



Technische Universität München
Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des
Landbaues

Bewertung teilflächenspezifischer Ansätze zur Stickstoffdüngung

M. Gandorfer und A. Heißenhuber

Weihenstephan, den 12.10.2005

Bewertungsmethoden

- **Pflanzenwachstumsmodelle**

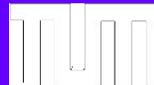
z.B. Watkins et al. 1998

- **Produktionsfunktionsanalysen**

- quadratische Produktionsfunktionen (Lambert et al. 2002; Dabbert und Kilian 2002)
- exponentielle Produktionsfunktionen (Lark et al. 2003)
- liner limitationale Produktionsfunktionen (Wagner 1999; Swinton et al. 1998)

- **Feldversuche**

Problem: Versuche müssen auf heterogenen Standorten durchgeführt werden=> erschwerte statistische Auswertung



Auswirkungen der teilflächenspezifischen N-Düngung

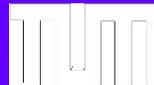
I. Umwelt

- Verbesserung der N-Effizienz durch Mapping-Ansatz (Ebertseder et al. 2004)
- Niedrigere N-Auswaschung bei gleicher Höhe der schlagdurchschnittlichen N-Düngergaben (Windhorst et al. 2002)
- Keine Unterschiede bezüglich der N-Auswaschung (Watkins et al. 1998)
- Geringerer N-Bilanzsaldos in Niedrigertragszonen mit “Online with Mapping-Ansatz” (Maidl et al. 2004)
- Höhere N-Bilanzsaldos in Niedrigertragszonen bei der Düngung nach dem Online Ansatz (Maidl et al. 2004)

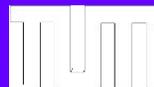
Auswirkungen der teilflächenspezifischen N-Düngung

II. Ökonomie

- geringere Lagergefahr durch Düngung mit dem YARA N-Sensor
- höherer Proteingehalt durch Sensor-Overlay-Ansatz (Maidl et al. 2004)
- keine Ertragsunterschiede durch Mapping-Ansatz bei Weizen (Welsh et al. 2003)
- Deckungsbeitragsänderung durch teilflächenspezifische N-Düngung
 - Godwin et al. 2003: -20 bis +30 €/ha (Mapping Ansatz, Winterweizen)
 - Lambert und LowenbergDe Boer 2000: +10 bis +14 €/ha (Winterweizen)



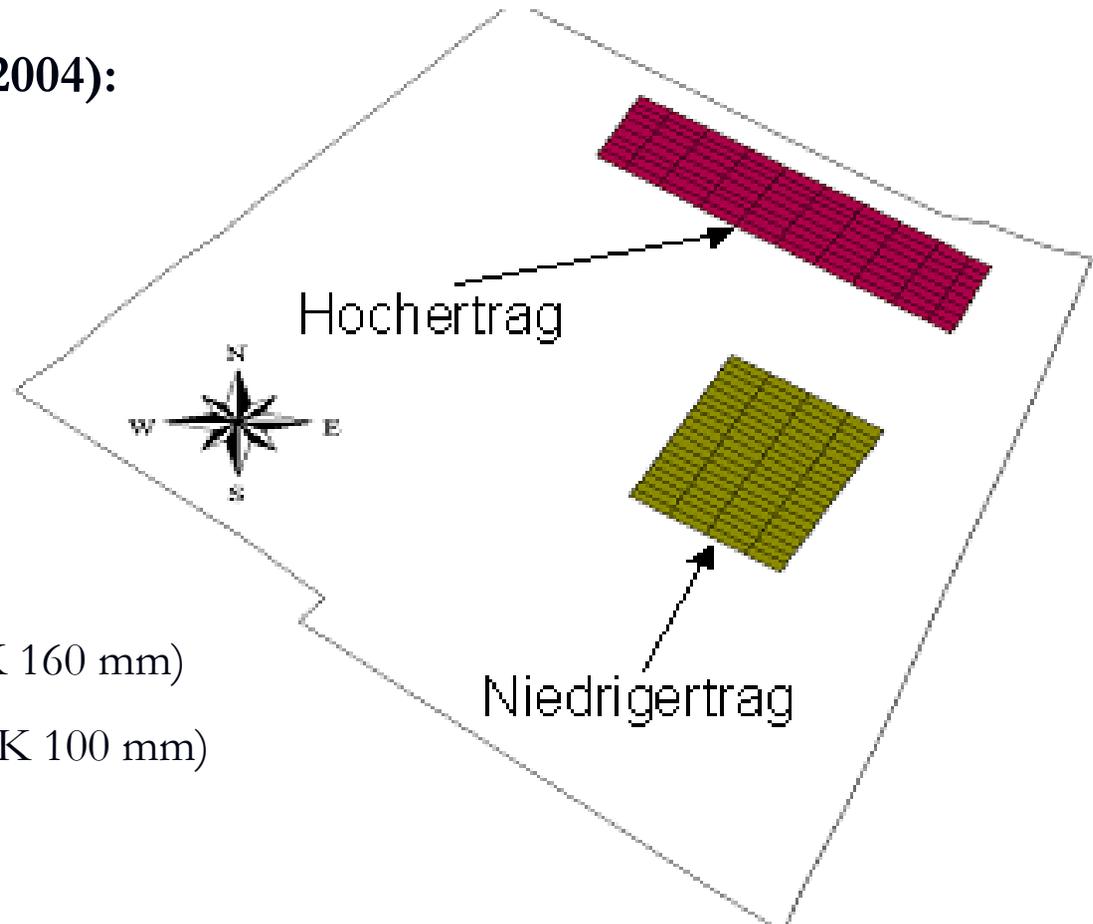
1. Produktionsfunktionsanalysen



Datengrundlage zur Potenzialberechnung

Stickstoffsteigerungsversuche

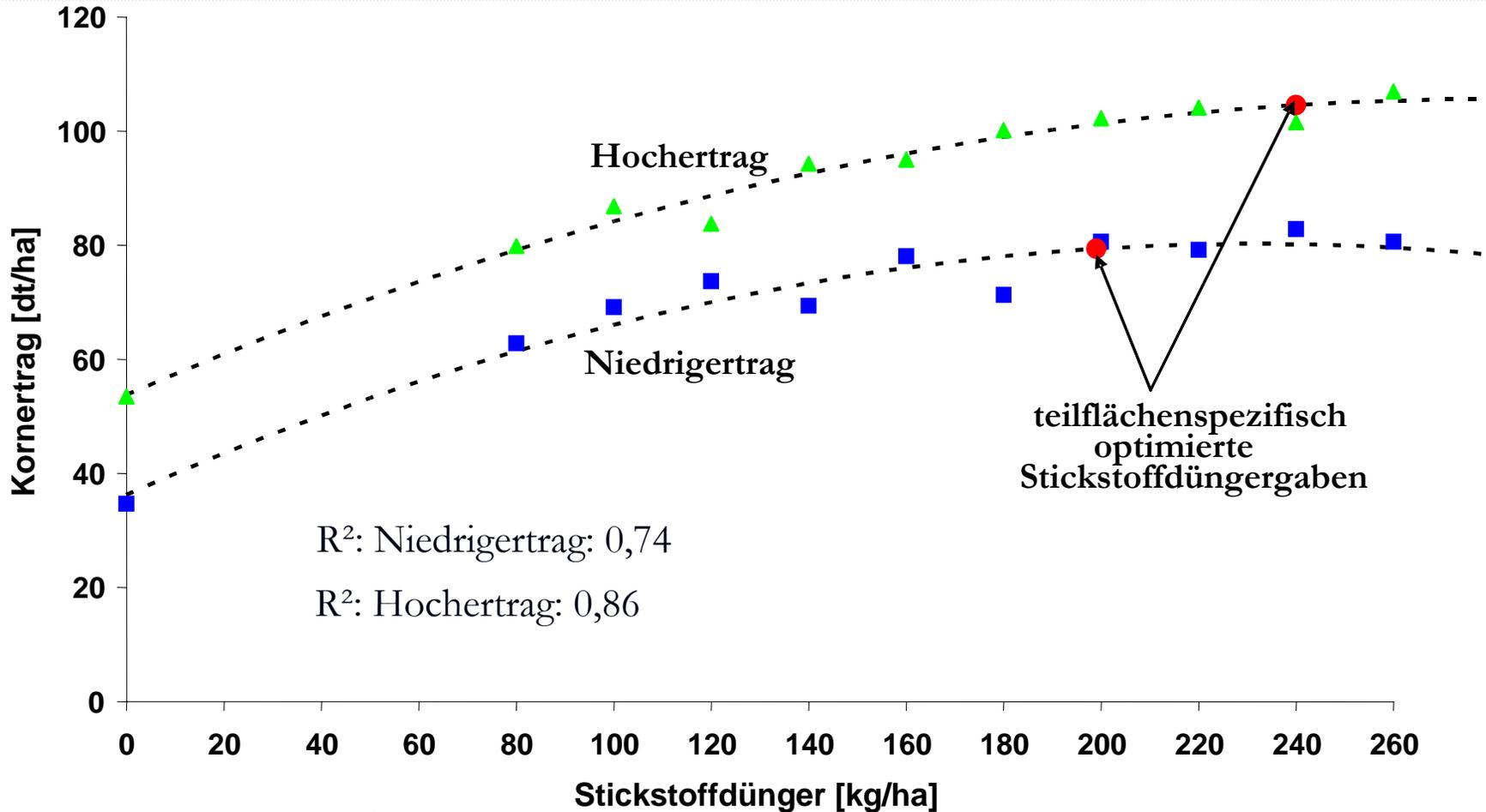
Sieblerfeld (2000, 2002 und 2004):



Hohertrag: sandiger Lehm (nFK 160 mm)

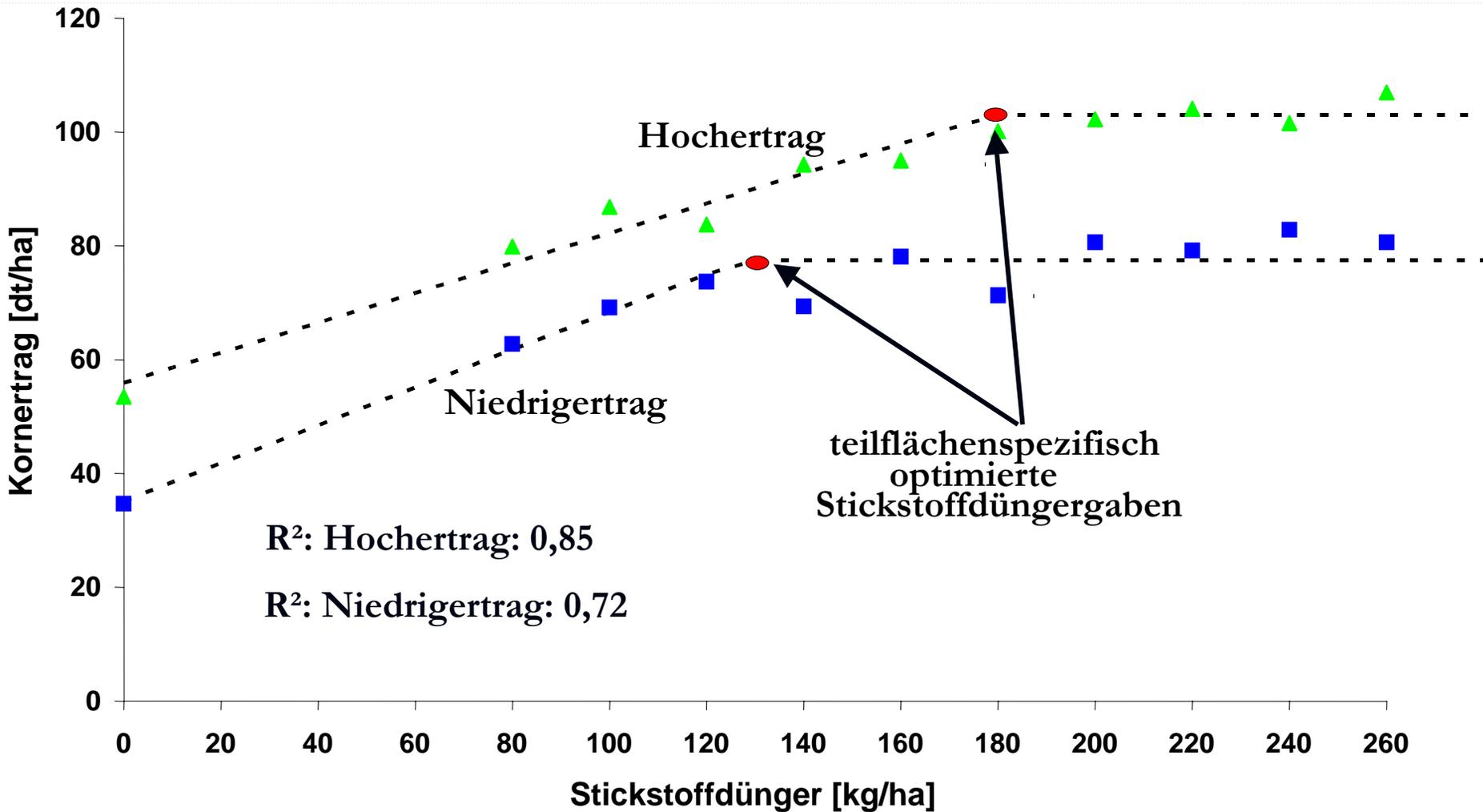
Niedrigertrag: lehmiger Sand (nFK 100 mm)

quadratische Produktionsfunktionen, Sieblerfeld 2002

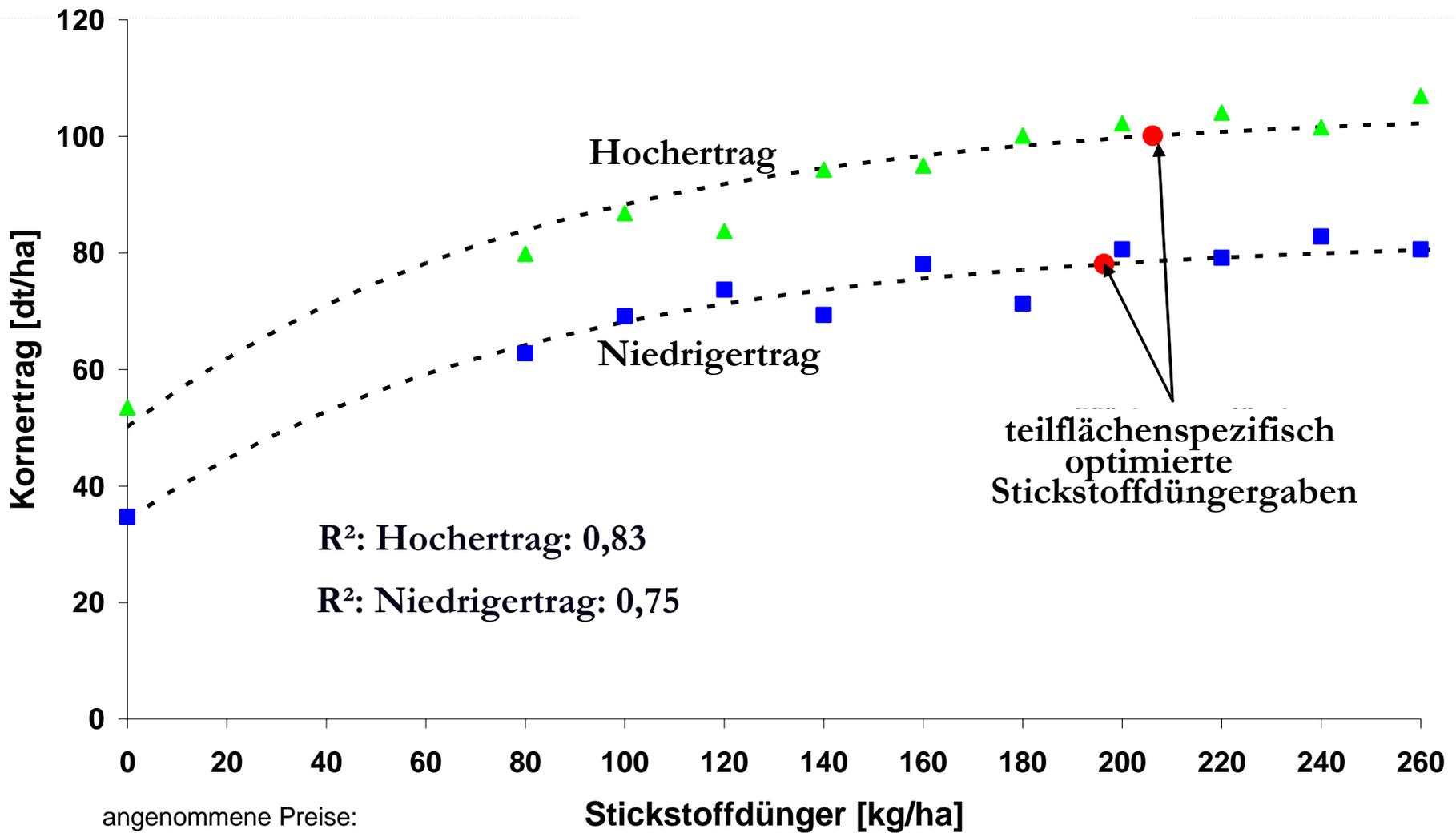


angenommene Preise:
Stickstoff 0,60 €/kg; Winterweizen 11 €/dt

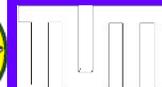
Linear limitationale Produktionsfunktionen, Sieblerfeld 2002



Exponentielle Produktionsfunktionen, Sieblerfeld 2002



angenommene Preise:
Stickstoff 0,60 €/kg; Winterweizen 11 €/dt



Vergleich der optimalen speziellen Intensitäten im Jahr 2002

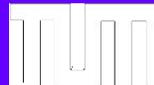
teilflächenspezifische optimale spezielle Intensitäten in kg N/ha

	Regressionsmodell		
	linear limitational	exponentiell	quadratisch
Hochertrag	179	206	239
Niedrigertrag	127	196	198

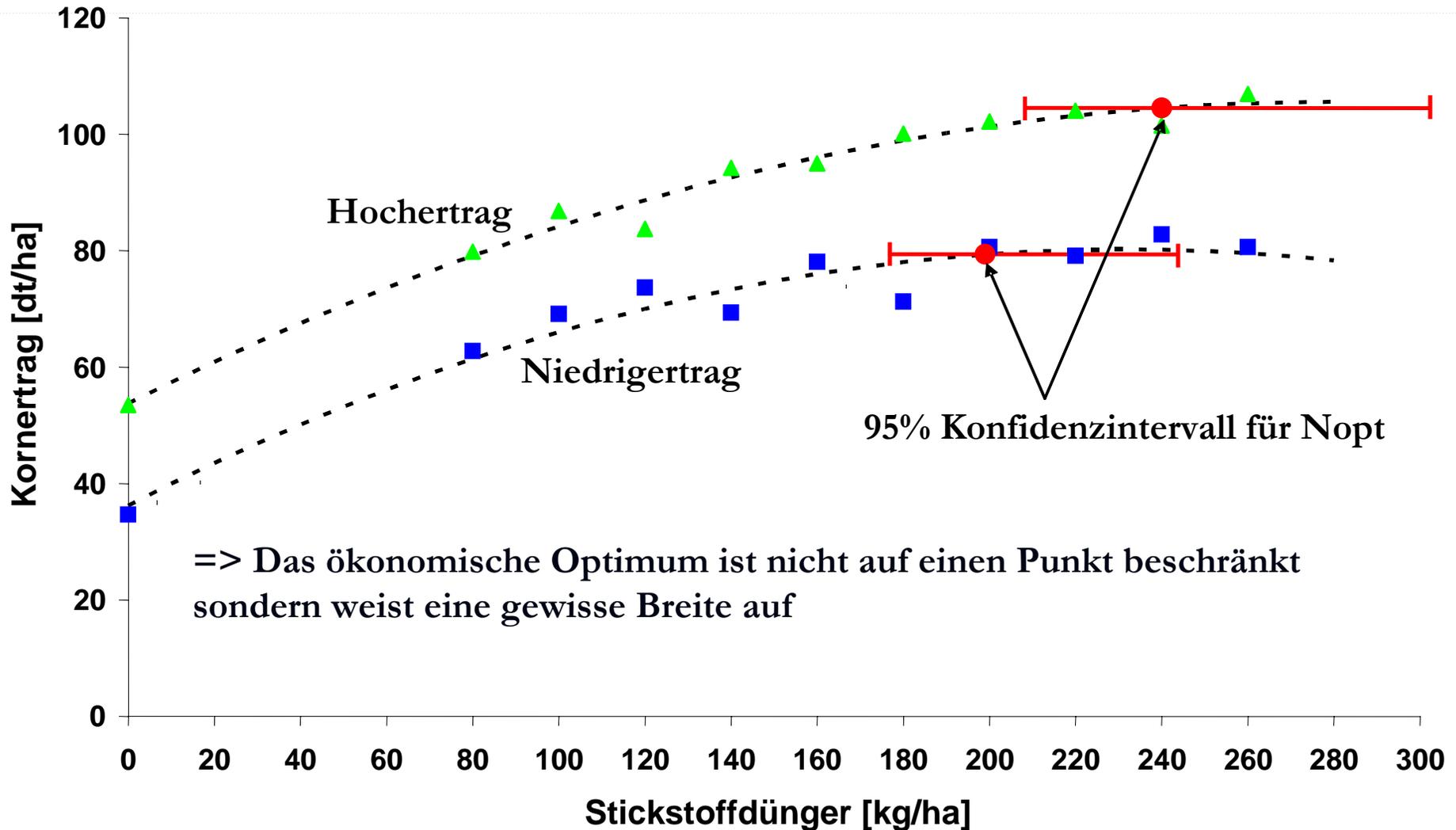
angenommene Preise: Stickstoff 0,60 €/kg; Winterweizen 11 €/dt

=> Residuenanalyse und R^2 liefern für die 3 Modelle ähnliche Ergebnisse

=> Hinweis auf ein breites ökonomisches Optimum



95% Konfidenzintervall für Nopt im Jahr 2002



=> Das ökonomische Optimum ist nicht auf einen Punkt beschränkt sondern weist eine gewisse Breite auf

Ökonomische Potenziale

Deckungsbeitragsänderung einer optimierten teilflächenspezifischen N-Düngung im Vergleich zu einer einheitlichen Düngung von 220 kg N/ha:

Reg. - modell Jahr	exponentiell	quadratisch - €/ha -	linear limitational
2000	0	12	66
2002	2	4	40
2004	0	40	20

N-Bilanzsalden bei einheitlicher und teilflächenspezifischer N-Düngung, Sieblerfeld 2002

N-Bilanzsalden bei einheitlicher Düngung von 220 kg N/ha:

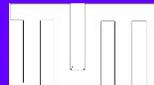
	exponentielles Modell	quadratisches Modell	linear limitationales Modell
	- kg N/ha -		
Hochertrag	-2	-7	-5
Niedrigertrag	46	43	51

N-Bilanzsalden bei teilflächenspezifisch optimierter Düngung:

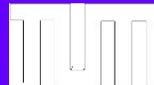
	exponentielles Modell	quadratisches Modell	linear limitationales Modell
	- kg N/ha -		
Hochertrag	-14	9	-46
Niedrigertrag	24	23	-42

Zwischenfazit-Produktionsfunktionsanalyse

- **Konfidenzintervalle & Produktionsfunktionsanalyse zeigen große Breite des ökonomischen Optimums in den Ertragszonen auf**
 - ⇒ **geringe ökonomische Vorteile durch teilflächenspezifische N-Düngung**
- **ökonomisch optimierte teilflächenspezifische N-Düngung führt speziell in auswaschungsgefährdeten Niedrigertragszonen zu einer geringeren Umweltbelastung**
- **in allen drei Versuchsjahre ist die optimale spezielle Intensität der N-Düngung im Hohertrag höher als im Niedrigertrag**



2. Ergebnisse der Feldversuche



Auswertungsmethodik Streifenversuche

Ansprüche an einen Streifenversuch:

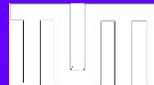
- Weiterentwicklung von Düngealgorithmen
- Evaluierung von Düngealgorithmen

Ergebnis eines Streifenversuchs ist wesentlich determiniert durch:

- die Standortheterogenität
- die eingesetzte Düngeregel
- die Wahl der einheitlichen Referenz

⇒ Zwischen diesen Effekten kann jedoch nur schwer unterschieden werden

⇒ schrittweise Verbesserung des Versuchsdesigns

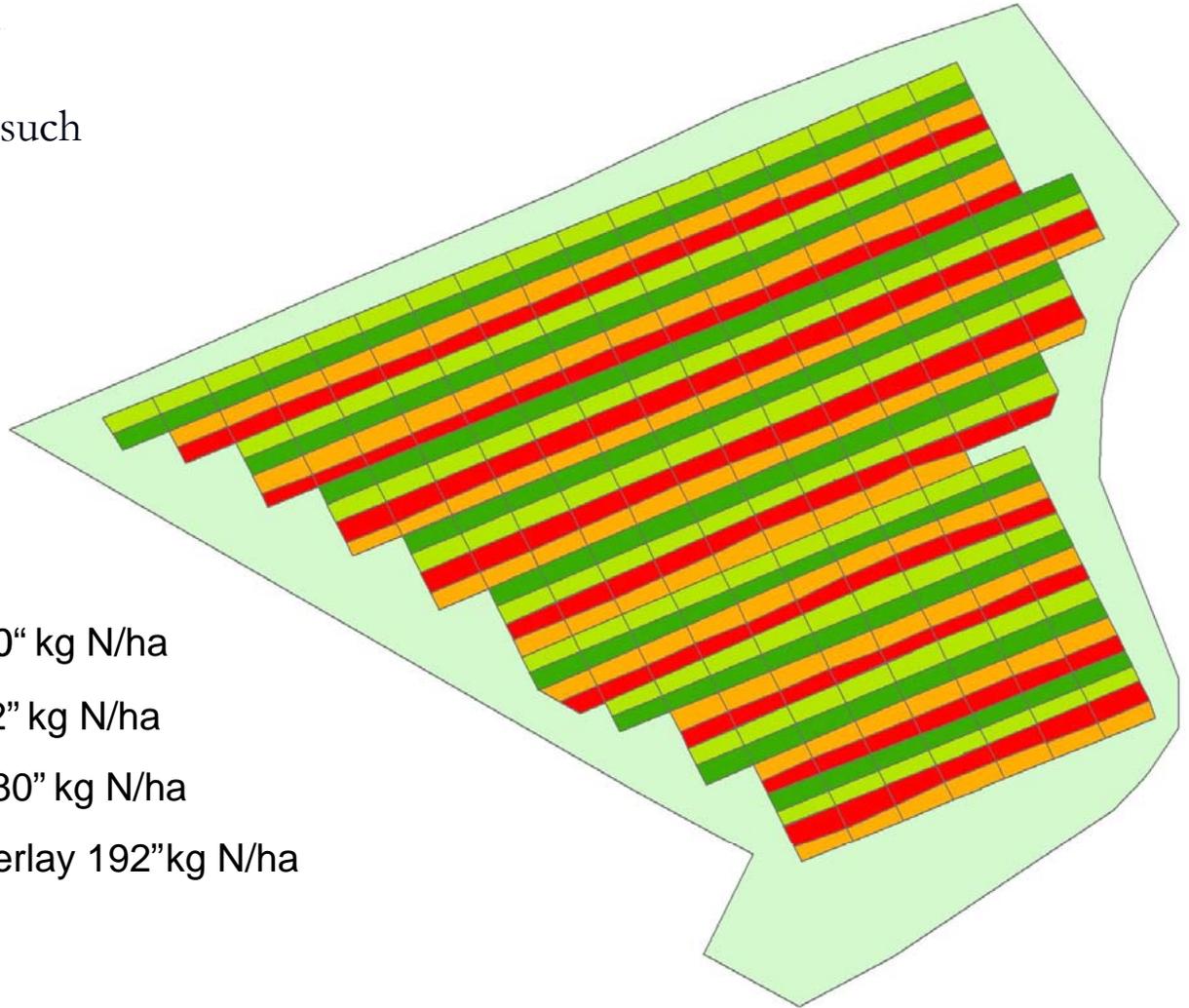


Versuchsanlage Schafhof 2002

Nicht vollständig
randomisierter Streifenversuch

Parzellengröße: 20 x 7,5m

-  Variante „Betrieb 180“ kg N/ha
-  Variante „Betrieb 192“ kg N/ha
-  Variante „Mapping 180“ kg N/ha
-  Variante „Sensor Overlay 192“ kg N/ha



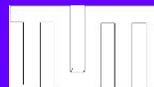
Versuchsergebnisse Schafhof 2002

- Durch teilflächenspezifische **Umverteilung** einer betriebsüblichen N-Menge soll ein höherer Ertrag erzielt werden
- **Vorteil:** Varianten besitzen die selbe schlagdurchschnittliche N-Menge => leicht vergleichbar
- **Nachteil:** Optimierungsproblem bei teilflächenspezifischer Düngung

Ergebnisse des Streifenversuchs am Schafhof (2002)

	einheitlich	Mapping	einheitlich	Mapping & Sensor
	180 N [kg/ha]	180 N [kg/ha]	192 N [kg/ha]	192 N [kg/ha]
Ertrag (86% TS) [dt/ha]	77.3	78.4	78.2	78.4
NKL [€/ha]	743	754	745	747
N-Bilanzsaldo [kg N/ha]	2	0	6	6
Proteingehalt [%]	14,5	14,5	15	15,2

angenommene Preise: Stickstoff 0,60 €/kg; Winterweizen 11 €/dt



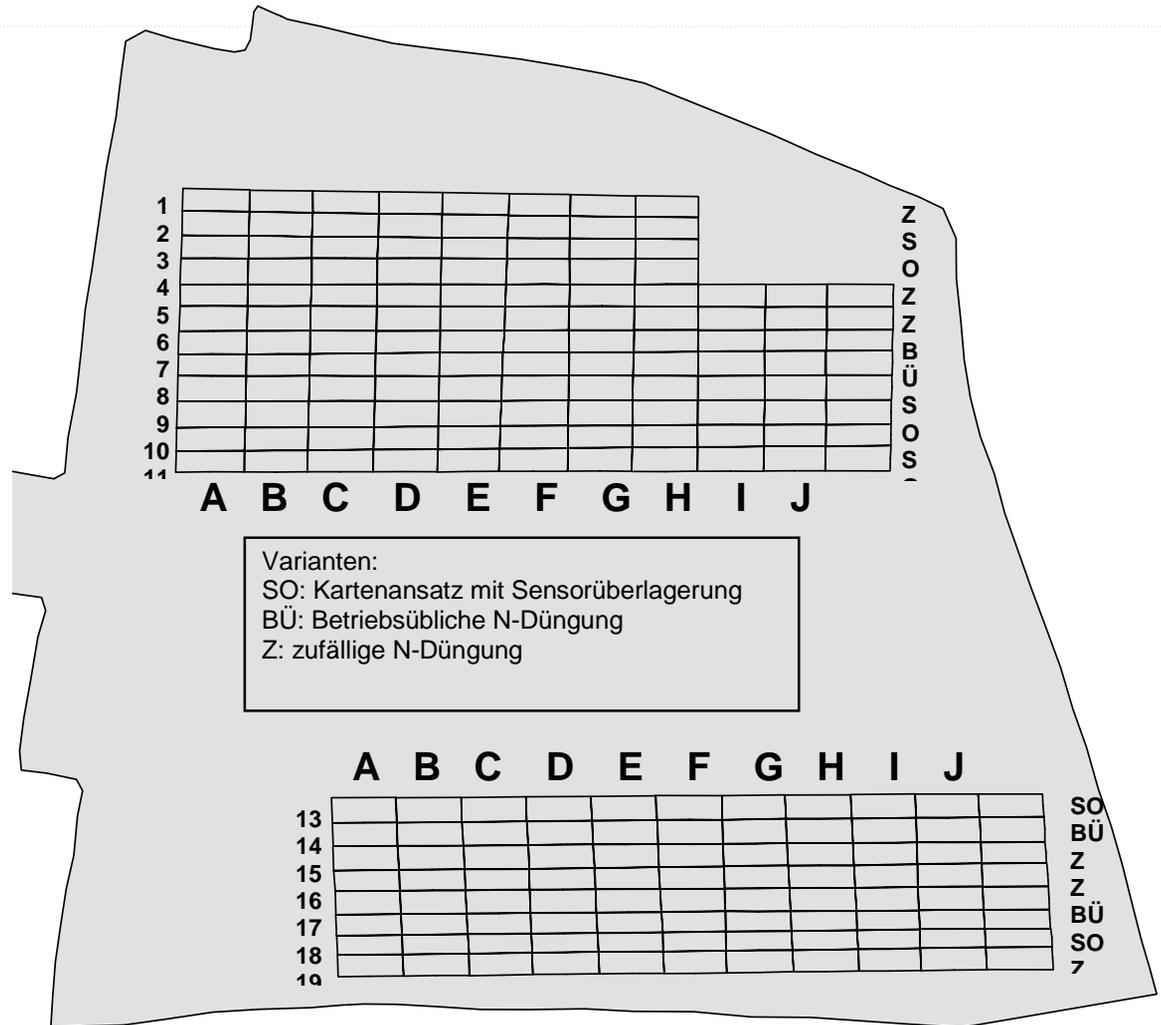
Versuchsanlage D4 2003

vollständig randomisierter
Streifenversuch

Parzellengröße: 20 x 7,5m

betriebsübliche Variante:
150 N kg/ha

Mapping & Sensor:
200 N kg/ha



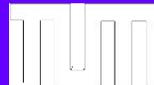
Versuchsergebnisse D4, 2003

- einheitliche und teilflächenspezifische N-Gaben sind **unabhängig** voneinander
- **Vorteil:** kein Optimierungsproblem bei teilflächenspezifischer Düngung, da keine vorgegebene N-Menge eingehalten werden muss!
- **Nachteil:** - unterschiedliche schlagdurchschnittliche N-Mengen=> schwer vergleichbar
- wenige Wiederholungen

Ergebnisse des Streifenversuchs am Schlag D4 (2003)

	Betriebsüblich 150 kg N/ha	Mapping & Sensor 203 N kg/ha
Ertrag [dt/ha]	75,1 ^A	77,4 ^A
NKL [€/ha]	736	768 [*]
N-Bilanzsaldo [kg/ha]	-5,9 ^A	28 ^B
Protein [%]	12,9 ^A	13,9 ^B

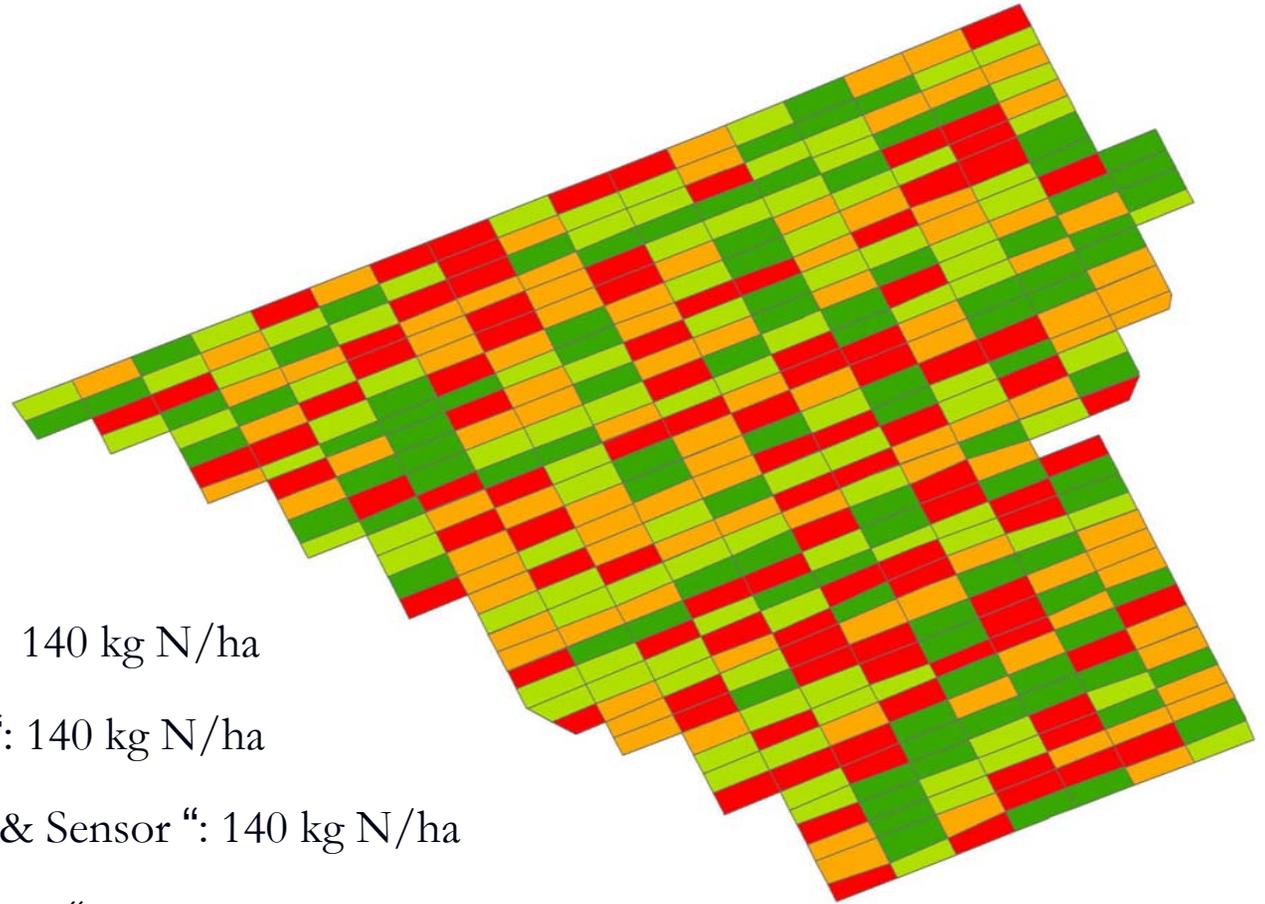
* der höhere Proteingehalt wird mit 0,50 €/dt mitbewertet
angenommene Preise: Stickstoff 0,60 €/kg; Winterweizen 11 €/dt



Versuchsanlage Schafhof 2004

vollständig randomisierte
Versuchsanlage

Parzellengröße: 20 x 7,5m



-  Variante „Betrieb“: 140 kg N/ha
-  Variante „Mapping“: 140 kg N/ha
-  Variante „Mapping & Sensor“: 140 kg N/ha
-  Variante „N-Steigerung“

Versuchsergebnisse Schafhof 2004

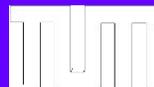
- **Einheitliche Düngung** orientiert sich am Durchschnitt der Precision Farming Variante
- **Vorteil:** beide Varianten besitzen die selbe durchschnittliche N-Menge=> leicht vergleichbar
- **Nachteil:** einheitliche Variante profitiert von den Informationen der Precision Farming Variante

Ergebnisse des Streifenversuchs am Schafhof, 2004

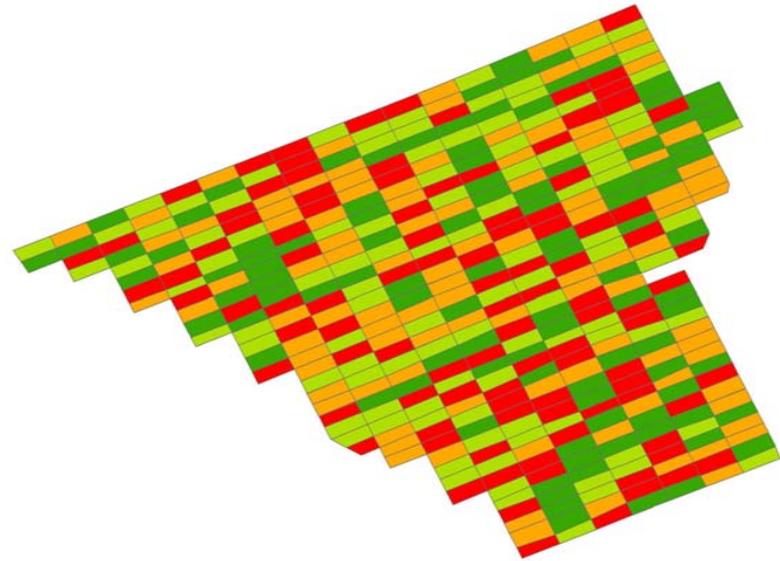
	Stickstoffdüngevarianten		
	Betriebsüblich	Mapping-Ansatz	Sensor & Mapping
Ertrag [dt/ha]	100.8 ^A	100.0 ^A	101.7 ^A
NKL [€/ha]	1024 ^A	1014 ^A	1035 ^A
N-Bilanzsaldo [kg N/ha]	-81.8 ^A	-76.8 ^A	-82.5 ^A

Die statistische Auswertung erfolgt als Kovarianzanalyse mit EM38 als Kovariable

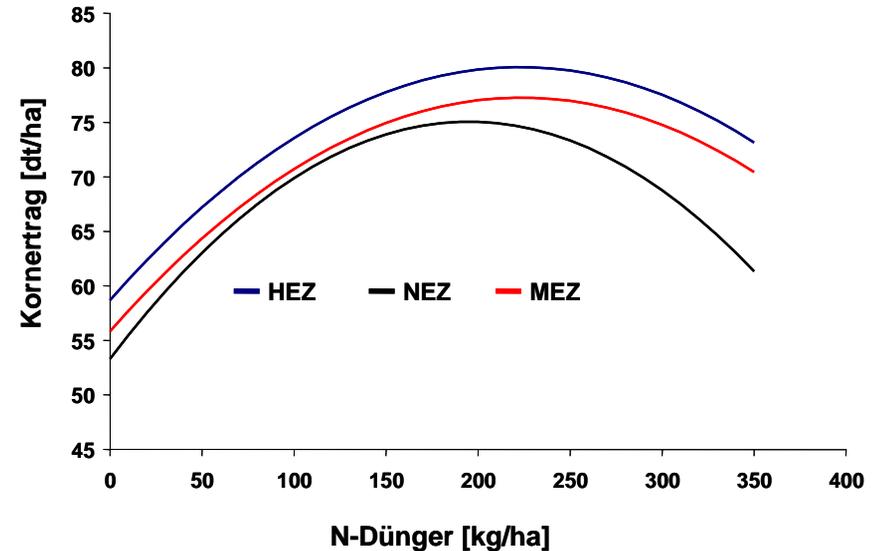
angenommene Preise: Stickstoff 0,60 €/kg; Winterweizen 11 €/dt



Auswertungsmethodik Streifenversuche



kleinräumige Produktionsfunktionen



N-Steigerung ermöglichen:

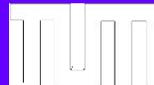
- Weiterentwicklung von Düngealgorithmen
- Schätzen teilfl.spez. Produktionsfunktionen

$$EG = \frac{DB(\text{Streifenversuch})}{DB \max(\text{Produktionsfunktionsanalyse})}$$

EG: Erreichungsgrad

Fazit Feldversuche

- Zur Auswertung von Streifenversuchen auf heterogenen Versuchsflächen bietet sich eine Kovarianzanalyse an um den Versuchsfehler zu reduzieren
- Anlage von Streifenversuchen mit N-Steigerungen führt zu einer besseren Interpretierbarkeit der Versuchsergebnisse
- Versuchsergebnisse deuten auf eine Vorteilhaftigkeit des im IKB verfolgten Mapping- mit Sensor-Overlay Ansatzes hin
- Für eine abschließende Bewertung dieses Ansatzes ist es noch zu früh
- Dokumentationsmöglichkeiten



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

