasster Humusgehalte
101 bis 300	D hoch	mittelfristig tolerierbar, besonders auf mit Humus verarmten Böden
> 300	E sehr hoch	erhöhtes Risiko für Stickstoff-Verluste, niedrige N-Effizienz

Bereits nach 12 Jahren Versuchsdauer liegen deutlich messbare Differenzen zwischen den Varianten hinsichtlich  $C_{org.}$ - und  $N_t$ -Gehalt im Boden vor. Die Prüfglieder ohne organische Düngung sind aufgrund der Abfuhr der Nebenernteprodukte durch einen C-Abbau gekennzeichnet, wobei die mineralische N-Düngung der Verminderung des Humusgehaltes im Boden entgegenwirkt. Der  $C_{org.}$ -Gehalt der Variante Strohaschedüngung (PG<sub>4</sub>) bleibt unverändert, vermutlich durch die Erfassung von unverbranntem Kohlenstoff der Asche. Alle Varianten mit organischer Düngung führen zum Aufbau von C im Boden. Den höchsten  $C_{org.}$ -Gehalt erreicht die Düngung von Stroh + Gülle (PG 7), gefolgt von Kompost (PG 9), Stallmist (PG 5) bzw. Stroh + mineralische N-Düngung (PG 8) und Klärschlamm (PG 10).



Gülletechnik 2009

**Tabelle 18:** Humusbilanz nach VDLUFA (untere Werte) im Zeitraum 1997 bis 2008 sowie mittlere  $C_{org.}$ - und  $N_t$ -Gehalte im Boden im Mittel der Jahre 2006 bis 2008 (Gehalte vor Versuchsanlage:  $C_{org.}$ : 0,80 %;  $N_t$ : 0,075 %)

Prüfglied		Humussaldo	$C_{org.}$	$N_t$
PG	Düngungsvariante	kg C/ha x a	%	
1	ohne OD / ohne MD	-407	0,63	0,064
2	ohne OD / ohne N	-407	0,68	0,068
3	ohne OD / N-MD	-407	0,78	0,073
4	ohne OD / N-MD, Strohasche	-407	0,80	0,072
5	Stallmist / N-MD	13	0,89	0,074
6	Gülle / N-OD	188	0,96	0,085
7	Stroh+Gülle / N-OD	588	1,08	0,103
8	Stroh / N-MD	-7	0,89	0,082
9	Kompost / N-MD	743	1,01	0,100
10	Klärschlamm / N-MD	-220	0,85	0,083

Die Variante Stroh + N-MD (PG 8) führt bei annähernd ausgeglichenen Humussaldo zu einer geringen Erhöhung des  $C_{org}$ -Gehaltes im Boden. Demnach trägt die jährliche Strohdüngung in Verbindung mit bedarfsgerechter mineralischer N-Düngung zum Erhalt des standorttypischen Humusgehaltes im Boden bei und bestätigt damit die Ergebnisse des Dauerversuches L28.

#### 4.2.4 Fazit

Die bedarfsgerechte kombinierte organische und mineralische N-Düngung stellt sowohl hinsichtlich Wirtschaftlichkeit als auch Umweltverträglichkeit das Optimum dar. Eine zu geringe Humuszufuhr reduziert die Bodenfruchtbarkeit. Überhöhte Güllegaben sind aus wirtschaftlichen und ökologischen Gründen zu vermeiden.



Dauerversuch M 222

### 4.3 Versuche zur N-Düngung

Stickstoff (N) besitzt als essenzieller Pflanzennährstoff besondere Bedeutung in der Pflanzenproduktion. Eine stets bedarfsgerechte N-Ernährung der Kulturen sichert hohe und stabile Erträge sowie eine hohe Produktqualität. Überschüssiger, nicht genutzter Boden- und Düngemittelstickstoff ist wirtschaftlich nachteilig und kann zu unerwünschten N-Verlusten in die Umwelt (Gewässer, Atmosphäre) führen. Die bedarfsgerechte N-Düngung zielt deshalb auf die höchste Wirtschaftlichkeit bei höchstmöglicher Effizienz der Düngemittel hin. Stickstoff unterliegt in Boden und Pflanze einer starken Mobilität. Infolge dessen wird der konkrete N-Düngebedarf von einer Reihe von Faktoren beeinflusst, zu deren Quantifizierung und sachgerechter Berücksichtigung im Rahmen der Düngebedarfsermittlung sind entsprechende Feldversuche erforderlich sind.

Die Ermittlung des N-Düngebedarfs landwirtschaftlicher Kulturen erfolgt in Thüringen nach der Stickstoff-Bedarfs-Analyse (SBA). Dieses Verfahren beruht auf der N-Sollwertmethode und berücksichtigt einen kulturspezifischen Basis-N-Sollwert (vgl. Tab. 20), dem  $N_{min}$ -Gehalt im Boden sowie weitere Faktoren zum Standort bzw. zur Kultur.

Schema zur Ermittlung des N-Düngebedarfs nach SBA

*Basis-N-Sollwert*

± *Zu- und Abschläge*

*für Standort, Sorte, Vorfrucht, org. Düngung u. a.*

-  $N_{min}$ -Gehalt im Boden

= *N-Düngebedarf*

Die Parameter des SBA-Systems stellen keine statischen Größen dar. Sie sind entsprechend

der wirtschaftlichen und natürlichen Rahmenbedingungen laufend in Feldversuchen zu präzisieren. Zur Weiterentwicklung und Überprüfung der Stickstoff-Bedarfs-Analyse wurden auf Thüringer Versuchsstationen statische und einjährige N-Düngungsversuche angelegt. Diese Ergebnisse dienen zur Weiterentwicklung des SBA-Systems unter den konkreten wirtschaftlichen sowie natürlichen Bedingungen und berücksichtigen zum Beispiel Zuchtfortschritt und Ertragsentwicklung. Letztlich beschreibt die aus den Versuchen abgeleiteten Vorgaben zur N-Düngebedarfsermittlung die „Gute fachliche Praxis“ beim Düngen im Sinne von Düngegesetz und Düngeverordnung.

#### 4.3.1 Statischer SBA-Versuch

Versuchsart:

statischer Versuch, einfaktoriell

Prüffaktor:

N-Düngung

organische Düngung:

ohne

Versuchsjahre:

1994 - 2008

Fruchtfolge:

ortsüblich

##### 4.3.1.1 Zielstellung

Aufgabe des statischen, ortsfesten N-Düngungsversuches ist die Ermittlung der Auswirkungen langjährig unterlassener, suboptimaler und erhöhter N-Düngung im Vergleich zur SBA-Düngungsempfehlung. Kriterien sind neben Ertrag und Produktqualität auch die N-Dynamik ( $N_{\min}$ -Gehalt im Frühjahr und im Herbst) unterschiedlich gedüngter Böden.

##### 4.3.1.2 Versuchsdurchführung

Tabelle 19 zeigt die Varianten des statischen N-Düngungsversuches.

**Tabelle 19:** Prüfglieder (PG) des statischen N-Düngungsversuches

PG	N-Düngung
1	ohne N
2	SBA (nach N-Sollwert)
3	SBA + 30 %
4	SBA - 30 %

PG 1 bleibt seit 1994 ohne N-Düngung und gibt Auskunft über die jährliche N-Bereitstellung des Bodens. Im PG 2 (N-Düngung nach SBA) erfolgt die N-Düngung auf der Grundlage der Düngungsempfehlung des SBA-Systems. Das PG 3 mit einer um 30 % erhöhten N-Düngung zeigt die Wirkung einer erhöhten N-Zufuhr. Durch die um 30 % reduzierte N-Menge bei PG 4 sind die Ertrag- und Qualitätswirkungen erkennbar, die bei Extensivierungsprogrammen oder in Trinkwasserschutzgebieten auftreten können. Für die Ermittlung der N-Düngermengen werden die auf dem jeweiligen Prüfglied gefundenen  $N_{\min}$ -Gehalte im SBA-System zugrunde gelegt. Die Nebenernteprodukte werden abgefahren.

Die im statischen N-Versuch angebauten Kulturen und die dazu gehörigen Basis-N-Sollwerte sowie die N-Düngung zu PG 2 (SBA) zeigt Tabelle 20.

**Tabelle 20:** Fruchtfolge mit dazugehörigen Basis-N-Sollwert und N-Düngung in PG 2 im statischen N-Düngungsversuch

Jahr	Kultur	Basis-N-Sollwert (kg N/ha)	N-Düngung PG 2 (SBA) mit Zu-/Abschlägen (kg N/ha)
1994	Winterweizen <sup>*)</sup>	170	170
1995	Silomais	190	150
1996	Winterweizen <sup>*)</sup>	170	135
1997	Hafer	110	95
1998	Sommerbraugerste	90	65
1999	Sommerraps	180	170
2000	Winterweizen <sup>*)</sup>	170	205
2001	Winterroggen	120	145
2002	Kartoffeln	160	160
2003	Sommerbraugerste	90	70
2004	Winterweizen <sup>*)</sup>	170	165
2005	Feldgras	130 (nur 1. Aufwuchs)	250 (3 Aufwüchse) <sup>**)</sup>
2006	Kartoffel	160	150
2007	Winterweizen <sup>*)</sup>	170	180
2008	Sommerbraugerste	90	80

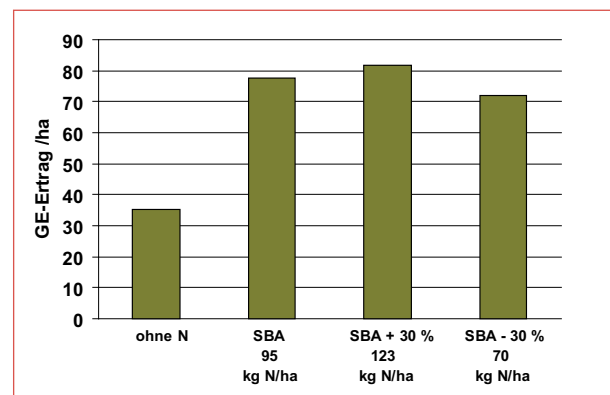
<sup>\*)</sup> ohne Qualitätsgabe

<sup>\*\*)</sup> Düngung 2. und 3. Aufwuchs nach TLL-Merkblatt „Stickstoffdüngbedarf für mehrschnittige Futterpflanzen“

### 4.3.1.3 Ergebnisse

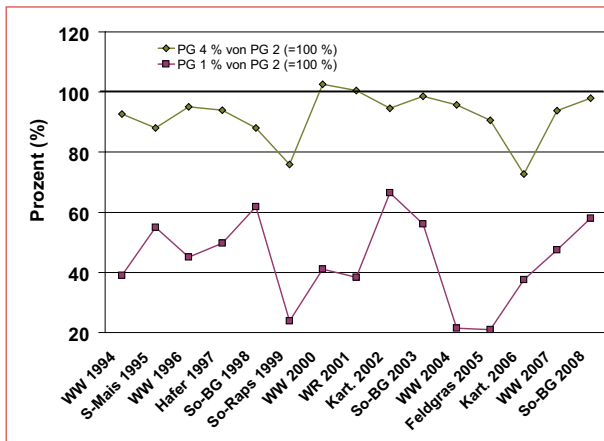
#### Wirkung auf die Erträge

Im Mittel der 15 Erntejahre führte die N-Düngung nach SBA von 95 kg N/ha (mittlerer  $N_{\min}$ -Gehalt: 30 kg/ha) zu einem Ertrag von 77,8 GE/ha. Die um 30 % erhöhte N-Düngung (PG 3, 123 kg N/ha) steigerte den Ertrag um 5 % (+ 3,8 GE/ha) im Vergleich zur Düngung nach SBA. Die Reduzierung der N-Menge um 30 % bewirkte einen Ertragsverlust von 8 % (- 5,8 GE/ha). Die unterlassenen N-Düngung (PG 1) hatte einen Ertragsverlust von 55 % zur Folge. Diese Ergebnisse belegen die geringe N-Nachlieferung des Standortes Bad



**Abbildung 5:** Mittlere GE-Erträge im statischen N-Düngungsversuch Bad Salzungen (1994 bis 2008, mittlerer  $N_{\min}$ -Gehalt: 30 kg/ha)

Salzungen, die deutlich unter denen der anderen Thüringer Versuchsstandorte liegt. Insbesondere auf dem leichten Standort Bad Salzungen spielt die Frage nach dem Ertragsabfall nach langjähriger reduzierter N-Düngung (PG 4) eine wesentliche Rolle. Der lehmige Sandboden mit einer verzögerten Erwärmung im Frühjahr und einer verhältnismäßig geringen N-Nachlieferung während der Hauptwachstumsphase unterscheidet sich diesbezüglich deutlich von den "besseren Böden" Thüringens. Unter den Bedingungen von Bad Salzungen traten häufig nur geringe  $N_{\min}$ -Gehalte auf, im Mittel aller Versuchsjahre lagen die Frühjahrswerte bei ca. 30 kg N/ha. Im Verlauf der 15 Versuchsjahre schwanken die Relativerträge der Variante SBA -30 % (PG 4) zwischen 73 bis 102 % der N-Düngung nach SBA (PG 2). Nach guten Blattfrüchten zeigte sich meist nur eine geringe Reduzierung des Ertrages bei SBA -30 % (Abb. 6). Während der Versuchsdauer ist keinen eindeuti-

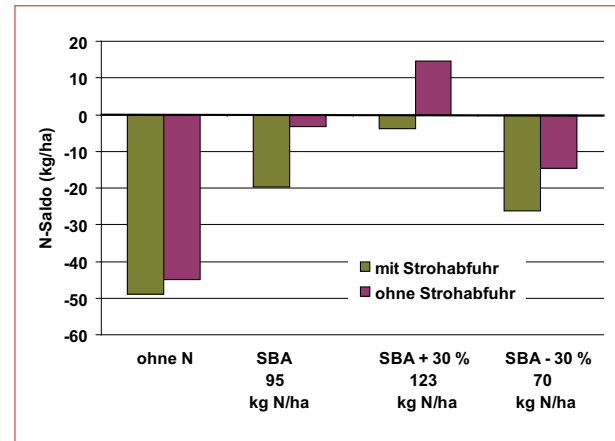


**Abbildung 6:** Relativerträge der Variante SBA -30% (PG 4) im Vergleich zur N-Düngung nach SBA (PG 2 = 100) im statischen N-Düngungsversuch Bad Salzungen (1994 bis 2008)

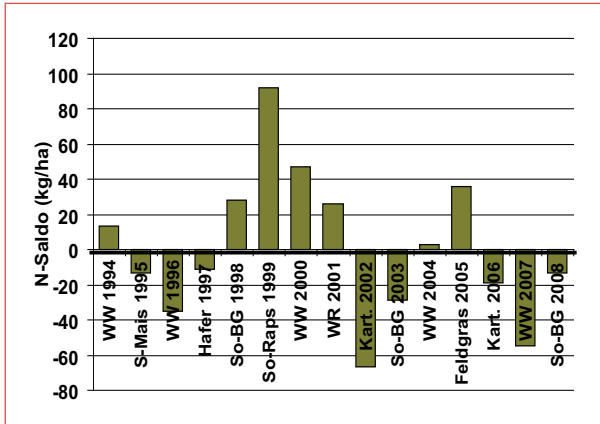
gen Trend zu abnehmenden Erträgen bei suboptimaler N-Düngung zu erkennen. Der Relativertrag der Variante ohne N-Düngung schwankt kulturartabhängig zwischen 21 und 66 %.

### Wirkung auf den N-Saldo

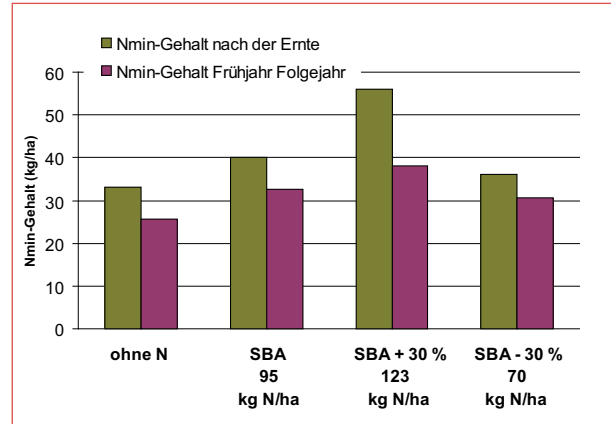
Im Mittel aller Versuchsjahre führte die N-Düngung nach SBA zu einem fast ausgeglichenen N-Saldo, wenn nur das Haupternteprodukt berücksichtigt wurde (Abb. 7). Demnach kann unter den Standortverhältnissen in Bad Salzungen mit einer mineralischen N-Düngung nach SBA ohne N-Überhang produziert werden. Durch die Strohabfuhr vom Feld sinkt der mittlere N-Saldo auf -20 kg/ha, wobei kulturartabhängig große Schwankungen auftreten (Abb. 8). Eine Erhöhung der SBA-Empfehlungen um 30 % (PG 3) führte bei Abfuhr des Haupternteproduktes zu einem N-Saldo von 15 kg/ha. Bei der Variante SBA 30 % traten negative Werte auf.



**Abbildung 7:** Mittlere N-Salden (mit und ohne Strohabfuhr) im statischen N-Düngungsversuch (1994 bis 2008)



**Abbildung 8:** N-Salden (Haupternteprodukt) der Variante N-Düngung nach SBA im statischen N-Düngungsversuch 1994 bis 2008



**Abbildung 9:** N<sub>min</sub>-Gehalte nach Ernte (1994 bis 2008) und im Frühjahr des Folgejahres (1995 bis 2009) im statischen N-Düngungsversuch Bad Salzungen

### N<sub>min</sub> - Gehalt im Frühjahr und nach Ernte

Der N<sub>min</sub>-Gehalt nach der Ernte stellt einen Indikator für die Effizienz der N-Düngung dar. Der mittlere N<sub>min</sub>-Wert der Variante ohne N-Düngung betrug 33 kg/ha (Frühjahrswert: 25 kg/ha). Durch die Düngung nach SBA (95 kg N/ha) stieg der N<sub>min</sub>-Gehalt auf 40 kg N/ha sowie bei Variante SBA + 30% auf 56 kg/ha an. Der N<sub>min</sub>-Wert von PG 4 (SBA -30%) liegt mit 36 kg/ha nur geringfügig über dem Niveau der Variante ohne N-Düngung (Abb. 9).

Zwischen Ernte und dem folgenden Frühjahr gehen die N<sub>min</sub>-Gehalte um 6 bis 18 kg/ha zurück. Wichtige Ursachen dafür können die N-Aufnahme durch Winterungen sowie die Nitratverlagerung in tiefere Bodenschichten sein. Die größte Differenz zwischen nach der Ernte und Frühjahr lag mit 18 kg/ha bei der Variante SBA +30%. Auch bei der Variante ohne N-Düngung sind die N<sub>min</sub>-Gehalte um 6 kg/ha bis zum Frühjahr gesunken.

### 4.3.1.4 Fazit

Die langjährig um 30% reduzierte N-Düngung bewirkt eine mittlere Ertragsminderung um 8%. Die Erhöhung um 30% (+28 kg N/ha) erhöhte den Ertrag nur um 5%. Die Reaktion der einzelnen Kulturen überlagert die Wirkung langjährig differenzierter N-Düngung.

### 4.3.2 Einjährige N-Düngungsversuche

Versuchsart:

einjährige Versuche, einfaktoriell

Prüffaktor:

N-Düngung

organische Düngung:

ohne

Versuchsjahre:

1994 - 2008

Kulturen:

Winterweizen, Hafer oder Sommerdurum



### 4.3.2.1 Zielstellung

Die einjährigen N-Düngungsversuche unter praxisnahen Bedingungen werden zur Ermittlung des wirtschaftlichen Optimums der N-Düngung durchgeführt und dienen der Kalibrierung der Parameter des SBA-Systems sowie weiterer Düngungsempfehlungen der TLL.

### 4.3.2.2 Versuchsdurchführung

Seit 1994 werden, mit Unterbrechungen für andere Versuchsserien, einjährige N-Düngungsversuche durchgeführt. Die Versuchsvarianten entsprechen denen des statischen N-Versuches (vgl. Tab. 2). Darüber hinaus wurden in diesem Versuch insbesondere in den letzten Versuchsjahren zusätzliche Varianten (Nitratschnelltest bzw. stabilisierte N-Dünger) geprüft, auf die hier jedoch nicht eingegangen werden kann.

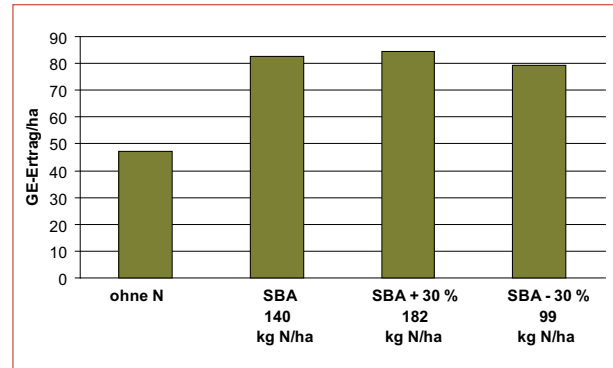
Für die Errechnung der SBA-Düngungsempfehlung gelten die unter 4.3.1.2 gemachten Angaben. Der Sollwert für Sommerdurum beträgt 150 kg/ha. Dabei gilt für den gesamten Versuch ein einheitlicher  $N_{\min}$ -Gehalt zur SBA-Düngungsempfehlung. Im Gegensatz zum statischen N-Versuch erhalten die Vorfrüchte einheitlich eine bedarfsgerechte N-Düngung.

Zum Anbau kamen 5 x Winterweizen (1994, 1996, 1998, 1999, 2008), 2 x Sommerhafer (1995 und 1997) sowie 1 x Sommerdurum (1998).

### 4.3.2.3 Ergebnisse

Im Mittel aller 8 Versuche führte die N-Düngung nach SBA (PG 2: 140 kg/ha) zu einem Ertrag von 82,5 GE/ha (Abb. 10). Die Variante SBA +30 % (PG 3) hatte eine Ertragssteigerung um 2,5 % zur Fol-

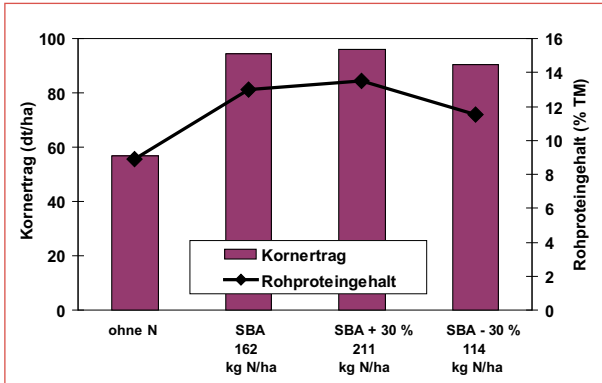
ge. Dazu wurde eine um 42 kg N/ha höhere N-Düngermenge eingesetzt. Die reduzierte N-Düngung (SBA -30%) war mit einem Ertragsrückgang um 3,8 % verbunden.



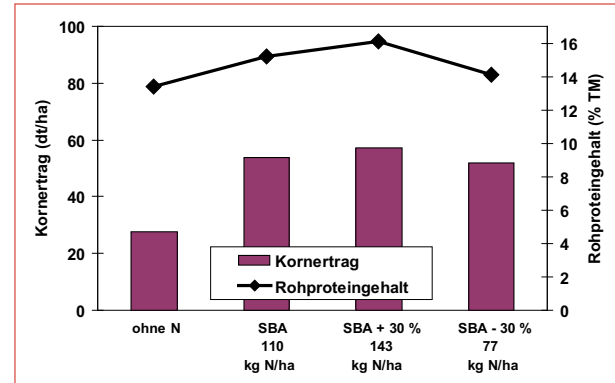
**Abbildung 10:** Mittlere GE-Erträge von 8 einjährigen N-Düngungsversuchen (1994 bis 2008, mittlerer  $N_{\min}$ -Gehalt im Frühjahr: 34 kg N/ha)

Die Kornerträge und Rohproteingehalte der einzelnen Kulturen sind in den Abbildungen 11 bis 13 dargestellt.

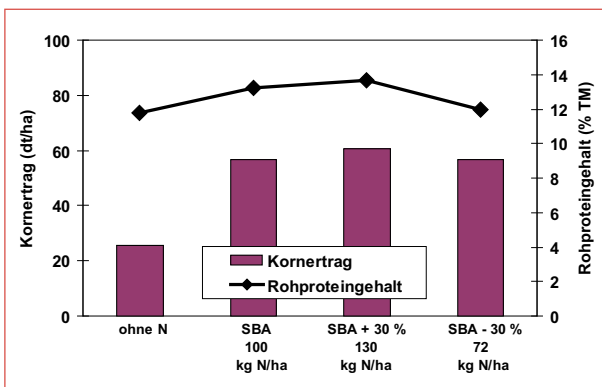
Im Vergleich zu den einjährigen N-Düngungsversuchen auf anderen Thüringer Standorten liegen in Bad Salzungen die höchsten Ertragsdifferenzen zwischen den Varianten ohne N-Düngung und N-Düngung nach SBA vor. Ohne N-Düngung erzielte Winterweizen nur 60 %, Hafer 45 % und Sommerdurum 52 % des Ertrages der Variante N-Düngung nach SBA. Damit zeigt sich in den jährlichen N-Düngungsversuchen neben dem geringen  $N_{\min}$ -Gehalt im Boden auch die relativ verhaltene N-Nachlieferung des Standortes Bad Salzungen. Der ohne 3. N-Gabe angebaute Winterweizen erreichte durch die Erhöhung der N-Düngung um 30 % zur SBA-Düngungsempfehlung nur einen geringen Mehrertrag von 1,3 dt/ha, bei einem um



**Abbildung 11:** Kornertrag und Rohproteingehalt in fünf einjährigen N-Düngungsversuchen zu Winterweizen (1994, 1996, 1998, 1999, 2008; mittlerer  $N_{\min}$ -Gehalt im Frühjahr: 37 kg/ha)



**Abbildung 13:** Kornerträge und Rohproteingehalt im einjährigen N-Düngungsversuch zu Sommerdurum (1998,  $N_{\min}$ -Gehalt im Frühjahr: 42 kg/ha)



**Abbildung 12:** Kornerträge und Rohproteingehalt in zwei einjährigen N-Düngungsversuchen zu Sommerhafer (1995 und 1997; mittlerer  $N_{\min}$ -Gehalt im Frühjahr: 21 kg/ha)

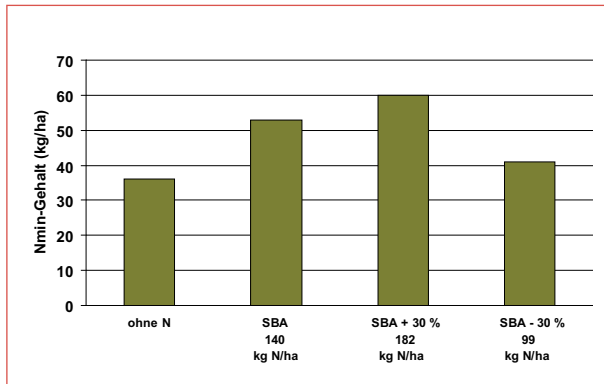
0,5 % höherem Rohproteingehalt. In den zwei Haferversuchen betrug der Mehrertrag 4 dt/ha sowie im Durumversuch 3,4 dt/ha.

Insgesamt ist für die geprüften Kulturen eine gute Stimmigkeit der SBA unter den Standortbedingungen in Bad Salzungen festzustellen.

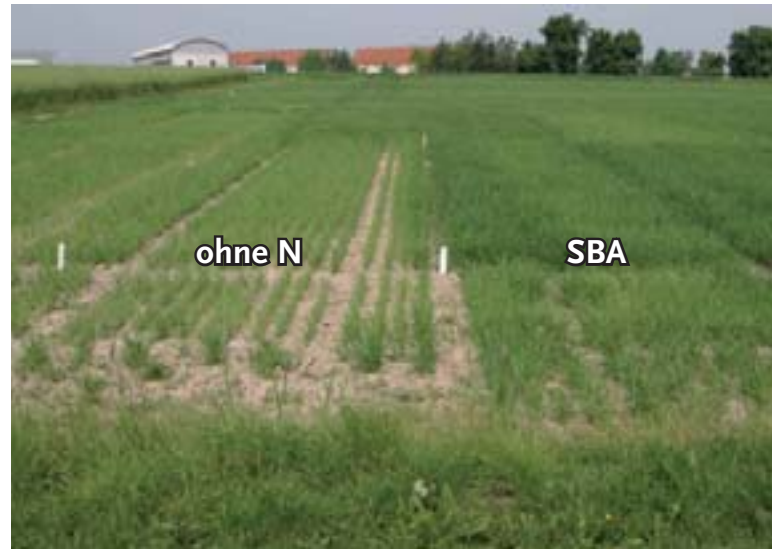
### $N_{\min}$ - Gehalt nach der Ernte

In den einjährigen N-Düngungsversuchen ist eine deutliche Abhängigkeit des  $N_{\min}$ -Gehaltes von N-Düngung erkennbar (Abb. 14).

Die Variante ohne N-Düngung wies 33 kg  $N_{\min}$ /ha auf. Die Düngung nach SBA (mittlere Düngung 140 kg N/ha) hatte einen Anstieg um 13 kg  $N_{\min}$ /ha zur Folge. Die höhere N-Düngung der Variante SBA +30 % (182 kg N/ha) hinterließ 60 kg  $N_{\min}$ /ha auf der Fläche. Der  $N_{\min}$ -Gehalt von SBA -30 % (99 kg N/ha) lag mit 41 kg/ha nur geringfügig über der ungedüngten Variante.



**Abbildung 14:** Mittlere  $N_{\min}$ -Gehalte nach der Ernte von 8 einjährigen N-Düngungsversuchen (1994 bis 2008)



#### 4.3.2.4 Fazit

Die einjährigen N-Düngungsversuche belegen weitgehend die Güte der SBA-Düngungsempfehlungen. Die N-Düngung nach SBA führte in der Regel zum wirtschaftlichen Höchstertag. Eine Erhöhung der N-Düngung gegenüber der SBA-Empfehlung bewirkte zumeist noch geringe Mehrerträge, die aber unter Berücksichtigung der zusätzlichen N-Düngungskosten unwirtschaftlich waren. Die Ergebnisse der einjährigen N-Düngungsversuche sind in die 2007 präzisierten Parameter für die N-Düngung zu Winterweizen sowie in die Erarbeitung des N-Sollwertes für Sommerdurum eingeflossen. Alle Ergebnisse sind Bestandteil der N-Produktionsfunktionen für Ackerkulturen, die unter Berücksichtigung von Düngemittelpreis und Erzeugerlös kurzfristige Aussagen zum wirtschaftlichen Optimum der N-Düngung ermöglichen. Der N-Sollwert für Hafer ist in weiteren Untersuchungen zu überprüfen.



## 4.4 N-Düngung zu Qualitätsweizen

Versuchsart:

einjährige Versuche

Prüffaktor:

A N-Düngung

B Sorte

organische Düngung:

ohne

Versuchsjahre:

2005 bis 2007

Kultur:

Winterweizen

### 4.4.1 Zielstellung

Unter Thüringer Standortbedingungen besitzt der Anbau von Qualitätsweizen besondere Bedeutung. Zum Erreichen der geforderten hohen Rohproteingehalte im Weizenkorn ist in der Regel eine Qualitäts-N-Gabe notwendig. Diese wird zu meist unvollständig ausgenutzt und kann zu erhöhten  $N_{\min}$ -Gehalten nach der Ernte und hohen N-Bilanzsalden führen.

Im Interesse einer wirtschaftlichen und umweltverträglichen N-Düngerbemessung sind deshalb aus Ergebnissen von Feldversuchen Konzepte zur N-Düngung abzuleiten. Eine erste Versuchsserie wurde in den Jahren 1996 bis 1999 durchgeführt. Das geänderte Sortenspektrum, das gestiegene Ertragsniveau sowie die Notwendigkeit des effizienten N-Düngeinsatzes war Anlass für die Durchführung neuer Feldversuche in den Jahren 2005 bis 2007. Im Vordergrund stand die Frage nach der optimalen Höhe und des Ausbringungszeitpunktes der 3. N-Gabe beim Anbau aktueller Qualitätsweizensorten.

### 4.4.2 Versuchsdurchführung

Aufbauend auf Ergebnissen von Feldversuchen zur Bestandesführung bei Winterweizen wurden Höhe und Zeitpunkt der N-Gaben variiert (Tab. 21). Eine Sortenanpassung der N-Düngung und eine Präzisierung der N-Gaben mittels Nitratschnelltest erfolgten nicht. Die N-Düngung erfolgte überwiegend als Ammonsulfat- bzw. Kalkammonsalpeter. Parallelversuche wurden in Dornburg, Friemar und Großenstein durchgeführt.

Sorten: Altos (E), Compliment (A) und Ellvis (A).

**Tabelle 21:** Prüfglieder (PG) der Versuche zur N-Qualitätsdüngung (2005 bis 2007)

PG	1 + 2. N-Gabe	3. N-Gabe
1		keine
2		40 kg N/ha ES
3	SBA minus 20 kg N/ha	80 kg N/ha ES 39-45
4		40 kg N/ha ES 39-45 + 40 kg N/ha ES 59-61
5		80 kg N/ha ES 59-61
6		80 kg N/ha ES 39-45
7	SBA minus 20 kg N/ha 1. Gabe betont	80 kg N/ha ES 39-45
8	SBA	80 kg N/ha ES 39-45
9		120 kg N/ha ES 39-45

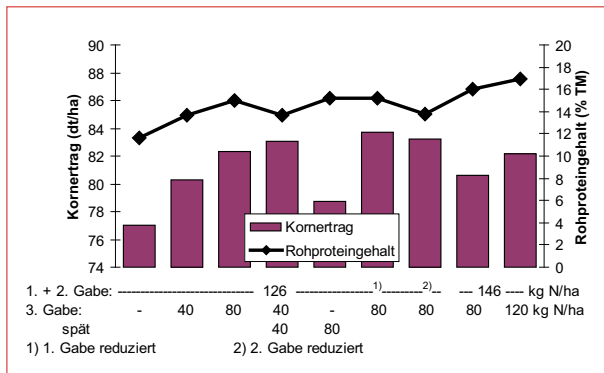
Der mittlere  $N_{\min}$ -Gehalt im Frühjahr betrug 50 kg N/ha. Daraus resultierte eine mittlere N-Düngung (1. und 2. Gabe) bei den reduzierten Varianten (PG 1 bis 7) von 127 kg N/ha bzw. bei Düngung nach SBA (PG 8 und 9) von 147 kg/ha.

## Sorten

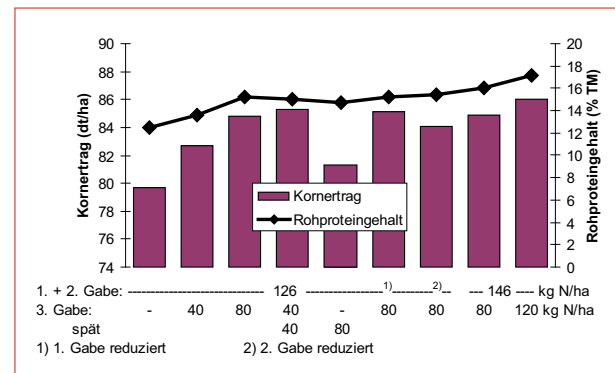
Die Sorte Ellvis (84,9 dt/ha) erzielte den höchsten Kornertrag, gefolgt von Compliment (83,9 dt/ha) und Altos (81,2 dt/ha). Den höchsten mittleren Rohproteingehalt erreichten die Sorten Compliment und Ellvis mit 15,0 % (Altos: 14,6 %). Alle drei Sorten zeigten eine ähnliche Wirkung der Stickstoffdüngung auf Kornertrag und Rohproteingehalt. Eine Ausnahme bildete die Sorte Ellvis im Jahr 2007 mit ungewöhnlich großen Ertragsdif-

ferenzen. Insgesamt erfordern die geprüften Sorten keine unterschiedlichen Strategien zur Qualitätsdüngung.

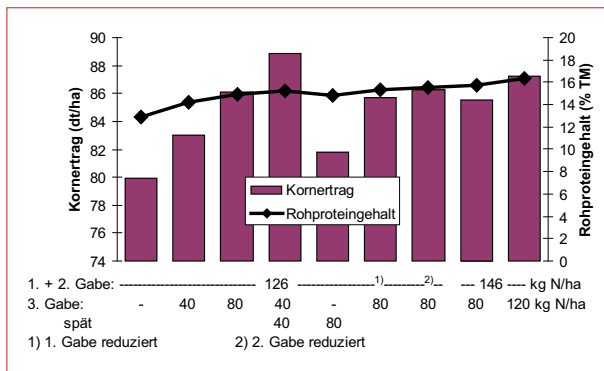
Die Differenzen zwischen niedrigstem und höchstem Rohproteingehalt betragen im Mittel aller Jahre sortenabhängig zwischen 3,4 bis 5,3 %. Die Unterschiede im Kornertrag zwischen den Düngungsprüfgliedern bewegten sich im Bereich von 6,3 bis 9 dt/ha. Die Ergebnisse für die einzelnen Sorten enthalten die Abbildungen 15 bis 18.



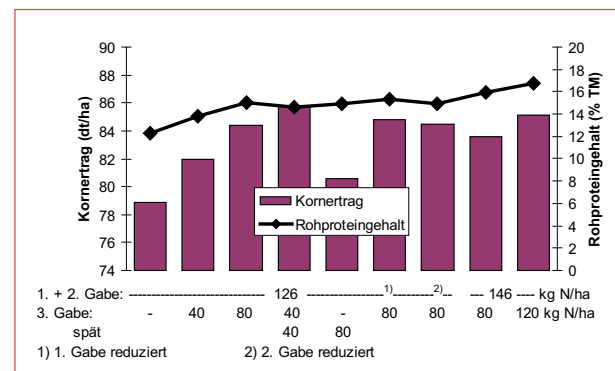
**Abbildung 15:** Kornertrag und Rohproteingehalt der Sorte Altos in Abhängigkeit von der N-Düngung (2005 bis 2007)



**Abbildung 17:** Kornertrag und Rohproteingehalt der Sorte Ellvis in Abhängigkeit von der N-Düngung (2005 bis 2007)



**Abbildung 16:** Kornertrag und Rohproteingehalt der Sorte Compliment in Abhängigkeit von der N-Düngung (2005 bis 2007)



**Abbildung 18:** Kornertrag und Rohproteingehalt von Winterweizen in Abhängigkeit von der N-Düngung (Mittel von 3 Sorten, 2005 bis 2007)

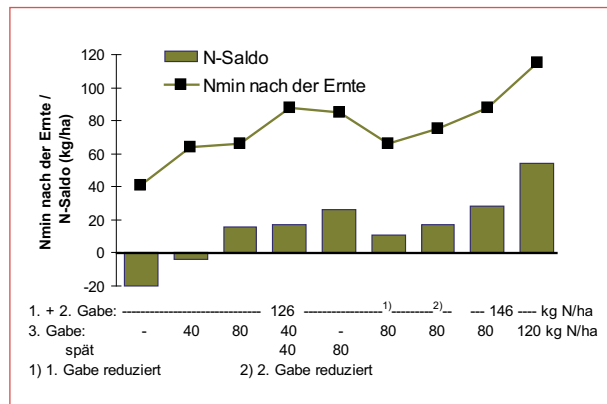
Zum Erreichen hoher Rohproteingehalte ist somit bei einem Ertragsniveau von ca. 80 bis 85 dt/ha eine 3. N-Gabe von ca. 80 kg N/ha erforderlich. Eine geringfügige Reduzierung der 1. N-Gabe kann bei Betonung der 2. N-Gabe erfolgen.

### N-Saldo und $N_{\min}$ -Gehalt im Boden nach der Ernte

Die  $N_{\min}$ -Gehalte nach der Ernte schwanken zwischen 40 kg/ha (PG 1: reduzierte 1. und 2. Gabe und ohne 3. Gabe) und 115 kg/ha (PG 9: SBA + 3. Gabe 120 kg N/ha).

Ein hohes N-Düngungsniveau sowie die späte N-Qualitätsdüngung zu ES 59 bis 61 führen zu hohen  $N_{\min}$ -Gehalten nach der Ernte. Für die Verringerung der Gefahr von N-Auswaschungsverlusten sollten deshalb Maßnahmen zur Konservierung des Bodenstickstoffs bei hohen und/oder späten N-Gaben zur Anwendung kommen.

Die Unterlassung der 3. N-Gabe bzw. in Höhe von 40 kg N/ha (PG 1 und 2) führen zu negativen N-Salden. Die Erhöhung der Gesamt-N-Düngung



**Abbildung 19:**  $N_{\min}$ -Gehalt im Boden nach der Ernte und N-Saldo in Abhängigkeit von der N-Düngung zu Winterweizen (2005 bis 2007,  $N_{\min}$ -Gehalt Frühjahr: 50 kg N/ha)

sowie der späte Termin der 3. N-Gabe verursachen einen Anstieg der N-Salden. Spätgaben von 80 bzw. 120 kg N/ha zogen die höchsten N-Salden (PG 8 bzw. 9) nach sich und belegen die relativ geringe N-Verwertung hoher Qualitäts-N-Gaben.

### 4.4.3 Fazit

Aus den Ergebnissen der Versuchsserie zur N-Düngung zu Qualitätsweizen auf insgesamt 4 Standorten wurden die Düngungsempfehlungen der TLL präzisiert. Als Rahmen der N-Düngebedarfsermittlung für die N-Düngung zu Qualitätsweizen gilt ab 2008 ein N-Basis-Sollwert von 110 kg N/ha (minus  $N_{\min}$ -Gehalt = N-Bedarf für die 1. N-Gabe) sowie eine mittlere 2. N-Gabe von 60 kg N/ha. Richtwerte für die Bemessung der 3. N-Gabe sind 40 bis 60 kg N/ha bei einem Ertragsniveau von 60 bis 75 dt/ha sowie 60 bis 80 kg N/ha bei darüber liegenden Erträgen, wobei eine Präzisierung unter Berücksichtigung von N-Ernährungszustand (Nitratschnelltest oder Chlorophyllmessung), Gesundheitszustand des Bestandes und der zu erwartenden Wasserversorgung erforderlich ist.

Die Ausbringung der 3. N-Gabe sollte möglichst früh (ES 39 - 49) erfolgen.

Die Reduzierung der 1. bei gleichzeitiger Betonung der 2. N-Gabe führte in dieser Versuchsserie zu hohen Kornerträgen und Rohproteingehalten und begrenzt den N-Saldo im Qualitätsweizenanbau. Darüber hinaus erreichte dieses Düngungskonzept hohe N-kostenfreie Erlöse. Auf ertragsreichen Standorten kann das Erzielen von ausreichend hohen Rohproteingehalten problematisch sein, da im Bereich hoher Erträge (ab 80 bis 90 dt/ha) das N-Aufnahmevermögen aktueller Sorten begrenzt ist.

## 4.5 Versuche zur Schwefeldüngung

Versuchsart:

einjährige Versuche, einfaktoriell

Prüffaktor:

S-Düngung

organische Düngung:

ohne

Versuchsjahre:

1996 bis 2005

Kulturarten:

10 x Winterweizen, 6 x Wintergerste,

1 x Sommergerste

### 4.5.1 Zielstellung

Die gesunkenen S-Einträge aus der Atmosphäre, die relativ geringe S-Zufuhr über Wirtschaftsdünger sowie die zunehmende Verwendung hochkonzentrierter, schwefelarmer Mineraldünger haben nach 1990 zu einer Abnahme der S-Versorgung Thüringer Böden geführt. Ab Mitte der 90er Jahre des letzten Jahrhunderts waren in Thüringen auf Praxisflächen zunehmend sichtbare S-Mangelsymptome zunächst bei Winterraps, später auch bei Getreide und anderen Kulturen zu beobachten. Im Zeitraum 1996 bis 2005 sind die  $SO_4$ -S-Einträge aus der Atmosphäre weiter zurückgegangen und betragen im Mittel der Jahre 2000 bis 2005 nur noch  $< 10 \text{ kg S/ha} \times \text{a}$  (Abb. 20).

Parallel dazu sind die Gehalte der Böden an löslichem Schwefel ( $S_{\min}$ ) auf den besseren Lössstandorten (L6 1/2) von 120 auf 60 bis 80  $\text{kg S/ha}$ , auf allen anderen Standorten von ca. 60 auf 30  $\text{kg S/ha}$  gesunken (Abb. 21).

Aufgrund der reduzierten S-Versorgung der Böden, des gestiegenen Ertragspotenzials der Pflanzen und des S-Bedarfes landwirtschaftlicher Kulturpflanzen-

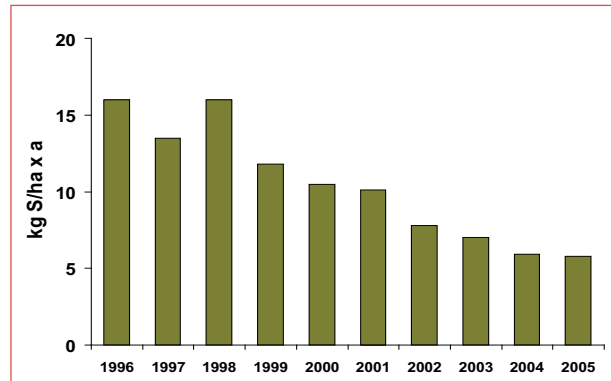


Abbildung 20: Mittlerer  $SO_4$ -S-Eintrag (Bulk-Sammler) von 5 Thüringer Ackerbaustandorten in den Jahren 1996 bis 2005 (nach Knoblauch, 2006)

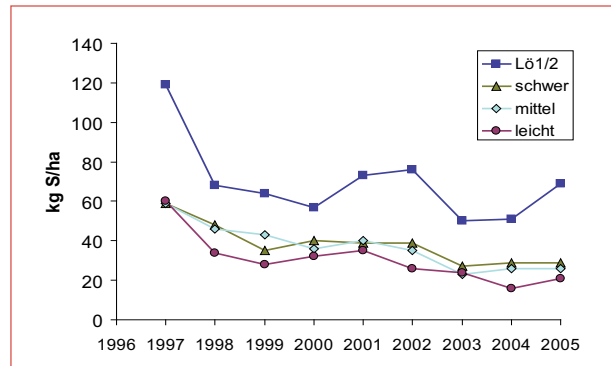


Abbildung 21: Entwicklung des  $S_{\min}$ -Gehaltes im Frühjahr von 400 Dauertestflächen der TLL in 0 bis 60 cm Tiefe im Zeitraum 1997 bis 2005 (Medianwerte)

arten (hoher S-Bedarf: Raps; mittlerer S-Bedarf: Getreide, Gräser, Rüben) waren Richtwerte für die bedarfsgerechte S-Düngung im Thüringer Ackerbau zu erarbeiten. Ab Mitte der 1990er Jahre wurde im VDLUFA unter Beteiligung der TLL die Entwicklung der  $S_{\min}$ -Methode, die parallel zum  $N_{\min}$ -Verfahren die Ermittlung des S-Düngebedarfes ermöglicht, vorangetrieben. Voraussetzung für die Einführung

dieses Verfahrens war der Nachweis der Eignung sowie die Ableitung von standortbezogenen Richtwerten aus regionalen Feldversuchen.

Im Vordergrund der Feldversuche zur S-Düngung standen:

- Kalibrierung der  $S_{\min}$ -Methode zur Ermittlung des S-Düngebedarfes ( $S_{\min}$ -Sollwert)
- Prüfung differenzierter Applikationszeitpunkte der S-Düngung
- Prüfung der Wirkung verschiedener S-Düngerformen.

Schwerpunkt der Versuche in Bad Salzungen war Untersuchung der S-Düngewirkung zu Getreide. Die Höhe der erforderlichen S-Düngermenge war kein Gegenstand der Versuchsserie.

#### 4.5.2 Versuchsdurchführung

Einen Überblick über die Varianten der 17 S-Düngungsversuche zeigt Tabelle 22.

**Tabelle 22:** Varianten der S-Düngungsversuche

PG	S-Düngung	Zeitpunkt
1	ohne S	-
2	S-haltiger Kalkammonsalpeter (24 % N, 7 % S)	zur 1. und 2. N-Gabe
3	Bittersalz/Kieserit <sup>*)</sup>	
4	elementarer S <sup>*)</sup> als Blattapplikation	
ab 1999 zusätzlich		
5	20 kg S/ha als Bittersalz/Kieserit	Getreide: ES 31 bis 32

<sup>\*)</sup> = S-Düngermenge entspricht Variante 2  
 Winterweizen: 38 ... 56 kg S/ha  
 Wintergerste: 41 ... 47 kg S/ha

#### 4.5.3 Ergebnisse

Im Mittel aller Versuchsjahre sind die Mehrerträge durch S-Düngung relativ gering und betragen 2,4 dt/ha durch S-haltigen Kalkammonsalpeter, 3,7 dt/ha durch Bittersalz sowie 4,5 dt/ha durch den Einsatz von elementarem Schwefel als Blattdünger (Tab. 23). Einzelne Versuche weichen stark von dieser Aussage ab.

In drei Versuchsjahren hatte die Anwendung von elementarem Schwefel deutliche Mehrerträge im Vergleich zu S-Bodendüngung zu Folge. Das betrifft die Jahre 1998 und 1999 (jeweils Winterweizen) und 2005 (Wintergerste). Diese Wirkung ist mit großer Wahrscheinlichkeit auf die zusätzliche fungizide Wirkung des elementaren Schwefels, die vermutlich eine Wirkungslücke der Fungizidapplikation geschlossen hat, zurückzuführen, wobei Krankheitsbonituren diesbezüglich keine Unterschiede im Befallsgeschehen zeigten. Diese Feststellung wird durch Ergebnisse von Gefäßversuchen zur Wirkung verschiedener S-Düngerformen bestätigt.

Die Ertragswirkung der S-Düngung in Abhängigkeit vom  $S_{\min}$ -Gehalt im Boden zu Vegetationsbeginn zeigt Abbildung 22. Demnach besteht für Winterweizen und -gerste bei unterlassener S-Düngung die Gefahr von signifikanten Ertragsminderungen, wenn der  $S_{\min}$ -Gehalt unter 50 kg S/ha liegt. Bei Unterschreiten dieses Wertes ist aber teilweise auch eine S-Düngewirkung ausgeblieben. Dieses Ergebnis deutet daraufhin, dass nach dem Zeitpunkt der Bodenprobenahme zur  $S_{\min}$ -Untersuchung im Frühjahr sich das S-Angebot im Boden durch andere Faktoren verbessern kann. Solche Faktoren können unter den trockenen Thüringer Standortbedingungen der kapillare Aufstieg von sulfathaltigem Was-



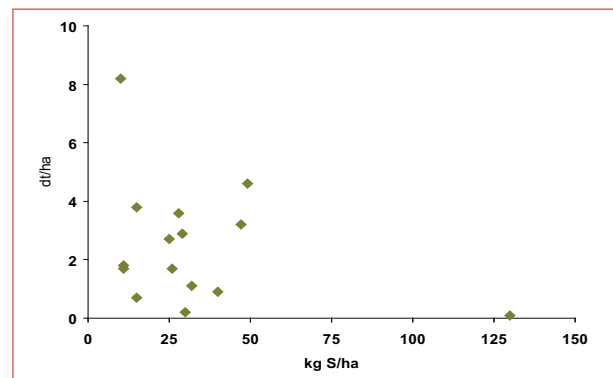
**Tabelle 23:** Kornertrag (dt/ha) von Winterweizen sowie Winter- und Sommergerste in Abhängigkeit von der S-Düngung

Jahr	Kulturart	$S_{\min}$ -Gehalt 0 - 90 cm kg S/ha	PG 1 ohne S	PG 2 S-haltiger KAS	PG 3 Bittersalz	PG 5 elementarer S	PG 6 Bittersalz ES 31/32
2000	Winterweizen	10	60,3	68,5	67,9	67,5	
2003	Wintergerste	11	70,5	72,2	73,1	71,5	
2003	Winterweizen	11	71,4	73,2	72,2	74,1	
2002	Winterweizen	15	72,3	76,1	76,1	77,8	
2001	Wintergerste	15	91,4	92,1	90,6	89,5	
1999	Sommergerste	20	70,5	73,8	73,1	72,0	
2004	Winterweizen	23	85,1	85,0	85,3	87,6	90,3
2000	Wintergerste	25	76,3	79,0	79,9	80,9	
2005	Wintergerste	26	89,2	90,9	94,6	100,9	91,3
2005	Winterweizen	28	83,7	87,3	90,5	91,4	89,8
2002	Wintergerste	29	65,5	68,4	70,0	71,9	
2004	Wintergerste	30	76,5	76,7	76,9	72,8	77,3
1999	Winterweizen	32	87,9	89,0	96,0	99,8	
1998	Winterweizen	40	88,0	88,9	93,0	96,7	
2001	Winterweizen	47	96,1	99,3	100,2	100,4	
1997	Winterweizen	49	91,2	95,8	94,7	93,4	
1996	Winterweizen	130	101,1	101,2	106,3	105,4	
Mittel (ohne Sommergerste)		32	81,0	83,4	84,7	85,5	-

ser aus tieferen Bodenschichten mit relativ hohen  $S_{\min}$ -Gehalten oder eine zurzeit nicht abschätzbare S-Mobilisierung im Boden nach der  $S_{\min}$ -Analyse sein.

Einzelne Versuche deuten an, dass eine frühe S-Düngung zu Vegetationsbeginn einer späteren Gabe (z. B. Schossbeginn) überlegen ist.

Mit Abschluss der Versuchsernte 2005 ist die Versuchsserie zur S-Düngung abgeschlossen worden.



**Abbildung 22:** Mehrertrag bei Winterweizen und -gerste durch Düngung von S-haltigem Kalkammonsalpeter in Abhängigkeit vom  $S_{\min}$ -Gehalt im Boden zu Vegetationsbeginn

#### 4.5.4 Fazit

Aus den S-Düngungsversuchen in Bad Salzungen und der anderen Standorte wurden S-Sollwerte zur Verwendung im Stickstoff-Bedarfs-Analyse-System (SBA), Teil Schwefel abgeleitet. Diese stehen ab der Düngungssaison 2006 den Thüringer Landwirten zur Ermittlung des S-Düngebedarfes zur Verfügung. Bei Wintergetreide wird eine S-Düngung von 20 kg S/ha empfohlen, wenn der  $S_{\min}$ -Gehalt in 0 bis 90 cm 50 kg  $S_{\min}$ /ha unterschreitet. Die gleiche S-Düngungsempfehlung erhält Sommergetreide bei  $S_{\min}$ -Gehalten < 40 kg S/ha. Bei darüber liegender S-Versorgung des Bodens ist keine S-Düngung erforderlich.

Die Anwendung dieses Konzepts minimiert das Risiko von S-Mangelernährung und erkennt sol-

che Bedingungen, die keine S-Düngung erfordern. Aufgrund des nicht vorhersehbaren kapillaren Aufstiegs von Sulfat aus tieferen Bodenschichten ist die Prognose des S-Düngebedarf bei  $S_{\min}$ -Gehalten unterhalb des Sollwertes jedoch nicht immer treffsicher.

Die S-Düngungsversuche auf allen Thüringer Standorten belegen, dass eine frühe S-Düngung zu Vegetationsbeginn einer späteren Gabe (z. B. Schossbeginn) überlegen ist und in Form von schwefelhaltigen N-, Mg- oder K-Düngern ausgebracht werden kann. Bei starkem und frühzeitigem S-Mangel kommt eine S-Düngung zu einem späteren Zeitpunkt häufig nicht mehr rechtzeitig.



S-Mangel Wintertriticale 2009



S-Mangel Winterraps



## 4.6 Statischer P-Düngungsversuch

Versuchsart:  
statischer Versuch  
Prüffaktor:  
P-Düngung  
organische Düngung:  
ohne  
Versuchsjahre:  
1999 - 2008  
Fruchtfolge:  
ortsüblich

### 4.6.1 Zielstellung

Die Thüringer Landwirtschaft hat nach 1990 die K-Düngung stark reduziert bzw. ganz unterlassen. Daraus resultiert ein mittlerer jährlicher P-Saldo von -7 kg P/ha. Diese Entwicklung hat zu einer deutlichen Abnahme der P-Versorgung der Böden geführt (Tab. 24). Gegenwärtig sind 43 % des Thüringer Ackerlandes sehr niedrig und niedrig mit P (Gehaltsklassen A und B) versorgt.

Aufgabe des P-Düngungsversuches ist die Präzisierung der Richtwerte für eine betriebswirtschaftlich optimierte P-Düngung unter den aktuellen Bedingungen (Zuchtfortschritt, Anbauspektrum, Düngemittelkosten, Erzeugererlöse, Qualitätsanforderungen u. a.).

**Tabelle 24:** P-Versorgung des Thüringer Ackerlandes (2004 bis 2007)

Flächenanteile (%) in den pH- und Gehaltsklassen <sup>1)</sup>				
A	B	C	D	E
13	30	26	16	15

<sup>1)</sup> A = sehr niedriger, B = niedriger, C = anzustrebender/mittlerer, D = hoher, E = sehr hoher Gehalt

### 4.6.2 Versuchsdurchführung

Die P-Düngung als Triplesuperphosphat erfolgt gemäß nachfolgender Übersicht vor der Saat bzw. der Pflanzung. Der Phosphatdünger wird in den Boden eingearbeitet.

#### P-Düngung

ohne  
70 % der P-Abfuhr  
100 % der P-Abfuhr  
130 % der P-Abfuhr

### 4.6.3 Ergebnisse

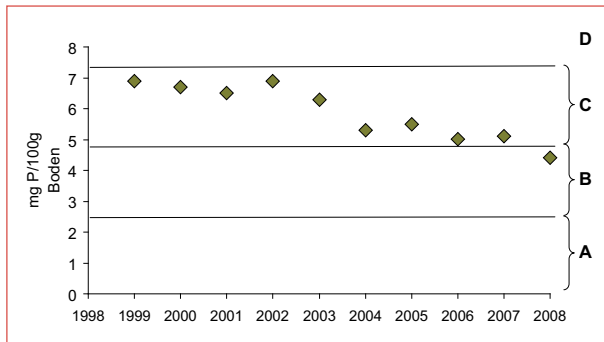
Während der Versuchslaufzeit ist der P-Gehalt der Variante ohne P-Düngung von ursprünglich 6,9 mg P/100 g Boden (oberer Bereich der Gehaltsklasse C) auf 4,4 mg P/100 g (oberer Bereich der Gehaltsklasse B) gesunken (Abb. 23).

Im Mittel der Versuchslaufzeit führte die P-Düngung nur zu relativ geringen Mehrerträgen. Diese schwankten in Abhängigkeit der Höhe der P-Düngung zwischen 4 und 7 % (Tab. 25).

Die höchsten Mehrerträge waren beim Anbau von Kartoffeln in den Jahren 2001 und 2007 zu verzeichnen. Dagegen war die P-Düngewirkung zu Getreide deutlich geringer. Eine Ausnahme hiervon waren die Trockenjahre 2002 und 2003 mit tendenziell höheren Mehrerträgen als in Jahren ohne ausgeprägte Frühjahrstrockenheit sowie das Jahr 2008 mit erstmalig niedrigem P-Gehalt im Boden (Gehaltsklasse B) der Variante ohne P-Düngung.

**Tabelle 25:** Korn- bzw. Knollenerträge (dt/ha) im statischen P-Düngungsversuch 1999 bis 2008

Jahr	Kultur	P-Düngung relativ zur Abfuhr			
		ohne	70 %	100 %	130 %
1999	Sommergerste	53,8	52,6	55,8	57,0
2000	Winterweizen	40,1	37,9	41,2	38,8
2001	Kartoffel	424,5	470,5	469,5	489,1
2002	Winterweizen	76,0	79,5	81,4	82,7
2003	Wintertriticale	62,6	66,4	66,5	67,9
2004	Körnerfuttererbse	42,9	43,8	44,7	46,3
2005	Winterweizen	88,5	89,0	90,1	90,9
2006	Sommergerste	50,8	51,3	52,2	53,5
2007	Kartoffel	646,4	685,0	682,7	704,1
2008	Winterweizen	73,6	77,9	77,9	77,6
1999 - 2008	GE-Ertrag (dt/ha) (relativ)	69,1 (100)	71,7 (100)	72,8 (100)	74,0 (100)



**Abbildung 23:** Entwicklung des P-Gehaltes der Variante ohne P-Düngung

Tabelle 26 zeigt die betriebswirtschaftliche Bewertung der P-Düngung für den Zeitraum 1999 bis 2008 unter Berücksichtigung differenzierter P-Düngerpreise und Erzeugererlöse. Bei mittlerer P-Versorgung des Bodens zu Versuchsbeginn war die P-Düngung im Mittel nicht wirtschaftlich. Lediglich

die Kartoffel reagierte in beiden Versuchsjahren mit wirtschaftlichen Mehrerträgen.

**Tabelle 26:** Auswirkungen der P-Düngung auf den korrigierten Geldertrag (€/ha x a), unter Berücksichtigung von Ausbringungskosten von 5 €/ha

Düngemittelkosten (€/kg P)	Erzeugererlös €/dt GE	P-Düngung		
		70 %	100 %	130 %
2	10	-40	-50	-29
2	20	-3	-1	-3
3	10	-76	-97	-54
3	20	-39	-48	-28



**P-Mangelsymptome**

Winterweizen

Mais

#### 4.6.4 Fazit

Die P-Düngung zu Getreide im oberen Bereich der Gehaltsklasse C war nicht wirtschaftlich. Der Boden-P-Gehalt kann bis in den unteren Bereich der Gehaltsklasse C abgeschöpft werden. Überdurchschnittlich hohe Mehrerträge in Trockenjahren belegen den zukünftig höheren P-Düngebedarf bei der prognostizierten Klimaerwärmung.

Die Ergebnisse des statischen P-Düngungsversuchs Bad Salzungen fließen in die geplante Neubewertung der Richtwerte für die P-Düngung ein.

## 4.7 Statischer K-Düngungsversuch

Versuchsart:

statischer Versuch

Prüffaktor:

K-Düngung

organische Düngung:

ohne

Versuchsjahre:

1999 - 2008

Fruchtfolge:

ortsüblich

### 4.7.1 Zielstellung

Die Thüringer Landwirtschaft hat nach 1990 die K-Düngung stark reduziert bzw. ganz unterlassen. Daraus resultiert ein mittlerer jährlicher K-Saldo von -16 kg K/ha. Diese Entwicklung hat zu einer deutlichen Abnahme der K-Versorgung der Böden geführt (Tab. 27). 18 % des Thüringer Ackerlandes weist eine sehr niedrige oder niedrige K-Versorgung (Gehaltsklassen A und B) auf. Aufgabe des K-Düngungsversuches ist die Präzisierung der Richtwerte für eine betriebswirtschaftlich optimierte K-Düngung unter den aktuellen Bedingungen (Zuchtfortschritt, Anbauspektrum, Düngemittelkosten, Erzeugererlöse, Qualitätsanforderungen, u. a.).

**Tabelle 27:** K-Versorgung des Thüringer Ackerlandes (2004 bis 2007)

Flächenanteile (%) in Gehaltsklassen				
A	B	C	D	E
2	16	30	31	21

#### 4.7.2 Versuchsdurchführung

Die K-Düngung erfolgt gemäß nachfolgender Übersicht vor der Saat bzw. der Pflanzung. Der K-Dünger wird in den Boden eingearbeitet.

#### K-Düngung

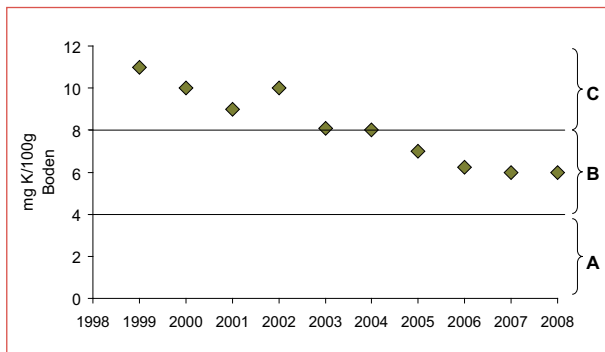
ohne

70 % der K-Abfuhr

100 % der K-Abfuhr

130 % der K-Abfuhr

Während der Versuchslaufzeit ist K-Gehalt der Variante ohne K-Düngung von ursprünglich 11 mg K/100 g Boden (Gehaltsklasse C) auf 6 mg K/100 g (Gehaltsklasse B) gesunken (Abb. 24).



**Abbildung 24:** Entwicklung des K-Gehaltes im Boden der Variante ohne K-Düngung

#### 4.7.3 Ergebnisse

In den ersten fünf Versuchsjahren (1999 bis 2003) mit überwiegend mittlerer Boden-K-Versorgung (Gehaltsklasse C) waren die Mehrerträge durch K-Düngung zu Getreide mit maximal 5 % relativ gering, zu Kartoffel (bis 13 %) jedoch deutlich höher. Nach dem Abfall der K-Gehalte der Variante ohne K-Düngung in die Gehaltsklasse B (niedriger Gehalt) führte die K-Düngung in der zweiten fünfjährigen Versuchsperiode (2004 bis 2008) sowohl bei Getreide und Körnerfüttererbse (bis 10 %) als auch bei Kartoffel (bis 22 %) zu größeren Ertrags-effekten im Vergleich zum Zeitraum 1999 bis 2003 (Tab. 28).

Tabelle 29 zeigt die betriebswirtschaftliche Bewertung der K-Düngung für den Versuchszeitraum 1999 bis 2003 unter Berücksichtigung differenzierter K-Düngerpreise und Erzeugerlöhne. Bei mittlerer K-Versorgung des Bodens zu Versuchsbeginn war die K-Düngung im Mittel unwirtschaftlich. Eine Ausnahme davon bildet die Kartoffel im Erntejahr 2001.



**Tabelle 28:** Korn- bzw. Knollenerträge (dt/ha) im statischen K-Düngungsversuch 1999 bis 2008

Jahr	Kultur	K-Düngung relativ zur Abfuhr			
		ohne	70 %	100 %	130 %
1999 - 2003					
1999	Sommergerste	62,8	62,2	66,6	67,9
2000	Winterweizen	42,7	44,9	44,1	41,9
2002	Winterweizen	76,4	76,6	77,6	79,5
2003	Wintertriticale	60,7	58,7	64,5	65,6
	Mittelwert (relativ)	60,6 (100)	60,6 (100)	63,2 (104)	63,7 (105)
2001	Kartoffel (relativ)	423 (100)	435 (103)	459 (109)	480 (113)
2004 - 2008					
2004	Körnerfuttererbse	38,4	39,5	47,4	43,3
2005	Winterweizen	86,7	88,8	88,8	89,9
2006	Sommergerste	45,0	47,2	49,5	51,9
2008	Winterweizen	71,9	76,2	79,5	78,6
	Mittelwert (relativ)	60,5 (100)	62,9 (104)	66,3 (110)	65,9 (109)
2007	Kartoffel (relativ)	594 (100)	649 (109)	694 (117)	722 (122)

**Tabelle 29:** Auswirkungen der K-Düngung in den Jahren 1999 bis 2003 auf den korrigierten Geldrohertrag (€/ha x a), unter Berücksichtigung von Ausbringungskosten von 5 €/ha

Düngemittelkosten €/kg K	Erzeugererlös EUR/dt GE	K-Düngung		
		70 %	100 %	130 %
0,8	10	-43	-46	-68
0,8	20	-38	-10	-18
1,2	10	-64	-84	-124
1,2	20	-59	-48	-75



In der zweiten Versuchsperiode mit überwiegend niedriger K-Versorgung im Boden ändert sich die Wirtschaftlichkeit der K-Düngung deutlich (Tab. 30).

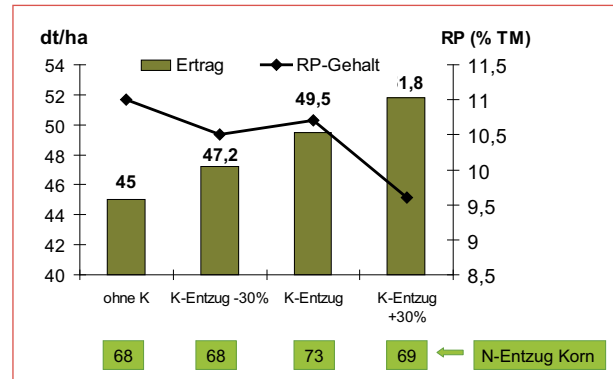
**Tabelle 30:** Auswirkungen der K-Düngung in den Jahren 2004 bis 2008 auf den korrigierten Geldertrag (€/ha x a), unter Berücksichtigung von Ausbringungskosten von 5 EUR/ha

Düngemittelkosten €/kg K	Erzeugererlös €/dt GE	K-Düngung		
		70 %	100 %	130 %
0,8	10	0	24	1
0,8	20	32	97	78
1,2	10	-13	2	-35
1,2	20	18	75	42

Insbesondere bei einem unterstellten Erzeugererlös von 20 €/dt GE war die K-Düngung wirtschaftlich. Niedrige Erzeugerpreise von 10,00 €/dt GE verursachten bei einem Preis von 1,20 €/kg K überwiegend Erlösminderungen.

### Einfluss der K-Düngung auf die Qualität

Die K-Düngung zu Sommerbraugerste im Jahr 2006 hat nicht nur mit steigender K-Düngermenge den Ertrag um bis zu 7 dt/ha erhöht. Gleichzeitig ist der Rohproteingehalt im Korn um 1,5 %-Punkte gesunken. Ursache dafür ist der Verdünnungseffekt für den Rohproteingehalt infolge des durch K-Düngung erhöhten Kornertrages. Die K-Düngung hatte nur eine geringe Wirkung auf die N-Aufnahme (Abb. 25). Dieses Ergebnis belegt, dass die bedarfsgerechte K-Düngung zu Sommerbraugerste zur Senkung des Rohproteingehaltes im Korn beitragen und die Vermarktungsqualität erhöhen kann.



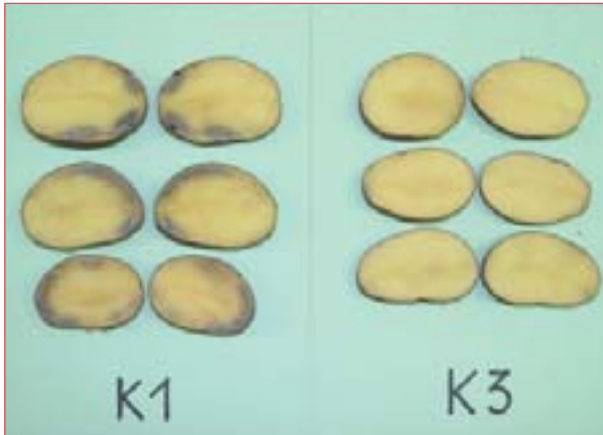
**Abbildung 25:** Wirkung der K-Düngung auf Ertrag und Rohproteingehalt von Sommerbraugerste 2006

Das Wachstum der Kartoffel im Jahr 2007 war bei der Variante ohne K-Düngung von sichtbarer K-Mangelernährung gekennzeichnet. Am 14. Juli wiesen die Blätter einen mangelhaften K-Gehalt von 1,95 % in der Trockenmasse (TM) auf. Die Blätter der Variante 100 % der K-Abfuhr waren dagegen mit 4,17 % K in der TM ausreichend mit K ernährt.

Zur Ernte verfügten die Knollen der Variante ohne K-Düngung über einen unzureichenden K-Gehalt (1,76 % K in der TM) und neigten sehr stark zur Verfärbung (Abb. 26). Die in Höhe der K-Abfuhr gedüngten Knollen verfügten mit 2,59 % in der Trockenmasse über einen hinsichtlich Knollenqualität optimalen K-Gehalt.

Insgesamt zeigt das Ergebnis dieses Versuches, dass bei sehr niedrigem oder niedrigem Boden-K-Gehalt die Unterlassung der K-Düngung zu Qualitätsminderungen bei verschiedenen Kulturen führen kann.





**Abbildung 26:** Verfärbungsneigung von Kartoffelknollen nach unterschiedlicher K-Düngung  
 links: ohne K-Düngung (1,76 % K in der TM)  
 rechts: K-Düngung in Höhe der K-Abfuhr (2,59 % K in der TM)

#### 4.7.4 Fazit

Die K-Düngung zu Getreide in Gehaltsklasse C war nicht wirtschaftlich. Erst nach dem Abfall der K-Versorgung des Bodens in die Gehaltsklasse B ist die K-Düngung zu Getreide sinnvoll. Der Boden-K-Gehalt kann in Getreidefruchtfolgen bis in den unteren Bereich der Gehaltsklasse C ohne wirtschaftliche Mindererträge abgeschöpft werden. Die Kartoffel stellt analog zu Mais und Rüben höhere Ansprüche an die K-Versorgung als Getreide und erfordert bei mittlerem K-Gehalt eine K-Düngung in Höhe der K-Abfuhr. Die bedarfsgerechte K-Düngung verschiedener Kulturen fördert wichtige Qualitätseigenschaften. Die Ergebnisse des statischen K-Düngungsversuchs Bad Salzungen fließen in die geplante Neubewertung der Richtwerte für die K-Düngung ein.

## 4.8 Statischer Versuch zur Mikronährstoff- und Schwefeldüngung

Versuchsart:

statischer Versuch, zweifaktoriell

Prüffaktor:

A Mikronährstoffdüngung

B S-Düngung (ab 2004)

organische Düngung:

ohne

Versuchsjahre:

2001 bis 2008

Fruchtfolge:

ortsüblich

### 4.8.1 Zielstellung

Bor (B), Kupfer (Cu), Mangan (Mn), Molybdän (Mo) und Zink (Zn) haben als essenzielle Mikronährstoffe besondere Bedeutung für die Pflanzenernährung. Sie sind in kleinsten Mengen hoch wirksam und wirken bei Mangelernährung ertragsbegrenzend.

Die Bedeutung der Mikronährstoffdüngung nimmt aus folgenden Gründen zu:

- steigende Pflanzenerträge und Mikronährstoffentzüge durch die Ernte;
- Ionenkonkurrenzen durch einseitige Makronährstoff- oder Kalkdüngergaben;
- Hemmung der Mikronährstoffverfügbarkeit durch zunehmende Trockenperioden;
- zunehmender Einsatz von Mikronährstoffarmen bzw. -freien Düngemitteln;
- geringerer Rückflusses von Mikronährstoffen aus den Wirtschaftsdüngern infolge Reduzierung der Tierbestände;

Die Ableitung einer Mikronährstoffdüngungsempfehlung erfolgt unter Einbeziehen des Mikronährstoffbedarfs der Kulturen (Tab. 31), der Nährstoffverfügbarkeit im Boden sowie den aktuellen Aufnahmebedingungen.

**Tabelle 31:** Mikronährstoffbedarf der Kulturen

Kultur	B	Cu	Mn	Mo	Zn
Winterweizen	-	**	**	-	*
Sommergerste	-	**	**	-	*
Winterroggen	-	*	*	-	*
Körnererbse	-	-	**	*	-
Kartoffel	*	-	*	-	*
Mais	*	*	*	-	**

\*\* = hoher, \* = mittlerer, - = niedriger Bedarf

Die Getreidearten weisen einen niedrigen B- und Mo-Bedarf auf und erhalten deshalb keine Düngungsempfehlung für die Nährstoffe. Unabhängig davon wird gegenwärtig unter Beratern und Landwirten die Notwendigkeit einer Düngung dieser Spurenelemente zu Getreide diskutiert. Begründet wird diese Beratungsempfehlung mit der Zunahme von Trockenphasen und daraus resultierenden Mangelsituationen in kritischen Phasen für die B- und Mo-Aufnahme durch die Pflanzen.

Der statische Mikronährstoffdüngungsversuch dient zur Überprüfung der Mikronährstoffdüngungsempfehlungen beim Anbau aktueller Sorten unter aktuellen Witterungsbedingungen und berücksichtigt die Prüfung der Notwendigkeit einer B- und Mo-Düngung zu Getreide.

## 4.8.2 Versuchsdurchführung

### Faktor A: Mikronährstoffblattdüngung

Die Mikronährstoffdüngung erfolgt als Blattapplikation in definierten Entwicklungsstadien (Tab. 32). Versuchsbegleitend wird unmittelbar vor der Mikronährstoffblattdüngung mit der Pflanzenanalyse der Ernährungszustand der Pflanzen ermittelt.

**Tabelle 32:** Varianten des Mikronährstoffdüngungsversuches

PG	Mikronährstoffdüngung <sup>1)</sup>	Applikationstermin
1	ohne -	-
2	B 0,5 kg/ha	Getreide ES 31 Körnererbse ES 19 Kartoffel ES 31/39 Silomais ES 14/16
3	Cu 0,5 kg/ha	
4	Mn 1,0 kg/ha <sup>2)</sup>	
5	Mo 0,3 kg/ha	
6	Zn 0,4 kg/ha	

<sup>1)</sup> Aufwandmengen bei Verwendung von Salzen, ab 2007 Einsatz formulierter Produkte verschiedener Hersteller

<sup>2)</sup> Blattapplikationen im Abstand von 14 d je 0,5 kg Mn/ha

### Faktor B: S-Düngung - S-freier bzw. S-haltiger Kalkammonsalpeter (23 - 41 kg S/ha)

Zur Bewertung der Ertragswirkung der Mikronährstoffblattdüngung sind pH-Wert und Mikronährstoffversorgungszustand des Bodens von Bedeutung. Zu Versuchsbeginn lag ein optimaler pH-Wert, ein niedriger bis mittlerer B- sowie hohe Cu-, Mn-, Mo- und Zn-Gehalt vor (Tab. 33)

**Tabelle 33:** pH-Wert und Mikronährstoffgehalt zu Versuchsbeginn

pH	BHWL	CuCAT	MnCAT	Mo	ZnCAT
	mg/kg Boden				
6,0	0,20	2,4	101	0,13	2,7
C	A/C	E	E	E	E

2004 wurde der mit 6 Wiederholungen je PG angelegte Versuch geteilt und die Prüfung des S-Düngebedarfs als neue Fragestellung aufgenommen. Nach Einstellen der einjährigen S-Düngungsversuche (vgl. Kap. 4.5) im Jahr 2005 verbleibt dieses Experiment als einziger Feldversuch zur S-Düngung in Thüringen.

## 4.8.3 Ergebnisse

### Faktor A: Mikronährstoffe

Eine signifikante Ertragssteigerung durch Mikronährstoffblattdüngung ist bei allen geprüften Kulturen ausgeblieben (Tab. 34). Eine Ausnahme bilden 2 von 3 Erntejahren, in denen die Zn-Blattdüngung zu Winterweizen Mehrerträge von ca. 5 dt/ha bewirkt hat.

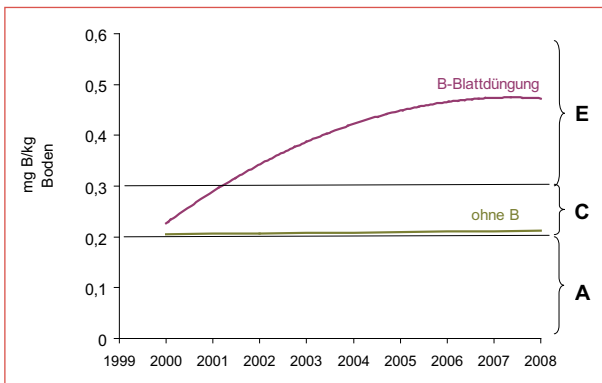
Ein B- und Mo-Düngebedarf war nicht nachweisbar, obwohl der B-Gehalt zum Beispiel des Winterweizens zu ES 31 mit 2,1 ... 2,4 mg B/kg TM den vorläufigen Ertragsrichtwert von 2,5 mg B/kg TM unterschreitet.

Die Blattdüngung zu Kartoffel in Form von Salzlösungen im Jahr 2004 hat mehr oder weniger starke Spritzschäden und Ertragsminderungen verursacht. Dieses Ergebnis verdeutlicht, dass aufgrund des Risikos von Pflanzenschädigungen eine Blattdüngung nur bei Bedarf und mit pflanzenverträglichen Präparaten bei optimalen Einsatzbedingungen erfolgen sollte.

Die jährliche B-Blattdüngung hat den B-Gehalt im Boden bis in die Gehaltsklasse E erhöht (Abb. 27). Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, bei regelmäßiger B-Blattdüngung den B-Gehalt im Boden durch Bodenanalyse zu kontrollieren, um Schädigungen borempfindlicher Pflanzen (z. B. Gerste) zu vermeiden. Die verfügbaren Cu-, Mn-, Mo- und Zn-Gehalte wurden durch die jährliche Blattdüngung nicht messbar erhöht.

**Tabelle 34:** Ertragswirkung der Mikronährstoffblattdüngung

Kultur	Ertrag Kontrolle	Ertragsänderung durch Mikronährstoffblattdüngung				
		B	Cu	Mn	Mo	Zn
dt/ha						
Sommergerste (n=2)	56,3	0,1	2,0	0,5	2,4	1,3
Winterweizen (n=3)	78,4	0,6	0,0	1,9	1,9	3,7
Winterroggen	81,6	1,3	0,8	0,9	0,4	1,7
Körnererbse	42,1	1,6	2,0	1,4	0,7	1,0
Kartoffel	490	-24,0	-48,0	-5,0	-37,0	-16,0
Silomais	552	20,0	6,0	11,0	-3,0	-3,0



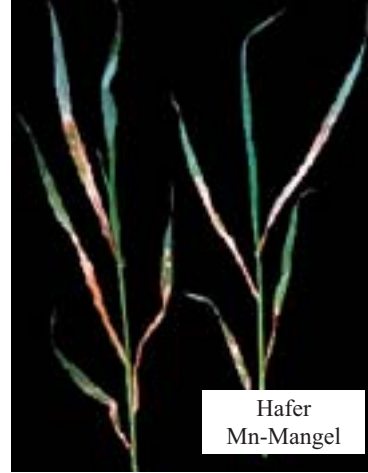
**Abbildung 27:** Entwicklung des heißwasserlöslichen B-Gehaltes bei jährlicher B-Blattdüngung

**Faktor B: Schwefel**

Während der Versuchsdauer sind die verfügbaren  $S_{min}$ -Gehalte in 0 bis 90 cm Bodentiefe gesunken. Erst im Jahr 2008 hat die S-Düngung zu Winterweizen zu einem signifikanten von Mehrertrag von 8 dt/ha geführt. In den Vorjahren lagen geringe, nicht signifikante Mehrerträge vor (Tab. 35).

**Tabelle 35:** Ertragswirkung der S-Düngung in Abhängigkeit vom  $S_{min}$ -Gehalt im Boden

Jahr	Kultur	verfügbare $S_{min}$ -Gehalt in 0 - 90 cm kg S/ha	S-Düngung kg S/ha	Ertrag ohne S-Düngung dt/ha	Mehrertrag durch S-Düngung dt/ha
2004	Kartoffel	29	41	454	29
2005	Winterweizen	28	35	88	2
2006	Sommergerste	14	23	55	2
2007	Silomais	15	35	554	7
2008	Winterweizen	12	30	80	8



#### 4.8.4 Fazit

Das Ergebnis des statischen Mikronährstoffdüngungsversuches bestätigt den niedrigen B- und Mo-Bedarfes von Getreide. Eine generelle Düngung dieser Mikronährstoffe ist nicht erforderlich. Bei hohem Cu- und Mn-Gehalt im Boden ist die Ernährung der Kulturen mit beiden Spurenelementen auch ohne Düngung gesichert. Analog zu den Mikronährstoffdüngungsversuchen auf anderen Thüringer Standorten mit hoher Zn-Versorgung des Bodens bewirkt die Zn-Blattdüngung zu aktuellen Sorten verschiedener Kulturen deutliche Mehrerträge. Einer ausreichenden Zn-Ernährung ist deshalb größere Aufmerksamkeit als bisher zu schenken.

## 5 Fazit

Die vorliegende Broschüre gibt in knapper Form einen Überblick über die Ergebnisse von Düngungsversuchen ab 1993 auf dem Standort Bad Salzungen und deren Nutzen für Gesellschaft und Landwirtschaft.

Statische Feldversuche zur organischen und mineralischen Düngung wie der 1966 angelegte Versuch L28 stellen eine unverzichtbare Grundlage für die Bewortung einer Reihe von aktuellen Fragestellungen dar (ausgewählte Schwerpunkte):

- Fragen der Versorgung der Böden mit organischer Substanz und Ableitung von optimalen Humusgehalten in Böden
- Präzisierung der Humusbilanzierung
- Einfluss der Fruchtfolge sowie der mineralischen und organischen Düngung auf die Ertragsleistung der Pflanzen sowie auf die natürlichen Bodenfunktionen und die Bodenfruchtbarkeit,
- Untersuchungen zum Einfluss von Klimaänderungen auf das System Boden-Pflanze und Nutzung des Bodens als Kohlenstoffsenke
- Ermittlung der Effizienz und Umweltverträglichkeit der mineralischen und organischen Düngung

Ein- und langjährige Düngungsversuche liefern im Rahmen der "Guten fachlichen Praxis" die erforderlichen Regeln und Richtwerte für die Düngbedarfsermittlung sowie den effizienten und umweltverträglichen Einsatz von Düngemitteln.

Deren Ergebnisse fließen unmittelbar in die Düngungsberatungssysteme der TLL ein und finden kurzfristig ihre Anwendung in der praktischen Landwirtschaft. Die Feldversuche zur Kalibrierung der Düngungsempfehlungen sind laufend an die aktuellen Anforderungen anzupassen. Das schließt das Einstellen von Versuchen, deren Fragestellung ausreichend beantwortet ist (z. B. Kalibrierung der  $S_{\min}$ -Methode zur Ermittlung des Schwefeldüngebedarfes), sowie die Konzipierung und Anlage neuer Versuche entsprechend aktueller Zielstellungen (z. B. Düngewirkung von Gärresten aus der Biogaserzeugung) ein. Neue Herausforderungen ergeben sich aus der Notwendigkeit der Senkung des Ausstoßes an klimarelevanten Gasen in der Pflanzenproduktion sowie der Anpassung von Pflanzenernährung und Düngung an den prognostizierten Klimawandel.