HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Stickstoff in die Pflanze

Potenziale für die Landwirtschaft der Zukunft

Hans-Werner Olfs

Hochschule Osnabrück
Am Krümpel 31, D-49090 Osnabrück
E-Mail: h-w.olfs@hs-osnabrueck.de

Was erwartet Sie?

HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

- Die neue Dünge-VO: Risiken und Nebenwirkungen
- 100 % N-Effizienz: Der „heilige Gral“ der Düngung
  - Bedeutung anderer Wachstumsfaktoren
    - pH-Wert
    - Mangan
  - N-Düngebedarfsprognose
  - Variable N-Düngung
- Alternative N-Zufuhr: Die Hoffnung stirbt zuletzt

Entwurf Novelle Düngeverordnung

HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Das ändert sich bei der N-Düngung…

- N-Düngebedarfsermittlung der Kultur für jeden Schlag
- Nährstoffvergleich: Kontrollwert 60 kg N/ha/Jahr
  [nach 2020: 50 kg N/ha/Jahr]
- Grenzstreueinrichtung für Mineraldüngerstreuer ab 01.01.2020
- erweiterte Gewässerschutzauflagen
- unverzügliches Einarbeiten von Harnstoff auf unbestelltem Acker
  - spätestens 4 Stunden nach Beginn der Maßnahme
  - gilt für Harnstoff ohne Ureasehemmer

Entwurf Novelle Düngeverordnung

HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Das ändert sich bei organischen Düngern…

- verlängerte Sperrfrist auf Acker für Gülle: nach Ernte der letzten Hauptfrucht bis 31. Januar
- reduzierte N-Gaben org. Dünger im Herbst
  - max. 60 kg/ha Gesamt-N bzw. 30 kg/ha Ammonium-N
  - bis zum 1. Oktober zu Zwischenfrüchten, Winterraps, Feldfutter (Saat bis 15. September) und Wintergerste nach Getreide (Saat bis 1. Oktober)
- Sperrfrist für Mist und feste Gärreste vom 15. November bis 31. Januar
- streifenförmiges Ausbringen oder direktes Einbringen in den Boden von flüssigen organischen auf bestelltem Ackerland ab 1. Februar 2020
- max. 170 kg/ha Gesamt-N pro Jahr aus organischen Düngern im Schnitt der landwirtschaftlich genutzten Betriebsfläche
- Kompost: 3-jähriger Bezugszeitraum für N-Obergrenze von 170 kg/ha/Jahr (d.h. max. 510 kg Kompost-N/ha)
- Mindestwerte für die N-Ausnutzung org. Dünger im Jahr des Ausbringens

Entwurf Novelle Düngeverordnung

HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Die Länder können entscheiden…

- andere Methoden zur Düngebedarfsermittlung

  (solange sich kein höherer Bedarf ergibt)
- Verbotszeiträume für das Ausbringen von N-haltigen Düngern lassen sich um 4 Wochen verschieben

  (Dauer des Gesamtzeitraumes muss aber bleiben)
- verschärfte Auflagen für Gebiete mit über 50 mg/l Nitrat oder 40 mg/l Nitrat und steigender Tendenz

Berechnung Stickstoff-Düngebedarf

HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Weizen nach Raps oder Zuckerrüben

Faktoren	BSP 1	BSP 2
Kultur	Weizen	Weizen
N-Bedarfswert in kg/ha	230	230
Ertragsniveau des N-Bedarfswertes in dt/ha	80	80
Ertragsniveau im Schnitt der letzten 3 Jahre in dt/ha	100	**70**
Ertragskorrektur	20	**-15**
Im Boden verfügbare N-Menge (N_{min}) in kg/ha	-50	-30
Organischer Düngung der Vorjahre	0	0
Vorfrucht	- 10	-10
Neuer N-Düngebedarf in kg/ha	190	175
Alter N-Düngebedarf in kg/ha	180	200

Definition „Nährstoff-Effizienz“

HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Nährstoff-Effizienz

=

Wirksamkeit des eingesetzten Nährstoffs

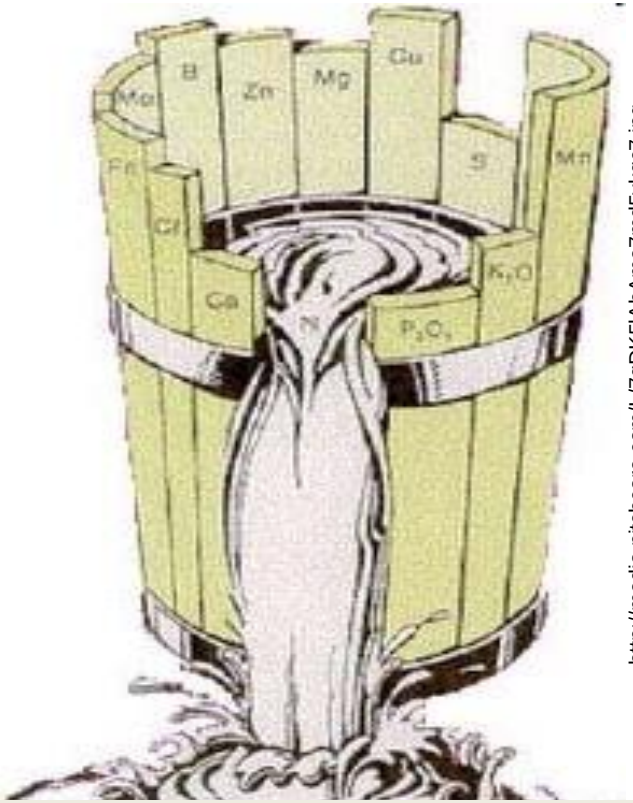
aber auch

Wirtschaftlichkeit der Düngung

N-Effizienz ist abhängig von vielen Wachstumsfaktoren

HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Liebig´s Minimum-Gesetz



http://media.pitchcare.com/L/7qDK5lAhAme7md5vkqc7.jpg

„Der jeweils in relativ geringster Menge vorhandene
Wachstumsfaktor
bestimmt die Höhe des Pflanzenertrages“

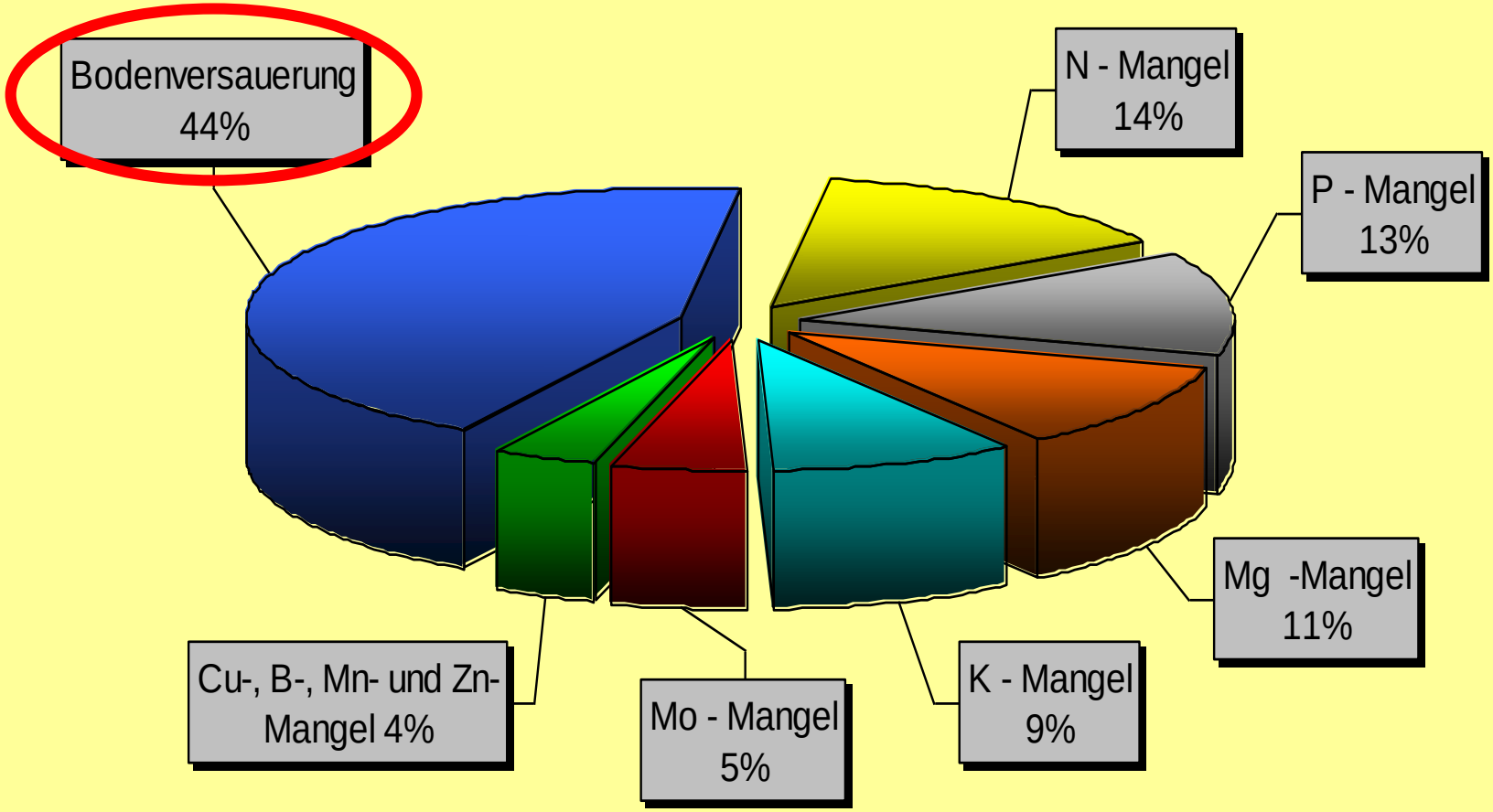
2 Beispiele:

- Boden pH-Wert
- Mangan

Ursachen für Wachstumsminderungen im Feldbestand

HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

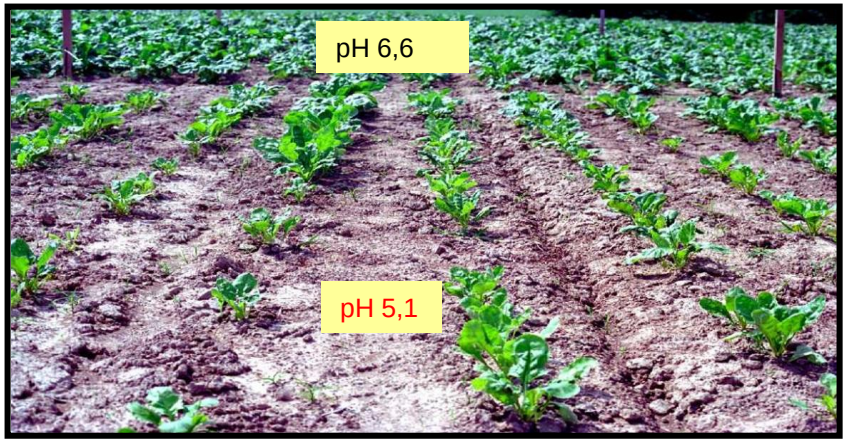
Praxisschläge in Ostdeutschland



Zorn (1994): Neue Landwirtschaft

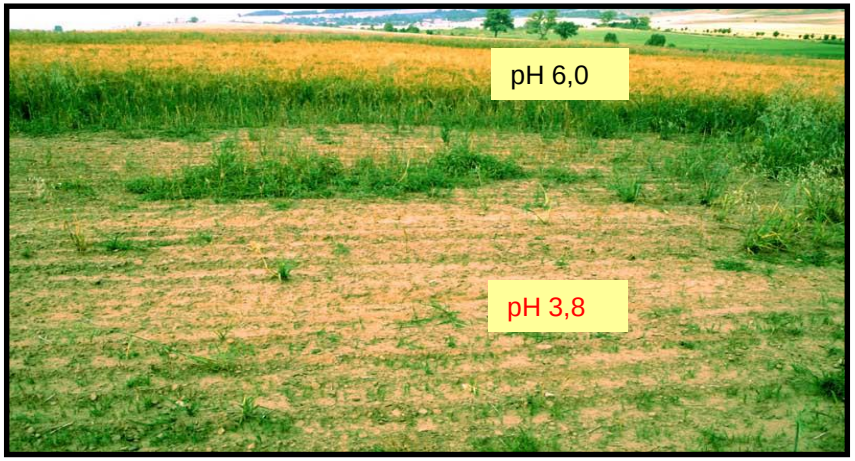
Auswirkung ungeeigneter pH-Werte im Boden

HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

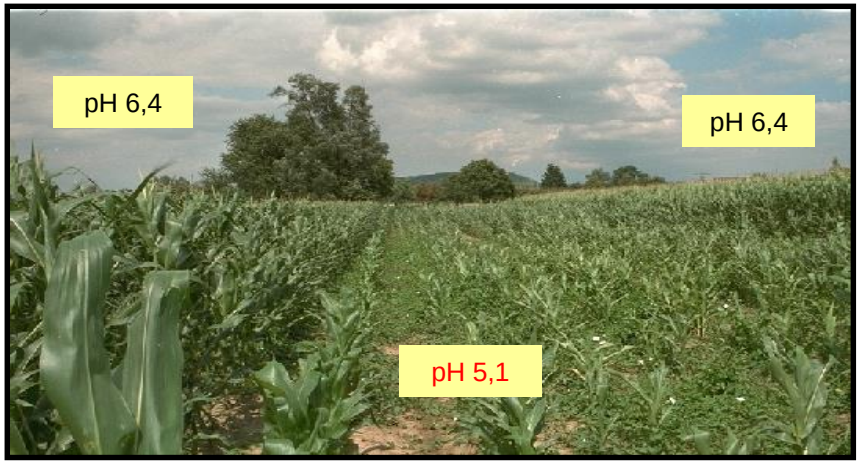


Wachstumsdepression bei Zuckerrüben

Mangan-Mangel in Gerste durch Überkalkung



Wachstumsdepression bei Gerste

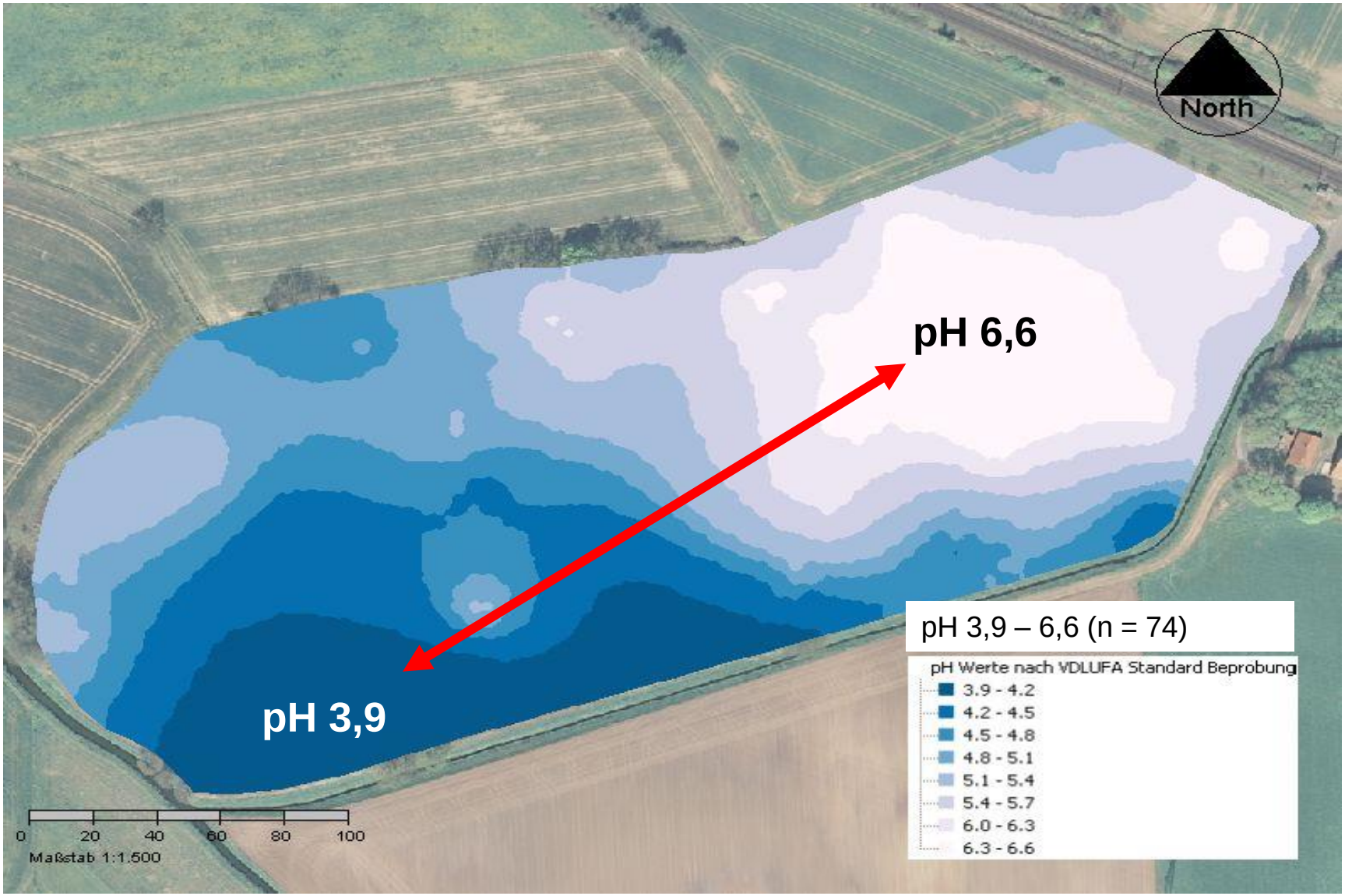


Wachstumsdepression bei Mais

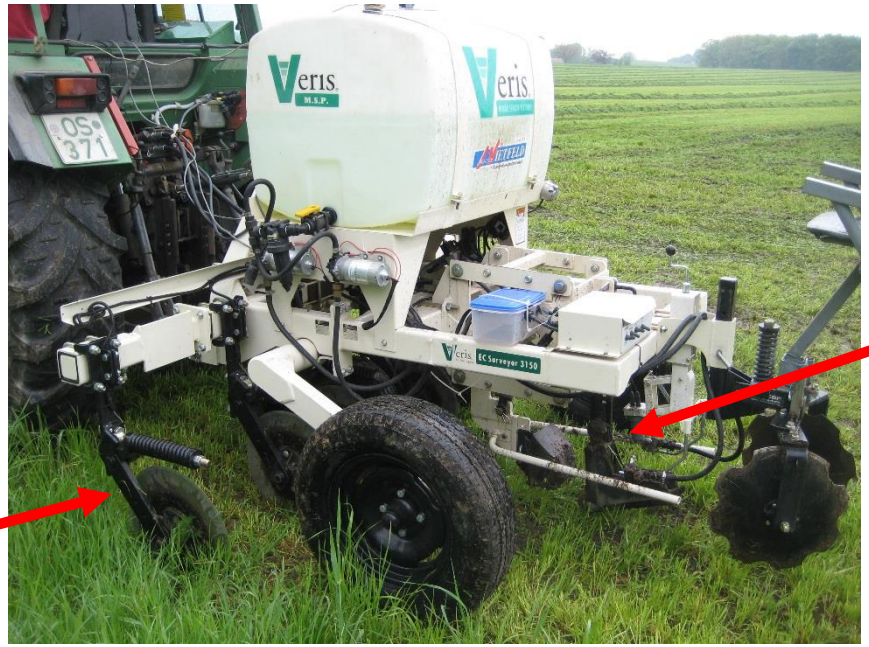
Variabilität der pH-Werte in der Fläche

Schlag „Große Lübker“: 5,8 ha mit 74 Einzelproben => 12 Proben/ha)

HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Sensorplattform Veris MSP



pH-Modul

EC-Modul

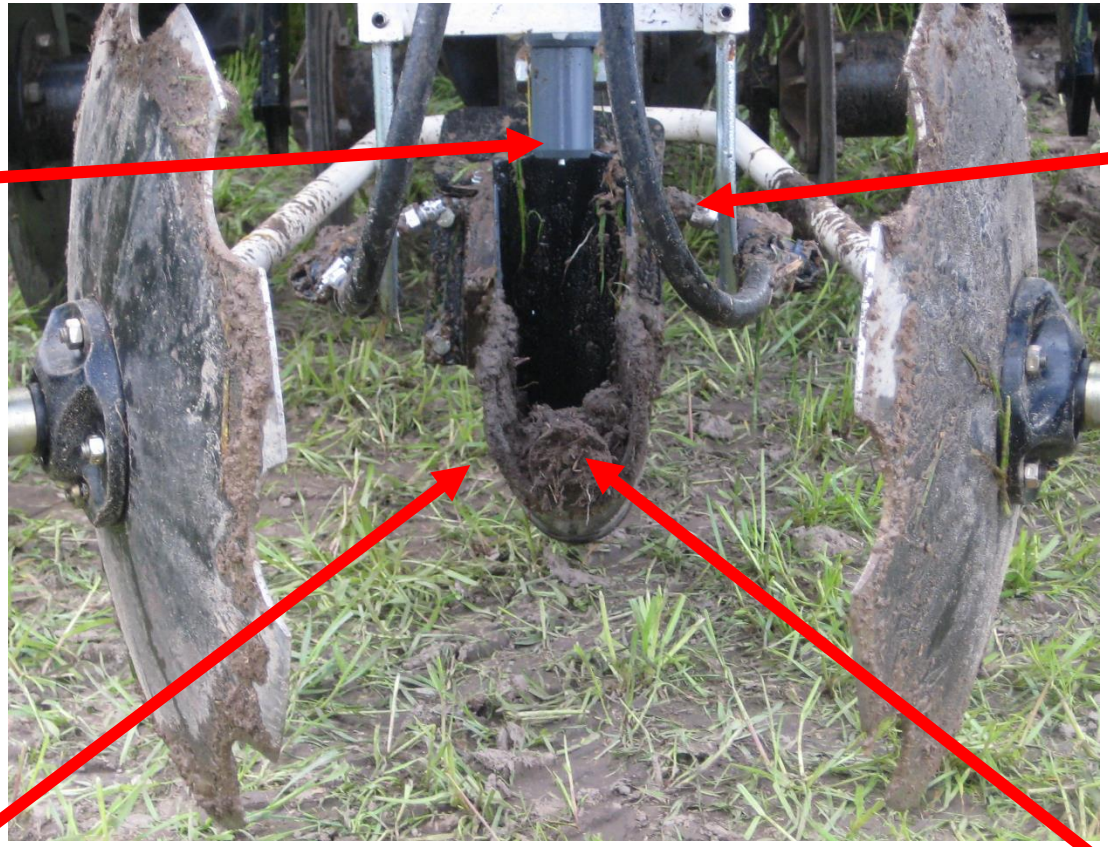
Online-Messung der elektrischen Leitfähigkeit des Bodens

Online-Messung pH-Werten im Boden

pH Modul

pH Elektroden

Waschdüse



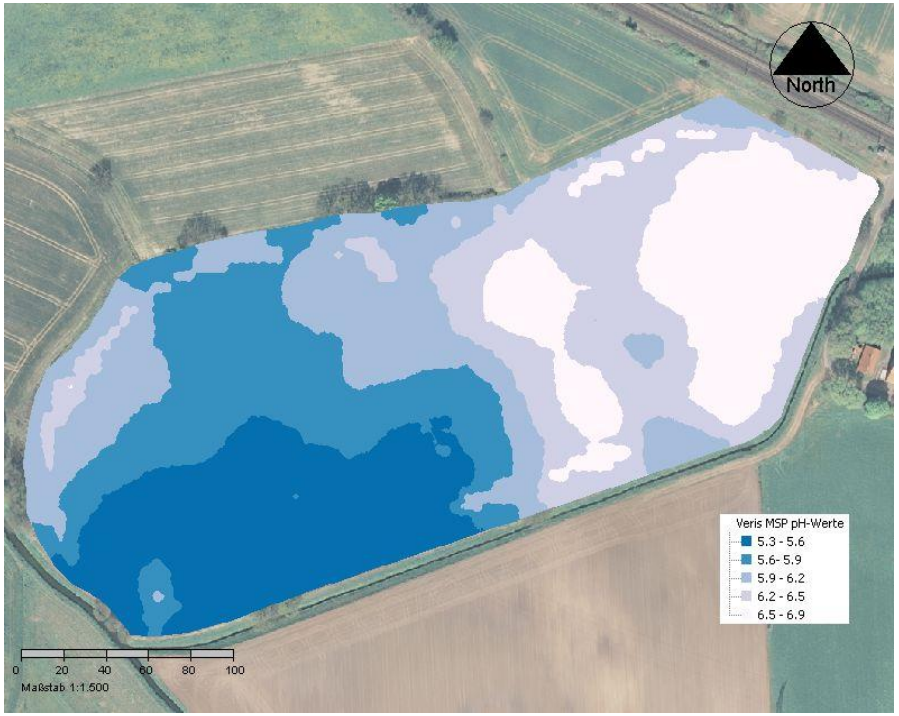
Probenahmeschuh

pH Modul Rückansicht

Bodenprobe

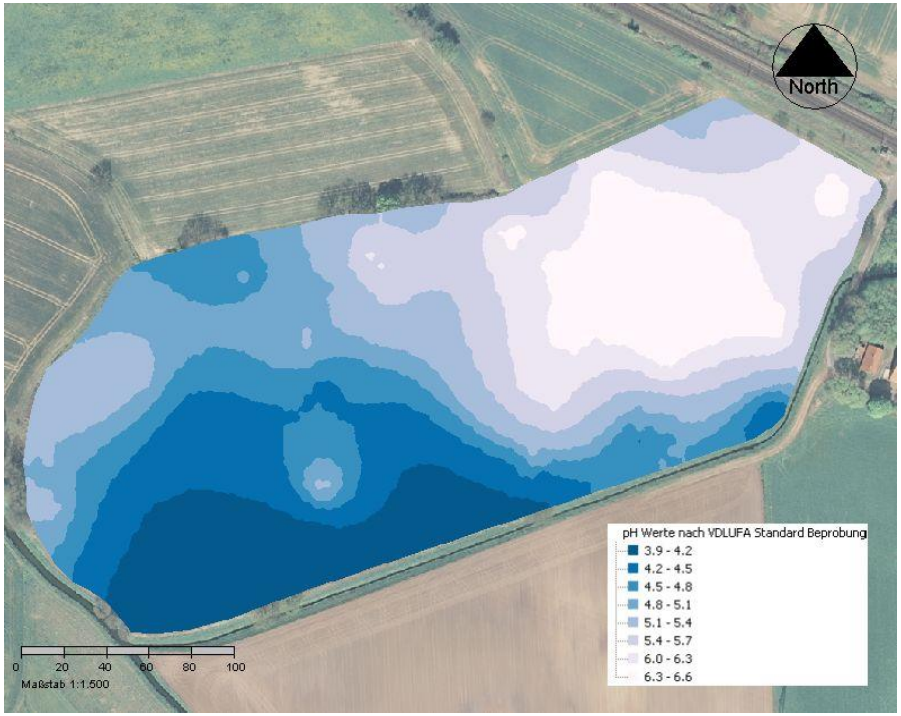
Vergleich pH-Wert Karten
(Fläche Große Lübker: 5,8 ha)

HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



pH-Werte Veris MSP

pH 5,3 – 6,9 (n = 240)



pH-Werte Labor-Methode

pH 3,9 – 6,6 (n = 74)

➔ pH-Wert Zonen spiegeln sich klar in beiden Karten wider

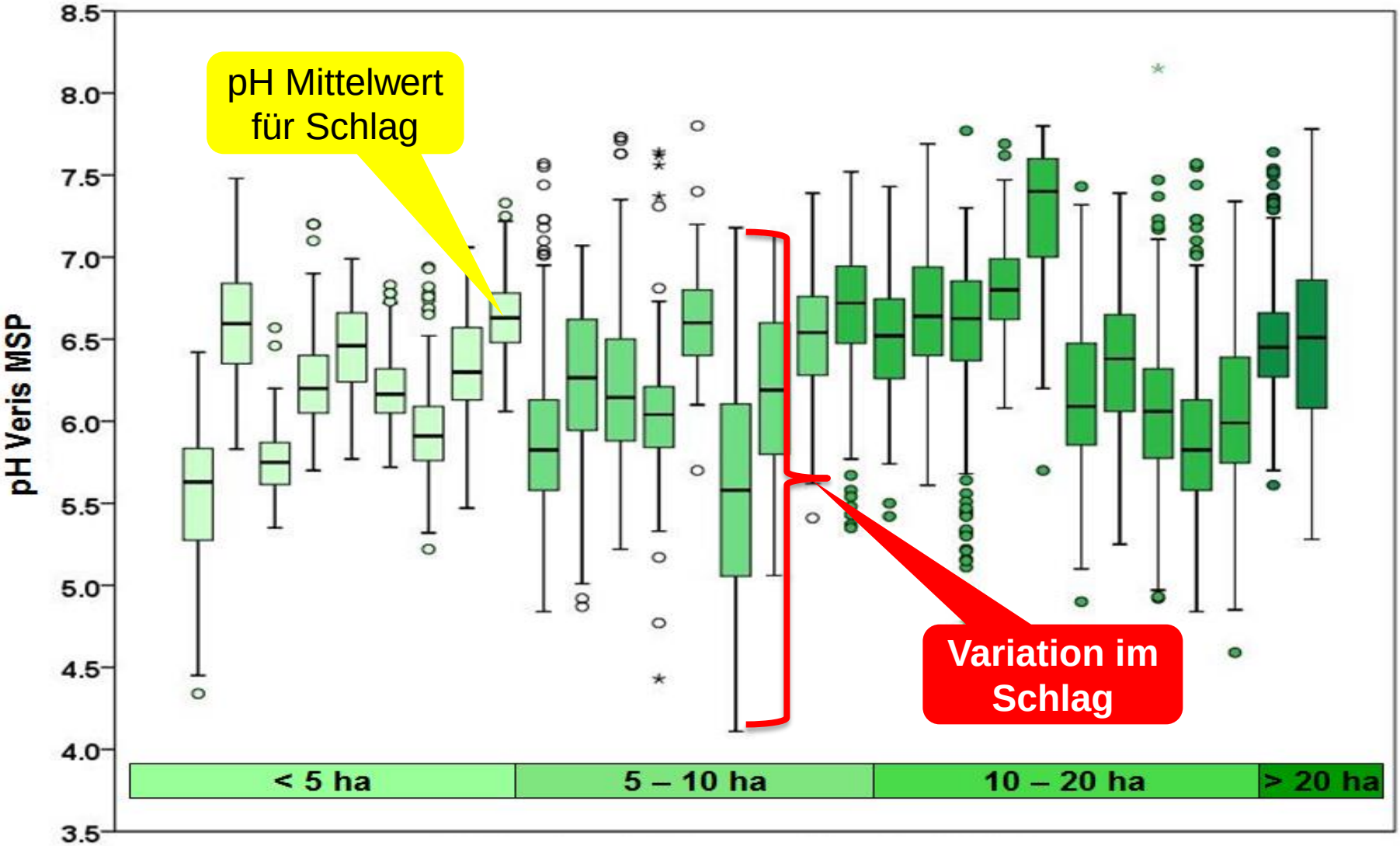
Erhebung von Veris-Sensordaten auf Praxisschlägen

HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

- **Kartierung von 30 Acker-schlägen mit Veris MSP**
- **Schlaggröße: 2 – 45 ha**
- **Bodenartengruppen: Sande – stark lehmiger Sande**

Praxiserhebung in Nordwest-Deutschland

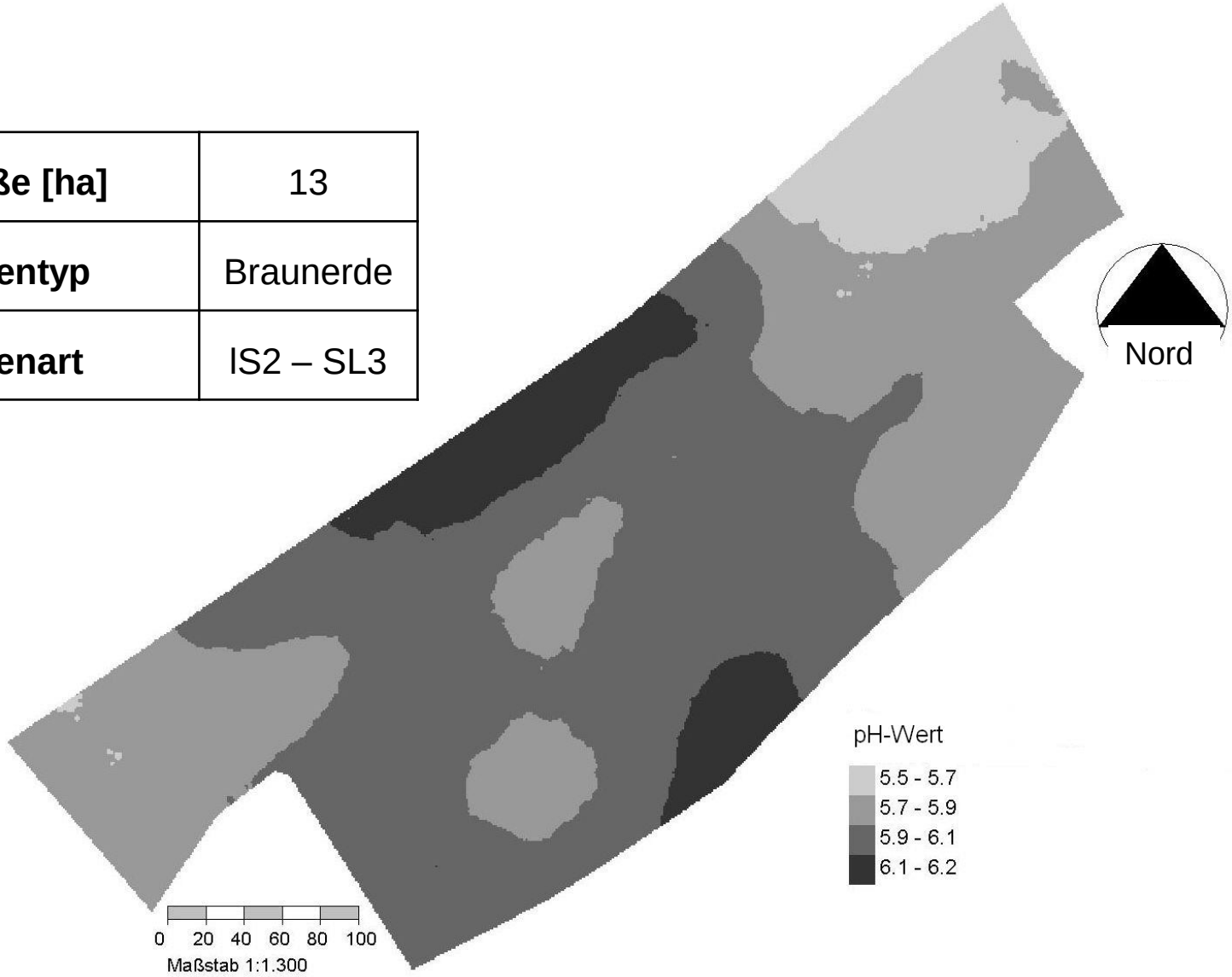
HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



pH-Wert-Karte für Fläche „Katzhegge“

HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Größe [ha]	13
Bodentyp	Braunerde
Bodenart	lS2 – SL3

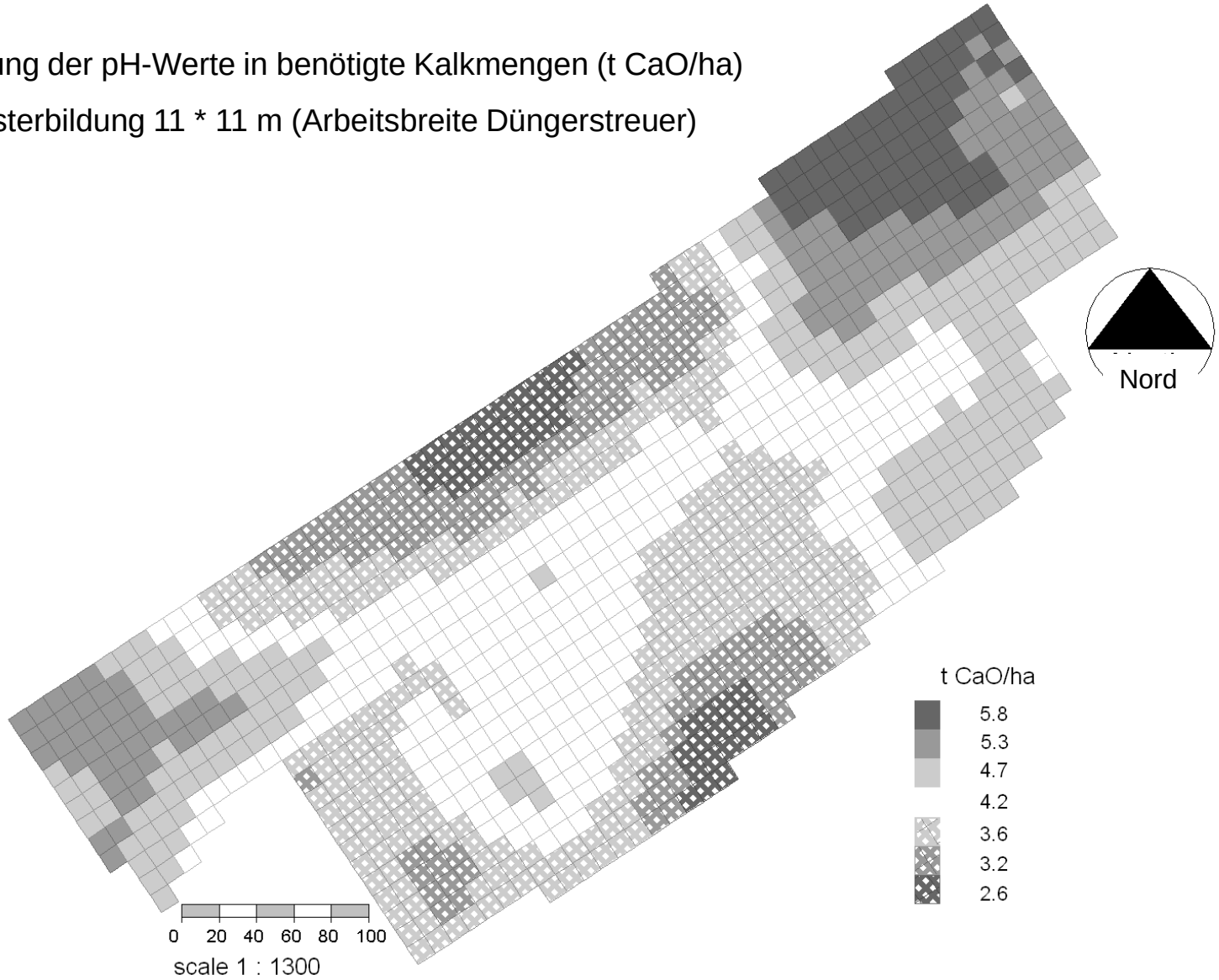


Kalk-Bedarfskarte für Fläche „Katzhegge“

HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Umrechnung der pH-Werte in benötigte Kalkmengen (t CaO/ha)

- Rasterbildung 11 * 11 m (Arbeitsbreite Düngerstreuer)



Ökonomische Berechnungen

aus Sicht des Landwirtes…

HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

.

Schlaggröße (ha)	3	12	30	100
Kartierungskosten (€/ha)	69,03	21,12	12,48	8,14
Kartierungskosten (€/Schlag)	207	253	374	814
Erhöhung der Ausbringungskosten für die Kalkung (€/Schlag)	15	60	150	500
Einsparung durch Wegfall Standardbeprobung (€/Schlag)	7	21	42	140
Summe der Mehrkosten (€/Schlag)	**215**	**292**	**482**	**1.174**
Mittlere Mehrerträge durch optimierte pH-Werte (€/ha)	9,56	9,56	9,56	9,56
Mittlere Mehrerträge durch optimierte pH-Werte (€/Schlag)	29	115	287	956
Mehrerträge durch optimierte pH-Werte (€/Schlag in 4 Jahren)	**115**	**459**	**1.147**	**3.823**
Monetärer Nutzen der teilflächenspezifischen Kalkung (€)	**-100**	**166**	**664**	**2.648**

Annahmen:

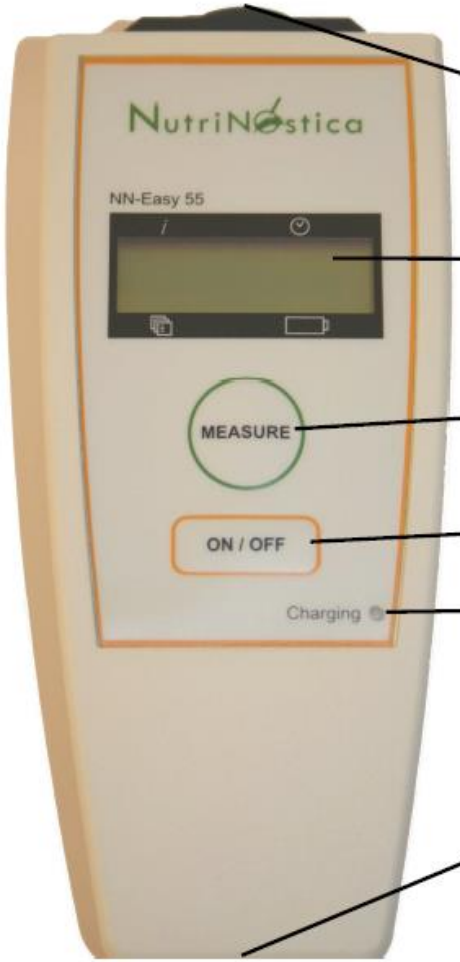
Keine veränderten Kalkmengen; Kartierungskosten auf Basis von 1.500 ha/Jahr
Erhöhte Kalkausbringungsmengen für GPS-fähigen Streuer von 5 €/ha
Kalkung 1 x für Fruchtfolge WG-RA-WW-WW
Suboptimaler pH-Werte auf 25 % der Fläche werden korrigiert
Dadurch Ertragsverbesserungen von 2 % (WW) bis 5 % (WG)
Durchschnittliche Marktleistung der Fruchtfolge von 1.300 € / ha
Ertragsverbesserungen von 0,5 bis 1,3 % (bezogen auf Gesamtfläche) erreichbar
==> 38,23 € aufsummierte Mehrleistung pro ha (in einer Fruchtfolge von 4 Jahren)

Auffällige Farbveränderungen bei Gerste im Herbst und Frühjahr

HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Frey (2012), K+S Kali GmbH

Mangan-Schnelltester NN-Easy 55



OPTIK
Lichtquelle (LED) und Messzelle
(bis 3500 µmol m^{-2} s^{-1}; 627 nm)

LCD-Display

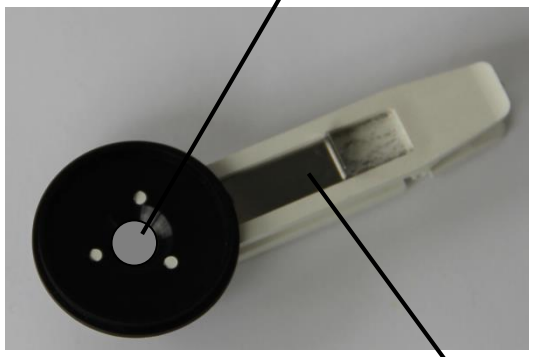
Mess-Taste

Ein/Aus-Taste

Lade-LED

Lade-Buchse

Messbereich
(13 mm^2)



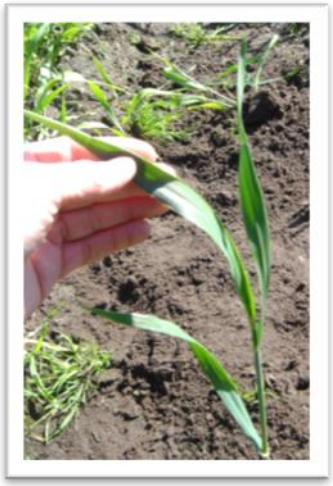
Schieber

Nutrinostica ApS, Kopenhagen/Dänemark (Kosten: ca. 5.000 €)

Mangan-Versorgung mit Schnelltester untersuchen

HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Pflanzenprobeentnahme



> 25 jüngste, vollentwickelte Blätter pro Schlag

Probenvorbereitung

Clip mit geschlossenem Schieber mittig am Blatt befestigen, mind. **25 Minuten** abdunkeln (Stopp der Photosynthese)

Messung

PEU = 76 ***

Clip auf Gerät stecken, Schieber öffnen

Mess-Taste drücken

➔ Ergebnis nach ca. 2 Sekunden

Beratungsempfehlung

HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Arithmetisches Mittel der NN-Easy 55 Einzelmesswerte (PEU)
Bereich zwischen 1 - 100

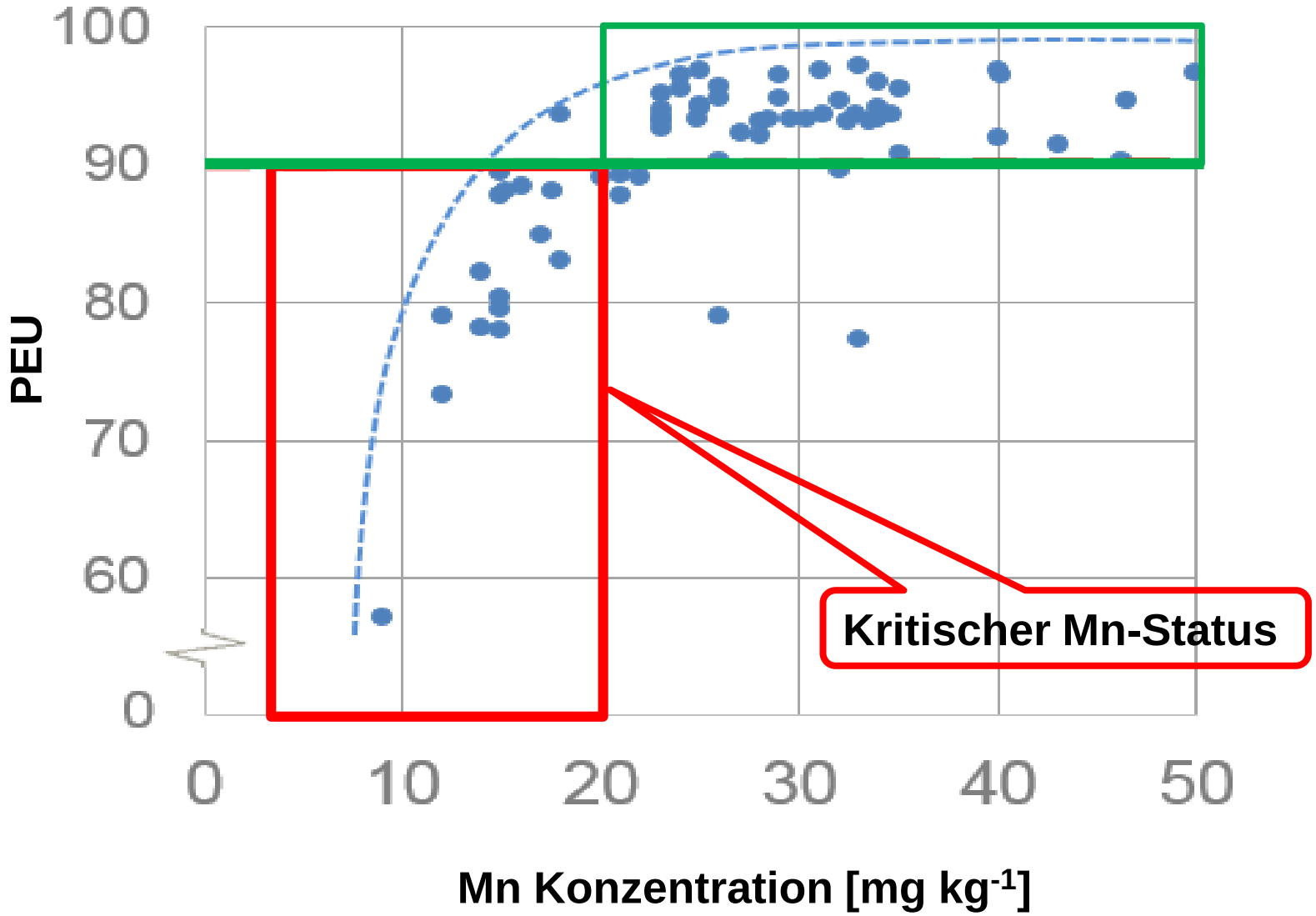
PEU range	Grading	Explanation	Treatment
95-100	★★★★★	No manganese deficiency	No need
90-94	★★★★	No or week manganese deficiency	No need
75-89	★★★	Moderate manganese deficiency	Yes
60-74	★★	Strong manganese deficiency	Yes
40-59	★	Very strong manganese deficiency	Yes
<40		Extreme manganese deficiency	Im ble

PEU < 90
Mn-Düngung

PEU > 90 KEINE
Mn-Düngung

Nutrinostica ApS

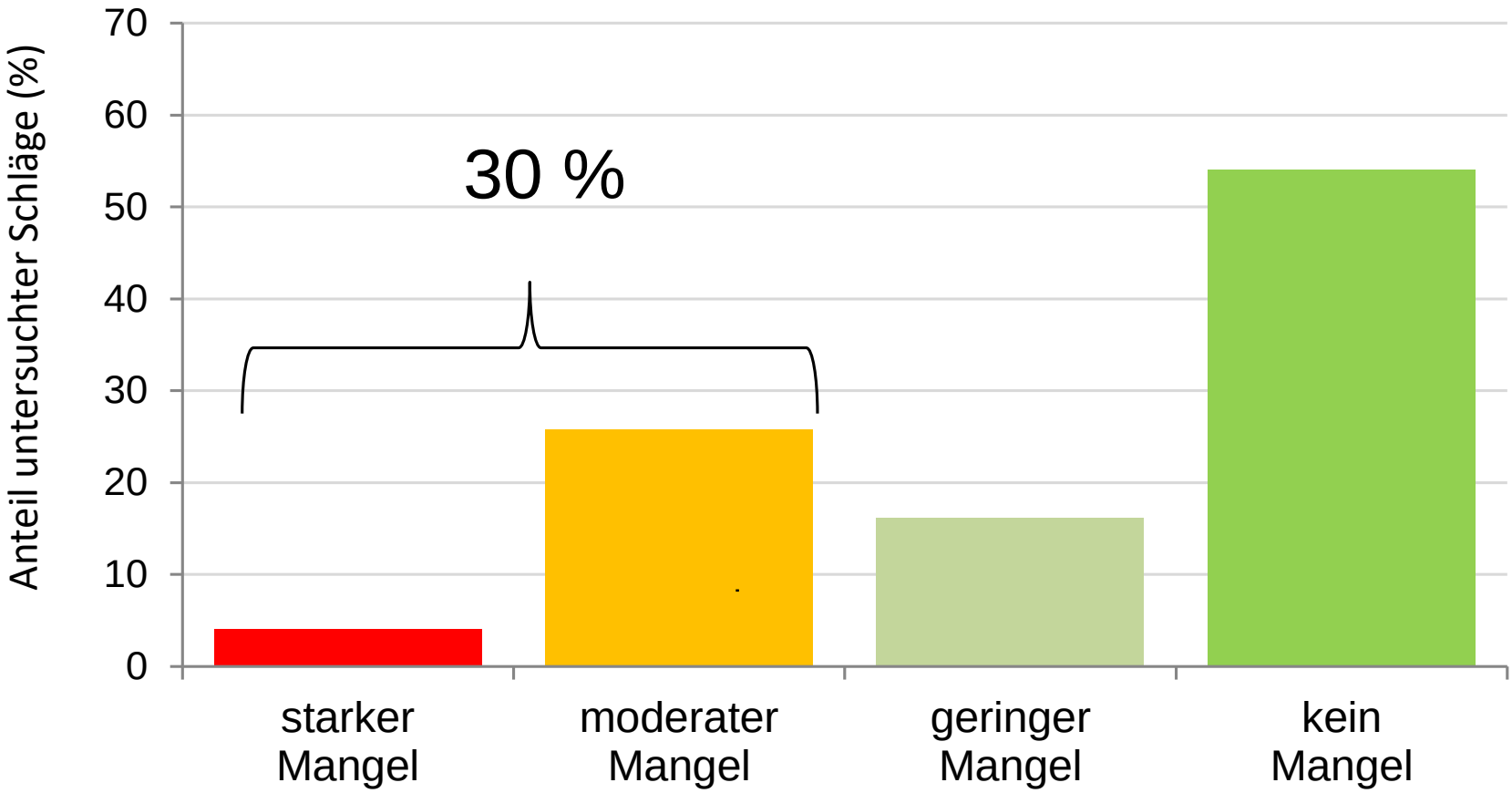
Korrelation: Mn-Blattgehalt vs. PEU



Mn-Versorgung von Getreide 2012/13

HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Einstufung des Mn-Mangels mittels Schnelltester NN-Easy 55

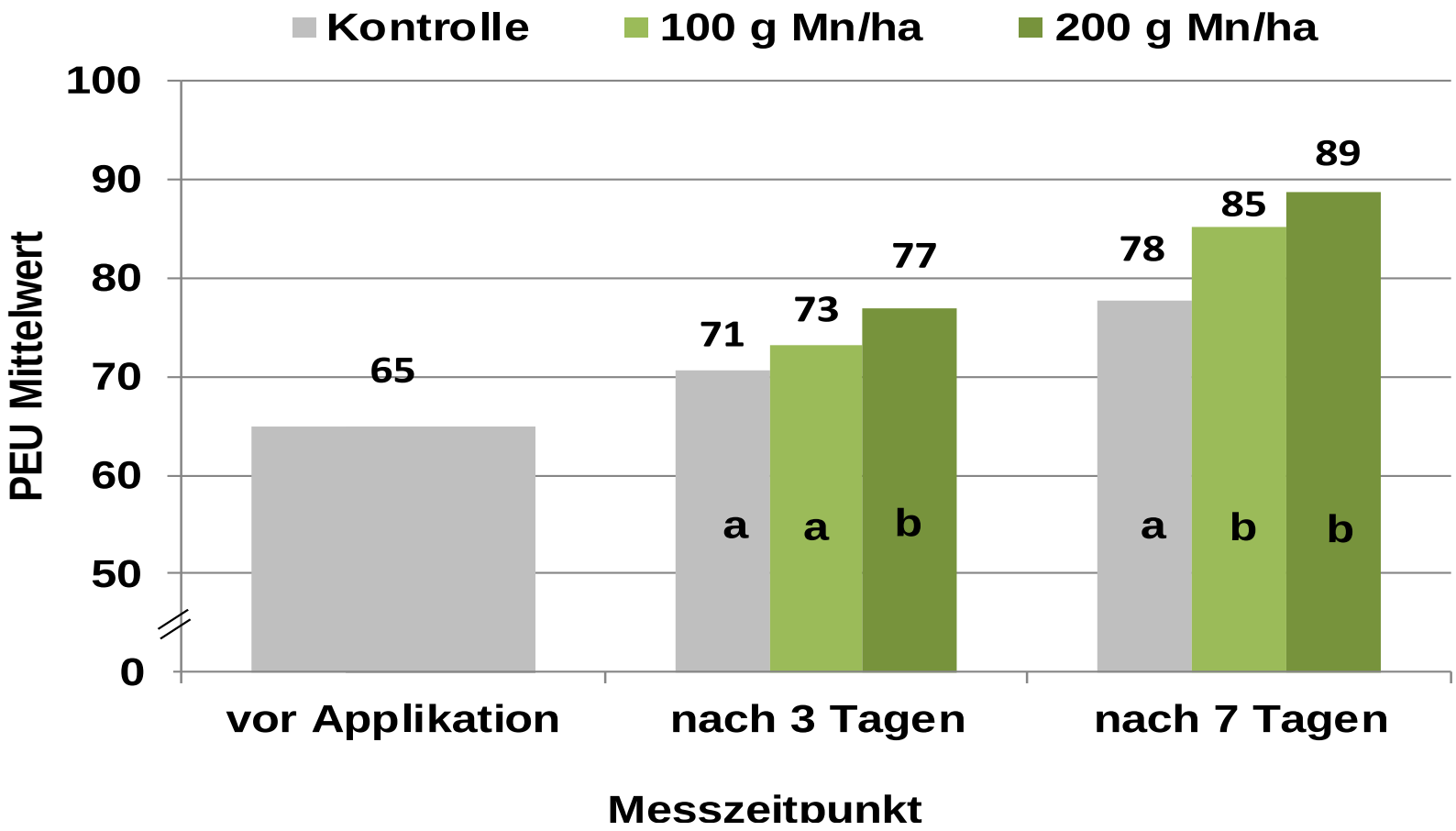


- **Mn-Mangel bei ca. 30 % der Schläge diagnostiziert**
- **Bodenuntersuchung bei Mn ohne Aussagekraft!**

Wirksamkeit der Mn-Blattdüngung

HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

- Mn-Applikation in Wintergerste (Blattdüngung, EDTA-Chelat)



➢ **Behebung des Mn-Mangelzustands bei optimaler Menge eindeutig nachweisbar**

Sortenunterschiede in der Mn-Effizienz

HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

- Landessortenversuche LWK Niedersachsen (Standort Buer)
- 2-jährige Ergebnisse

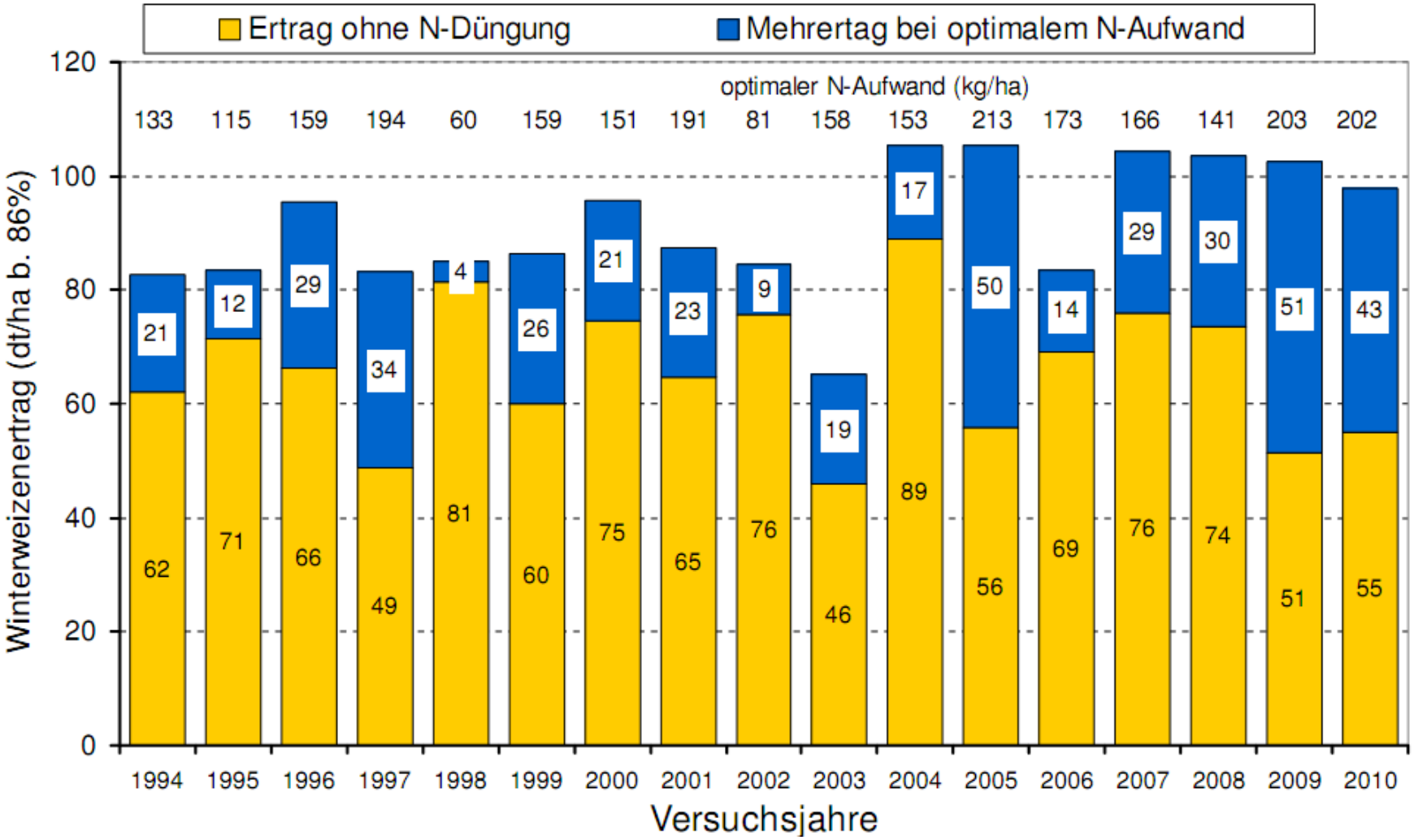
	2012				2013			
	PEU MW 29/30 PEU		Mn Pflanze 29/30 mg/kg		PEU MW 29/30 PEU		Mn Pflanze 29/30 mg/kg	
Leibnitz	83,6	*a*	18,6		83,9	a	20,2	a
Otto	88,3	*ab*	20,7		89,8	bcd	21,9	ab
Zzoom	91,0	*bcd*	18,5		90,7	bcd	23,9	ab
Nerz	91,1	*bcd*	18,7		89,0	b	20,1	a
Antonella	91,7	*bcd*	21,9		92,4	cdef	24,4	ab
Lomerit	91,8	*bcd*	20,5		90,2	bcd	22,0	ab
SY Leoo	92,7	*bcd*	20,0		92,2	cdef	23,8	ab
Matros	92,7	*bcd*	19,9		89,5	bc	20,9	ab
Titus	93,7	*cd*	19,9		91,7	bcdef	21,7	ab
Hobbit	93,8	*cd*	24,0		94,3	f	25,4	b
KWS Meridian	93,9	*cd*	21,9		91,4	bcdef	23,4	ab
KWS Tenor	94,0	*cd*	19,3		93,7	ef	22,9	ab
GD (5%; Tukey)	***5,3***		***o.WDH***		***3,05***		***5,11***	

- **Sorten Leibnitz und Otto zeigten wiederholt schlechte Mn-Versorgung**
  - **Meridian und Tenor gute Versorgung**

Ertragsreaktion auf N-Düngung

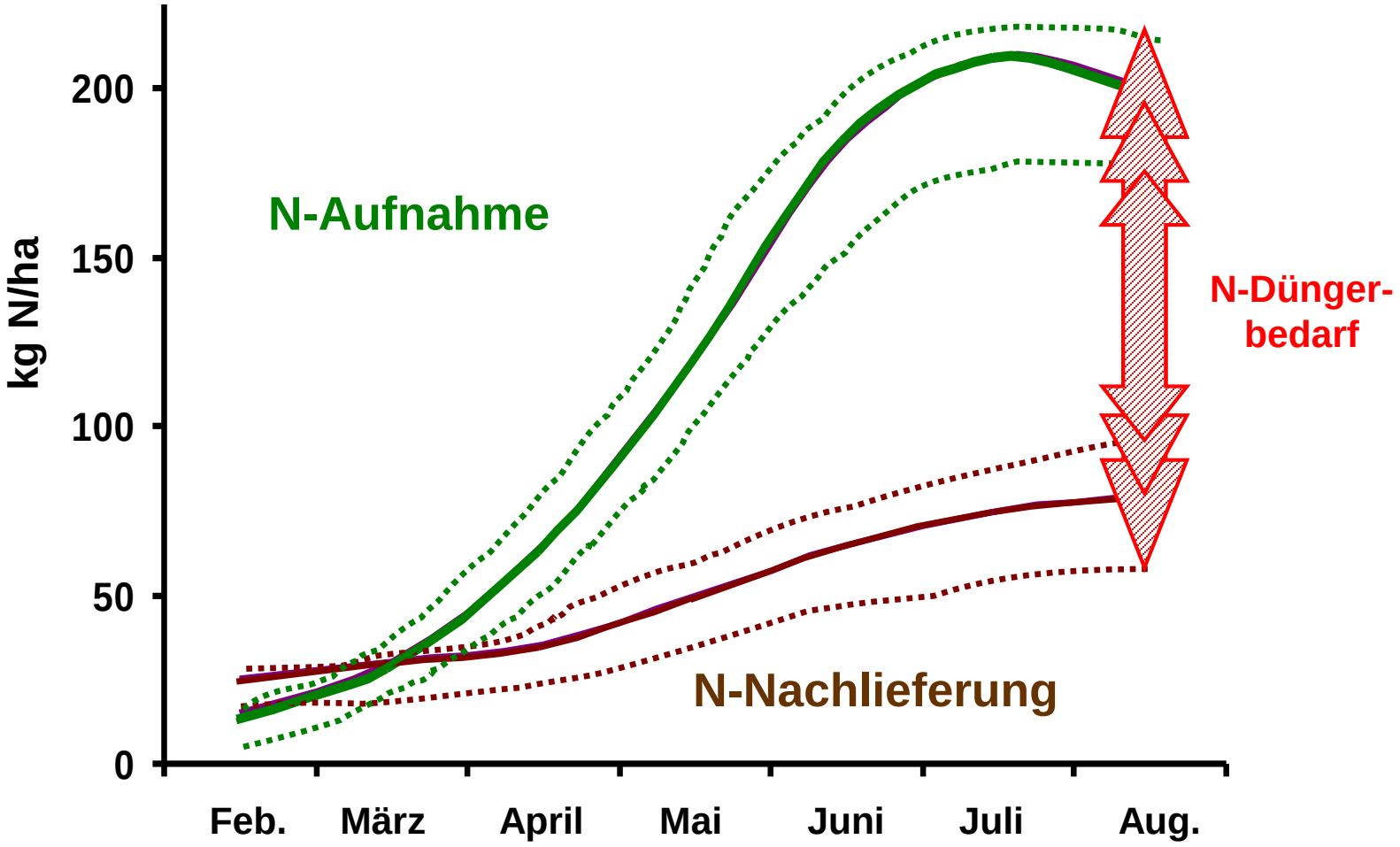
(mehrjährige Feldversuche in Sachsen)

HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



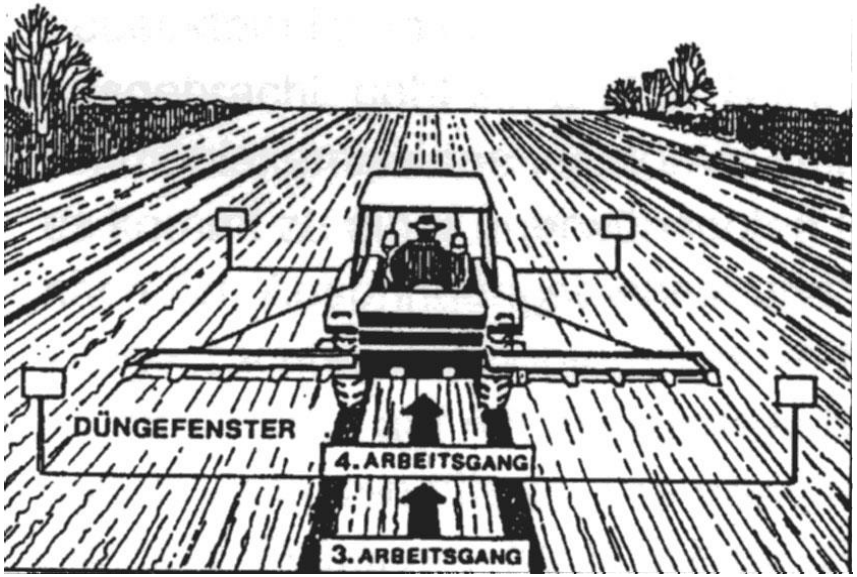
Schliephake & Müller (2012)

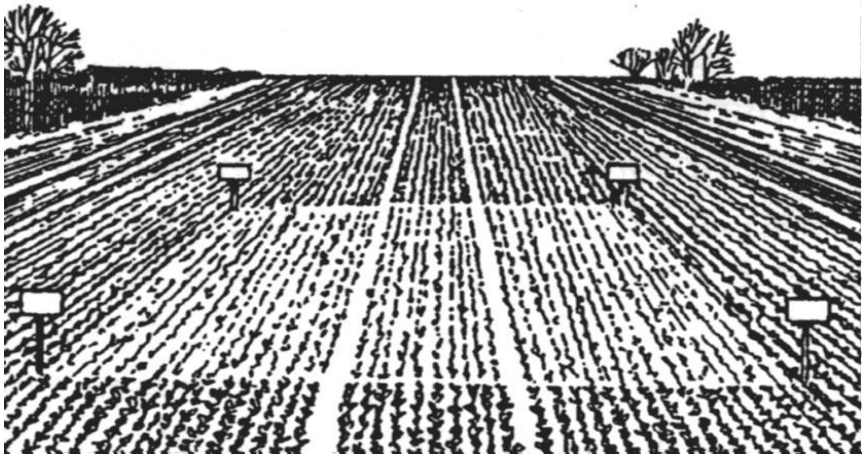
N-Düngerbedarf……



….. ist abhängig von N-Aufnahme und N-Angebot aus dem Boden!!

„Düngefenster“ zur Abschätzung der N-Nachlieferung





- **Vorgehensweise**
  - auf einer kleinen Teilfläche (ca. 25 m längs einer Fahrspur) weniger N applizieren
  - sobald diese Fläche heller wird, erfolgt Anschlussdüngung
- **Vorteile**
  - Durchführung einfach
  - keine Zusatzkosten
- **Nachteile**
  - Höhe der Nachdüngung kann nur geschätzt werden

Nitrat-Stängeltest zur Bestimmung der N-Versorgung

HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Beispiel Winterweizen

- **Probenahme**
  - Termin jeweils vor der N-Düngung
  - 1 cm vom Haupttrieb unmittelbar über Erdoberfläche abschneiden
  - Pflanzensaft auspressen
- **Nitrat-Bestimmung**
  - Nitrat-Teststäbchen eintauchen und mittels Reflektometer Nitrat-Konzentration messen

Nitrat-Stängeltest zur Bestimmung der N-Versorgung

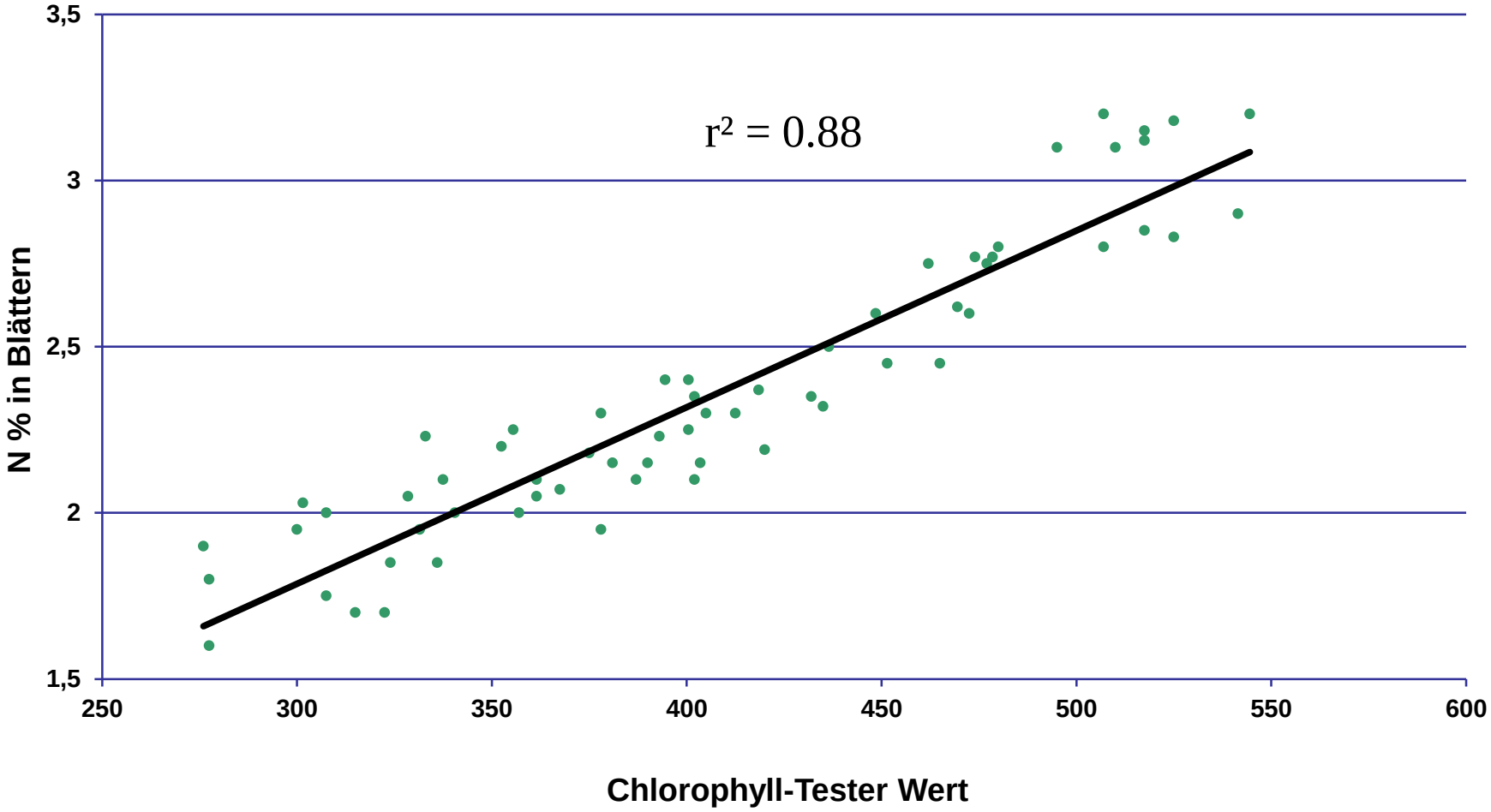
HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

…alternativ Färbung der Test-Stäbchen visuell beurteilen!

Testzeit [sec]	Färbung	empfohlene N-Düngung [kg/ha]
15	tiefviolett	0
30	tiefviolett	20 bis 30
60	tiefviolett	30 bis 40
60	violett	40 bis 50
60	hellviolett	50 bis 60
60	ohne Färbung	60 bis 70

- **Vorteile**
  - Analyse des aktuellen N-Zustands
  - Durchführung relativ einfach
  - regionale Eichung
- **Nachteile**
  - umständliche Gewinnung des Pflanzensaftes
  - nur bei Nitrat-N-Ernährung über die Wurzel
  - Momentaufnahme der N-Versorgung

Grünfärbung als Indikator für den N-Versorgungsstatus der Pflanzen



Grünfärbung als Indikator für den N-Versorgungsstatus der Pflanzen

HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Transmission

Minolta SPAD-502

Opti Science CCM 200

Reflexion

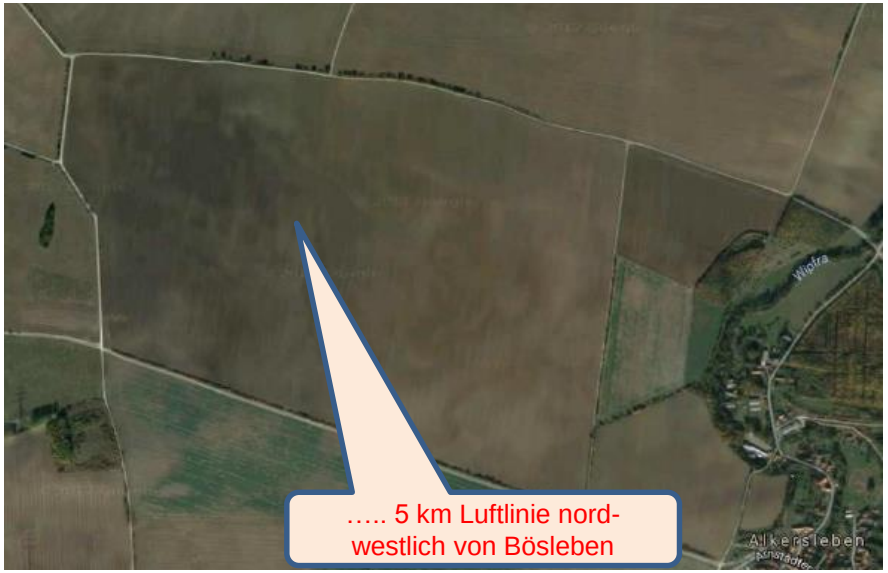
Field Scout CM-1000

N-Pilot

Greenseeker handheld

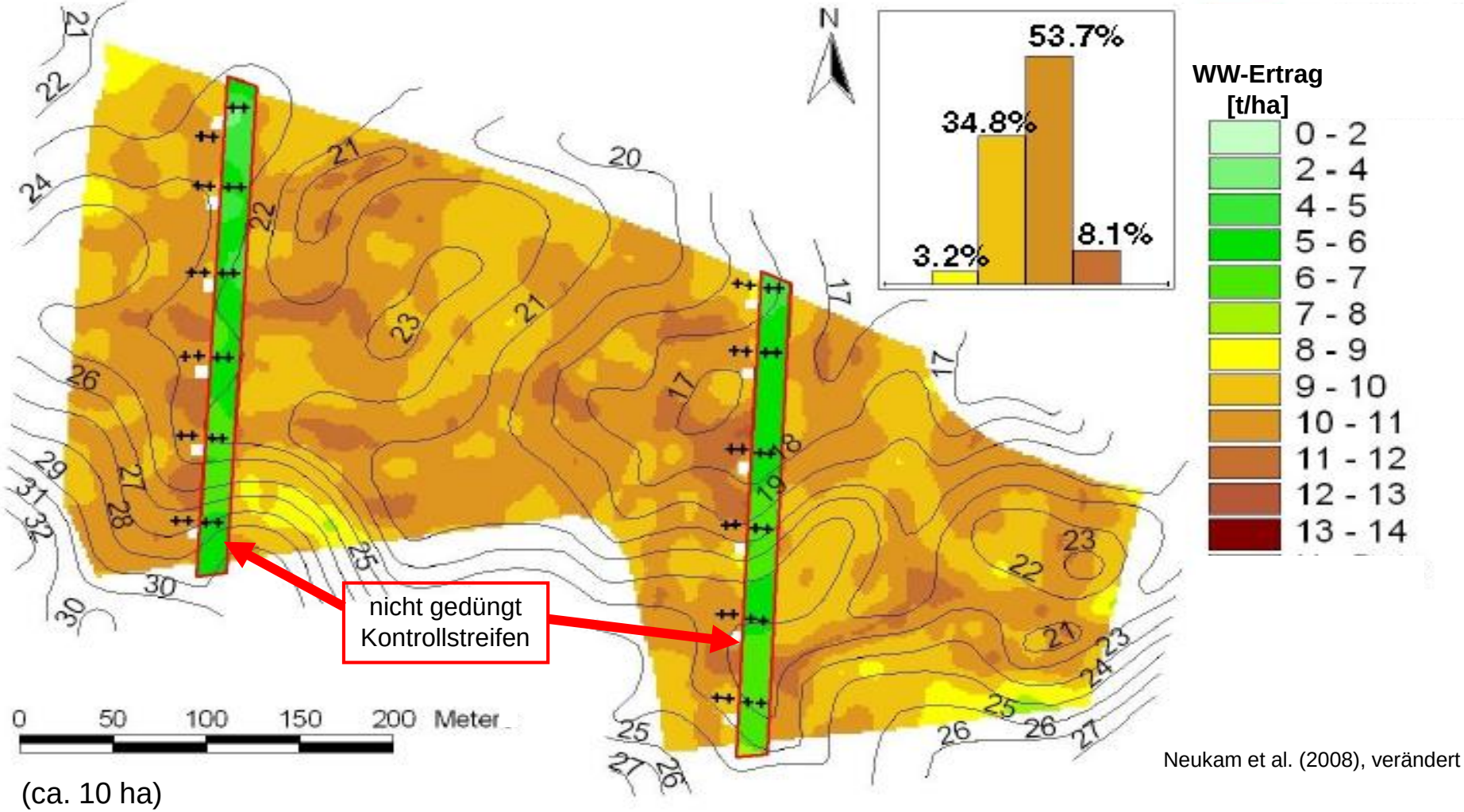
Heterogene Schläge sind die Regel

HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Teilflächenspezifische Erträge
(Winterweizen, Hohenschulen 2003)

HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

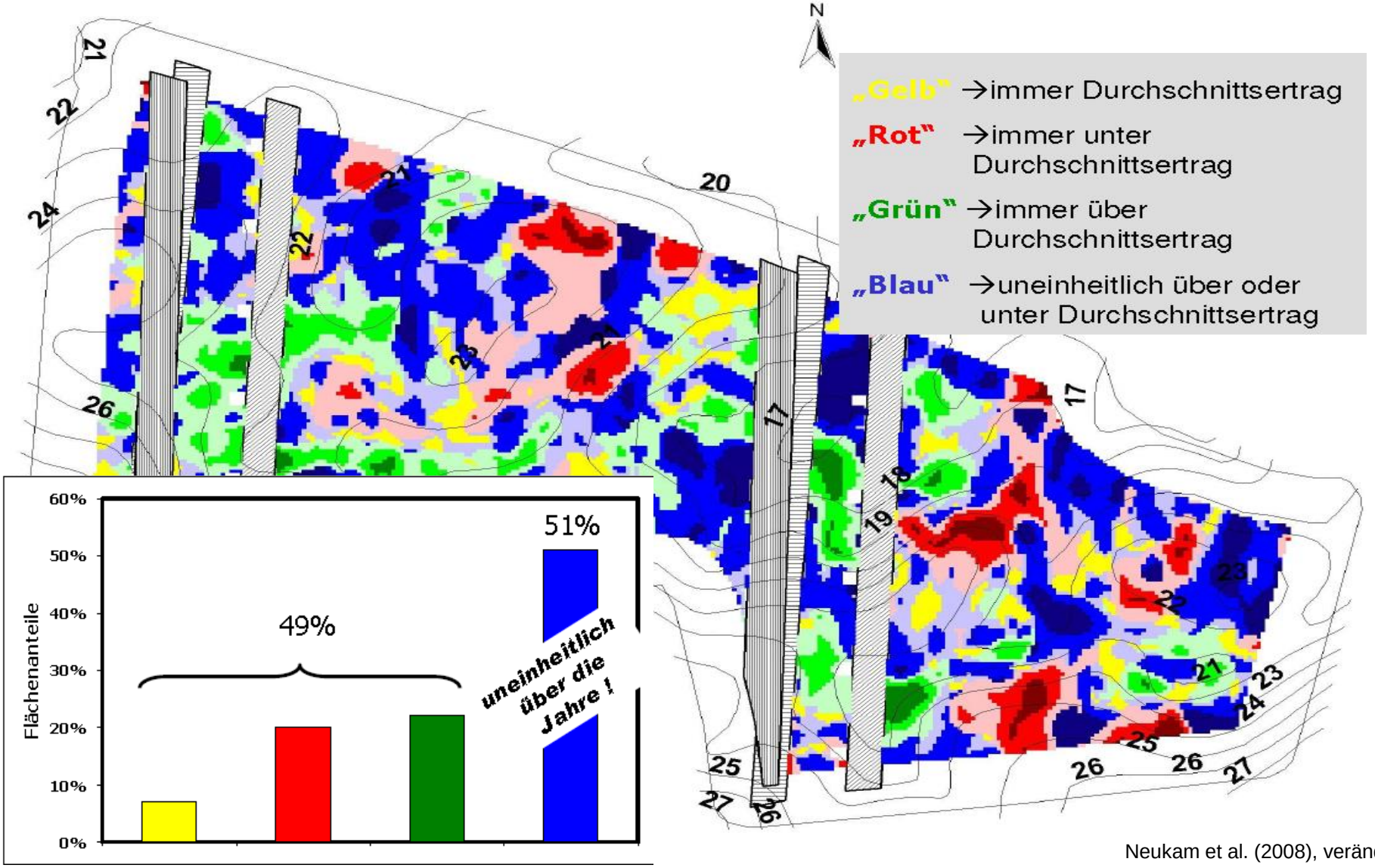


(ca. 10 ha)

Neukam et al. (2008), verändert

Teilflächenspezifische Erträge
(Winterweizen, Hohenschulen 2002, ´03, ´05)

HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Neukam et al. (2008), verändert

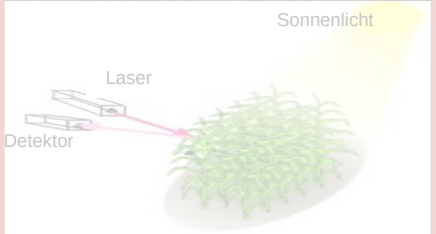
Sensor-Technologien zur Bestimmung der N-Versorgung

HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Schlepper-gestützte Systeme

Reflektion

Chlorophyll Fluoreszenz



Miniveg N

Biegewiderstand

CROP-Meter

Unterschiedliche N-Versorgung im Schlag wird erkannt

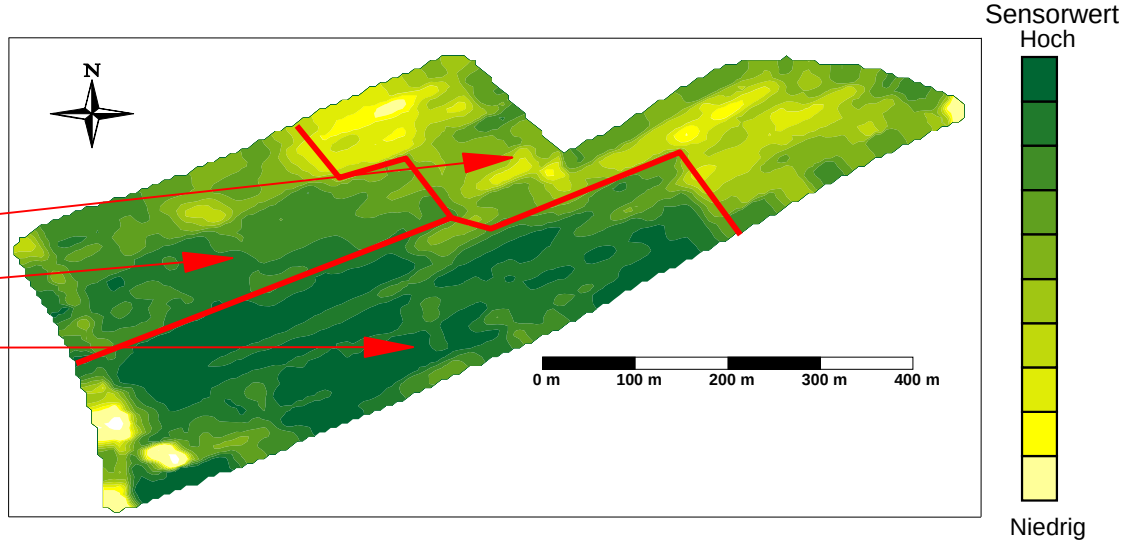
HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Sensorkarte

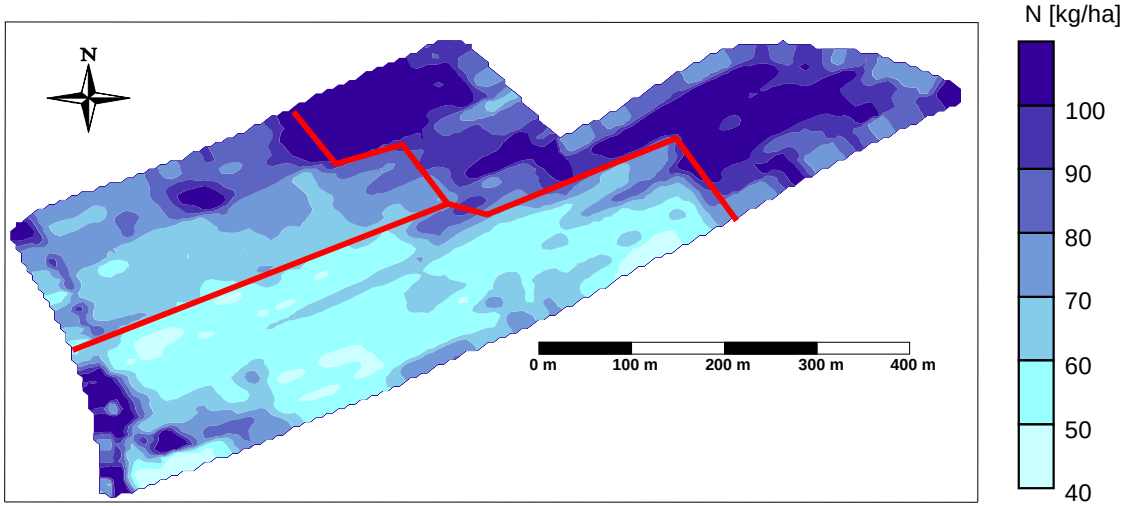
ohne Gülle

Rindergülle

Schweinegülle



N-Applikationskarte

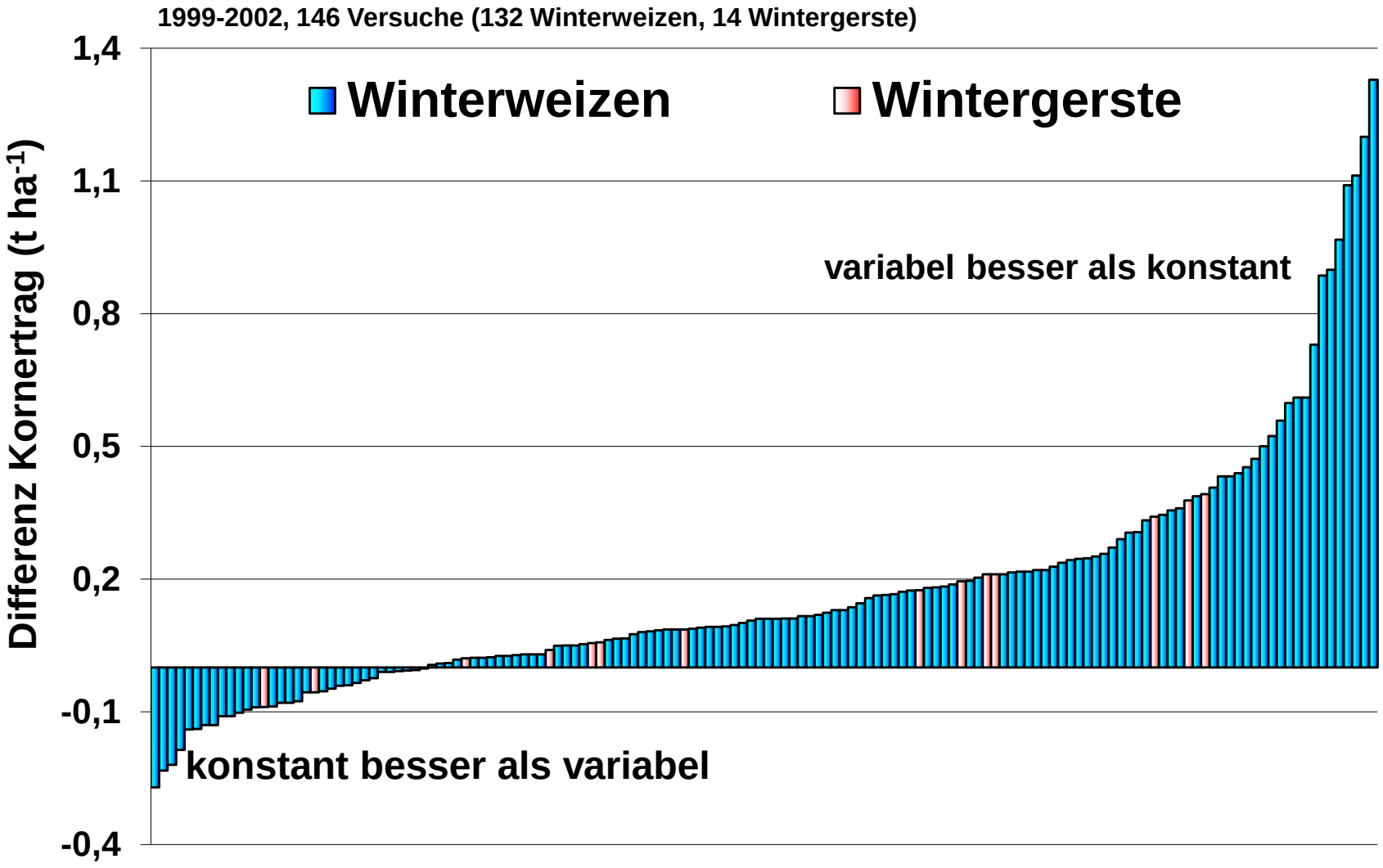


Praxisschlag Wintergerste, N-Sensormessung und N-Düngung 25.05.1999

Reusch (2006)

Ertragseffekte bei variabler N-Düngung

HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



im Durchschnitt: +0,17 t/ha (+ 2,2 %)

Jasper (2006)

Fazit Teilflächen spezifische N-Düngung

HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

- **N-Düngebedarf kann sehr unterschiedlich innerhalb eines Schlages sein**
- **für den Praxiseinsatz stehen verschiedene Schlepper-gestützte Sensor-Systeme zur Verfügung**
- **die Berücksichtigung der Flächen-Inhomogenität kann u.a. zu folgenden Vorteilen führen**
  - höhere Erträge
  - gleichmäßigere Bestände
    - Effizienterer Einsatz von Wachstumsreglern und PSM
    - Anstieg der Qualität
    - Erleichterung von Erntemaßnahmen
  - optimierte N-Effizienz

Bakterien-Präparat „Azotovit“

HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

500.000.000.000.000.000 MO pro ha (10 cm)

Im Wurzelbereich (Rhizosphere) der Pflanze herrschen besondere Bedingungen. Wenn ein Gramm des Bodens außerhalb der Rhizosphere 5 – 10 Millionen Mikroorganismen enthält, so sind es im Wurzelbereich schon 1 – 10 Milliarden.

…… wobei AZOTOVIT den Luftstickstoff bindet und der Pflanze zur Verfügung stellt (Symbiose).

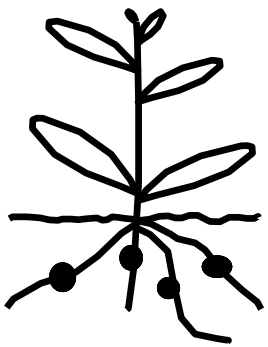
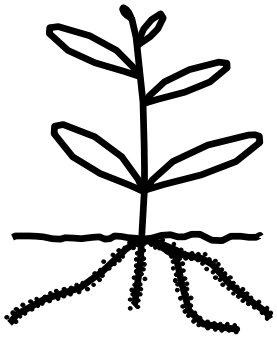
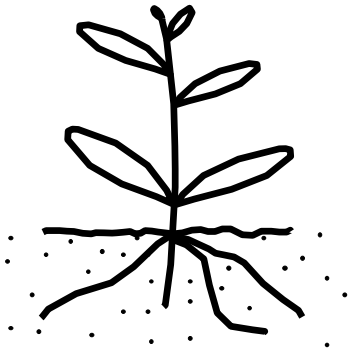
Konzentration AZOTOVIT: 5 Milliarden Mikroorganismen je Milliliter

http://www.twin-n.de/azotovitwirk.pdf

100.000.000.000.000 MO bei 20 L/ha

N_2-Fixierung: Lebensformen der Bakterien

HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

	 Symbiose (z.B. *Rhizobium, Actinomycetes*)	 Assoziation (z.B. *Azospirillum, Azotobacter*)	 frei lebend (z.B. *Azotobacter, Klebsi-ella, Rhodospirillum*)	
Energiequelle (organischer Kohlenstoff)	Zuckerverbindungen der Wirtspflanze	Wurzelexudate	heterotroph: Planzen-rückstände	autotroph: Photo-synthese
Schätzung fixierter N (kg N ha^{-1} a^{-1})	20 - 400	10-200	1-2	10-80

Feldversuch 2011
Bakterien-Präparat „Azotovit“

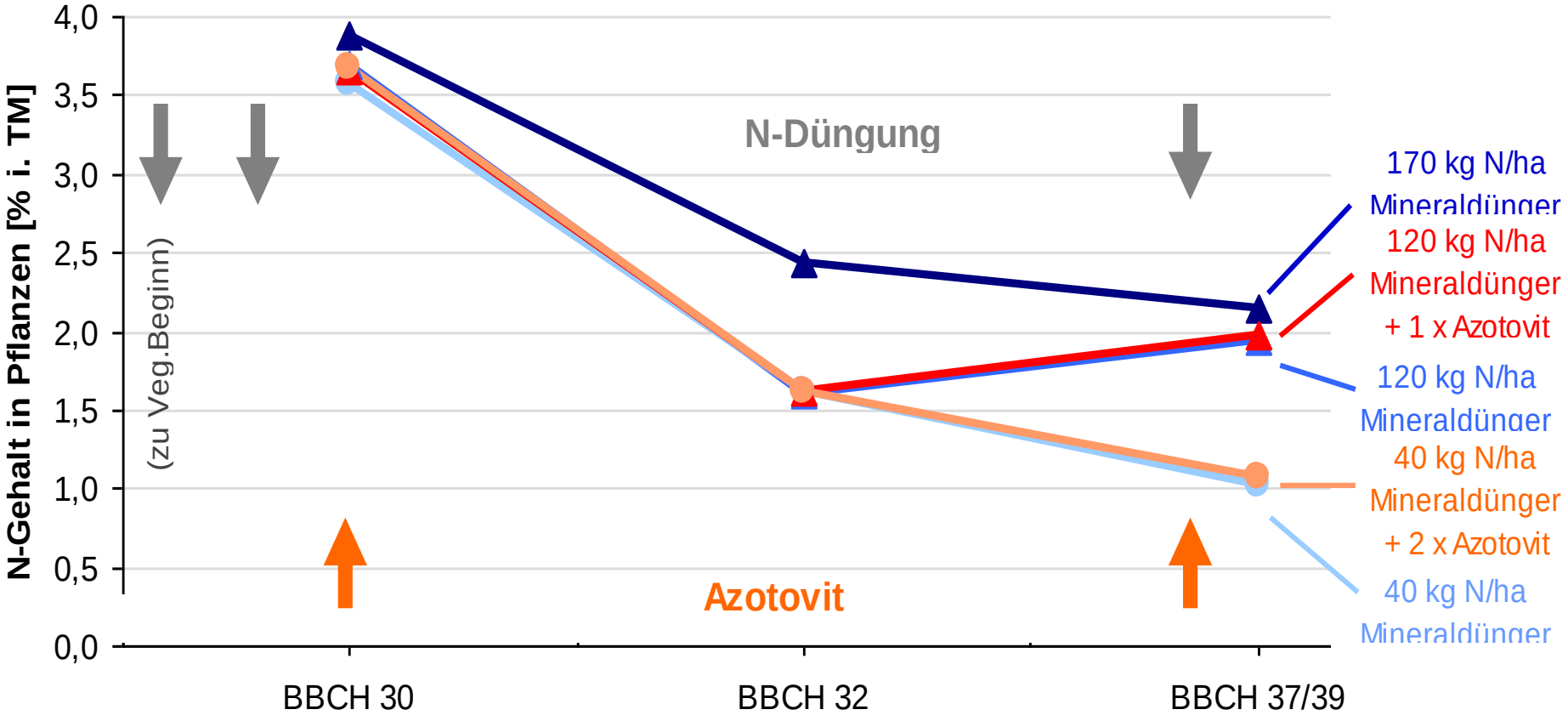
HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

kg N/ha (Dünger) bzw . Azotovit-Ausbringung in l/ha

zu Veg.Beginn	BBCH 25-29	BBCH 34-37	Summe N*
40 (ASS)	50 (KAS)	80 (KAS)	170
40 (ASS)	0,5 Azotovit	80 (KAS)	120 + Azotivit
40 (ASS)		80 (KAS)	120
40 (ASS)	0,5 Azotovit	0,5 Azotovit	40 + 2 x Azotovit
40 (ASS)			40

* zzgl. 31 kg/ha Nmin 0-90 cm

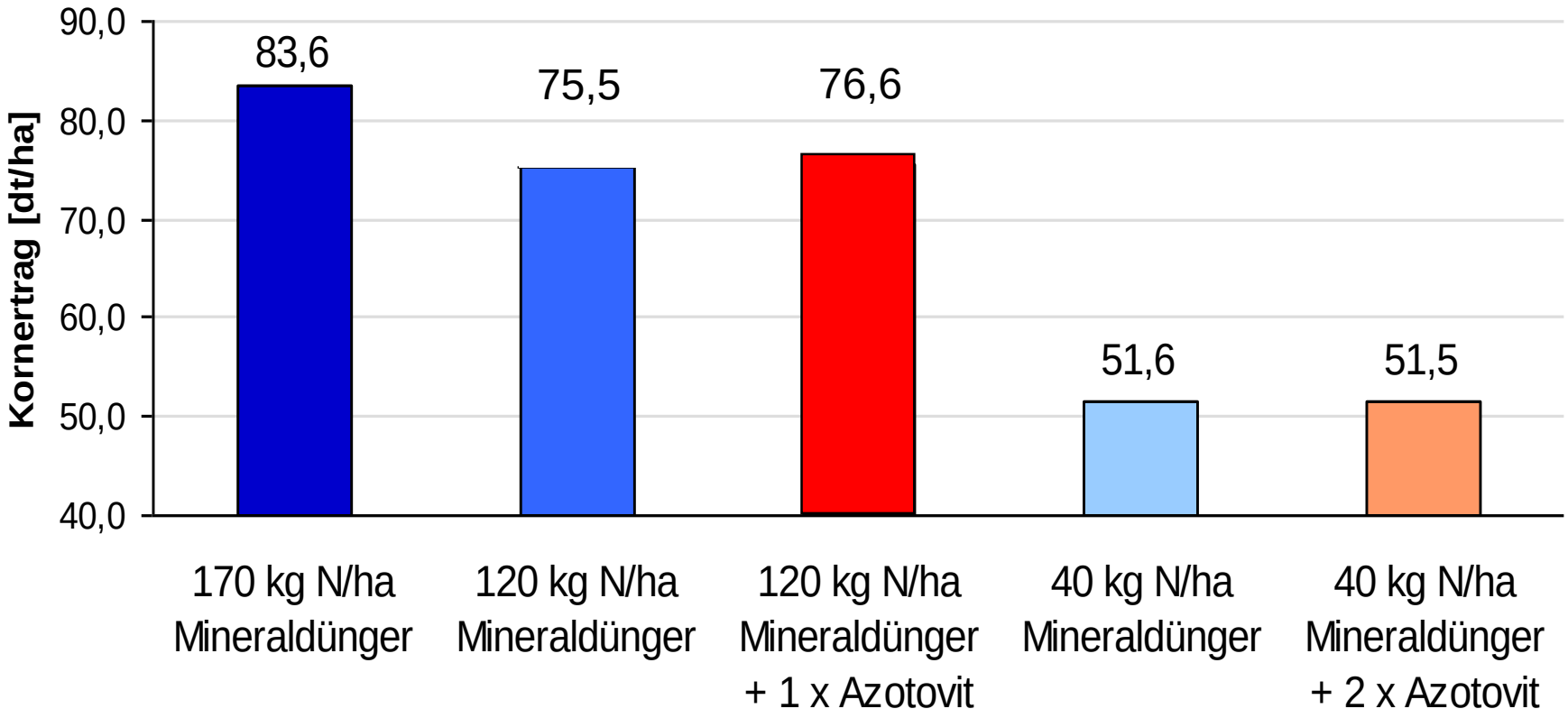
Veränderung der N-Gehalte im Blatt während der Vegetationsperiode



Keine Wirkung von Azotovit auf die N-Versorgung der Pflanzen nachweisbar!

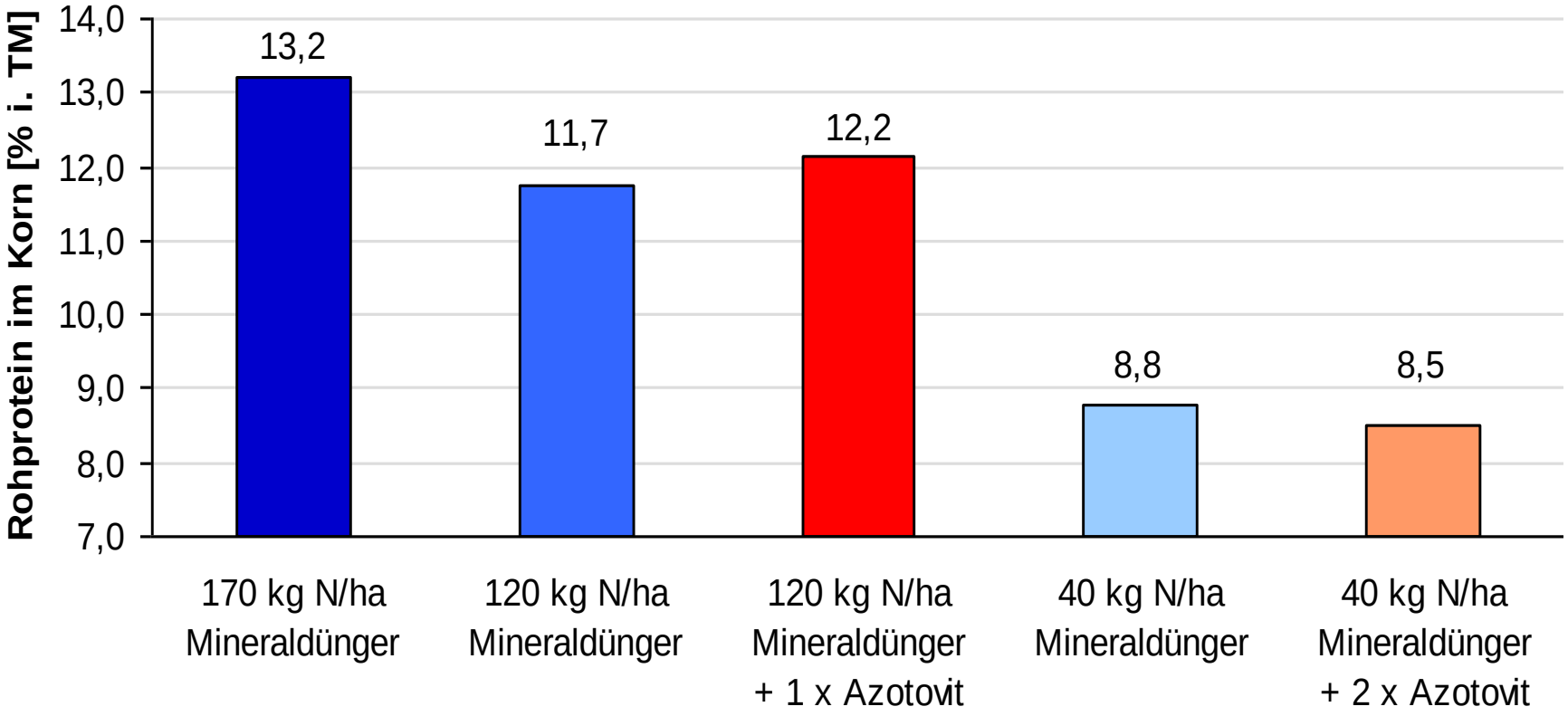
Feldversuch 2011
Bakterien-Präparat Azotovit: Ertragsdaten

HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Keine Wirkung von Azotovit auf den Ertrag nachweisbar!

Feldversuch 2011
Bakterien-Präparat Azotovit: Rohprotein



Keine Wirkung von Azotovit auf den Rohproteingehalt nachweisbar!

Gesamt-Fazit

HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

- Auswirkungen der neuen Dünge-VO für Ackerbau nicht gravierend
- für hohe N-Effizienz müssen alle Wachstumsfaktoren beachtet werden, z.B.
    - pH-Wert Variabilität in der Fläche
    - Mangan-Versorgung
- Einsatz von Tools zur Beurteilung des N-Versorgungszustands ermöglicht flexible N-Düngung
- Flächenheterogenität erfordert variable N-Düngung
- „Alternative N-Zufuhr“: unabhängige Überprüfung durch Offizialberatung notwendig!