Optimierung der N-Effizienz durch intelligente Düngesysteme

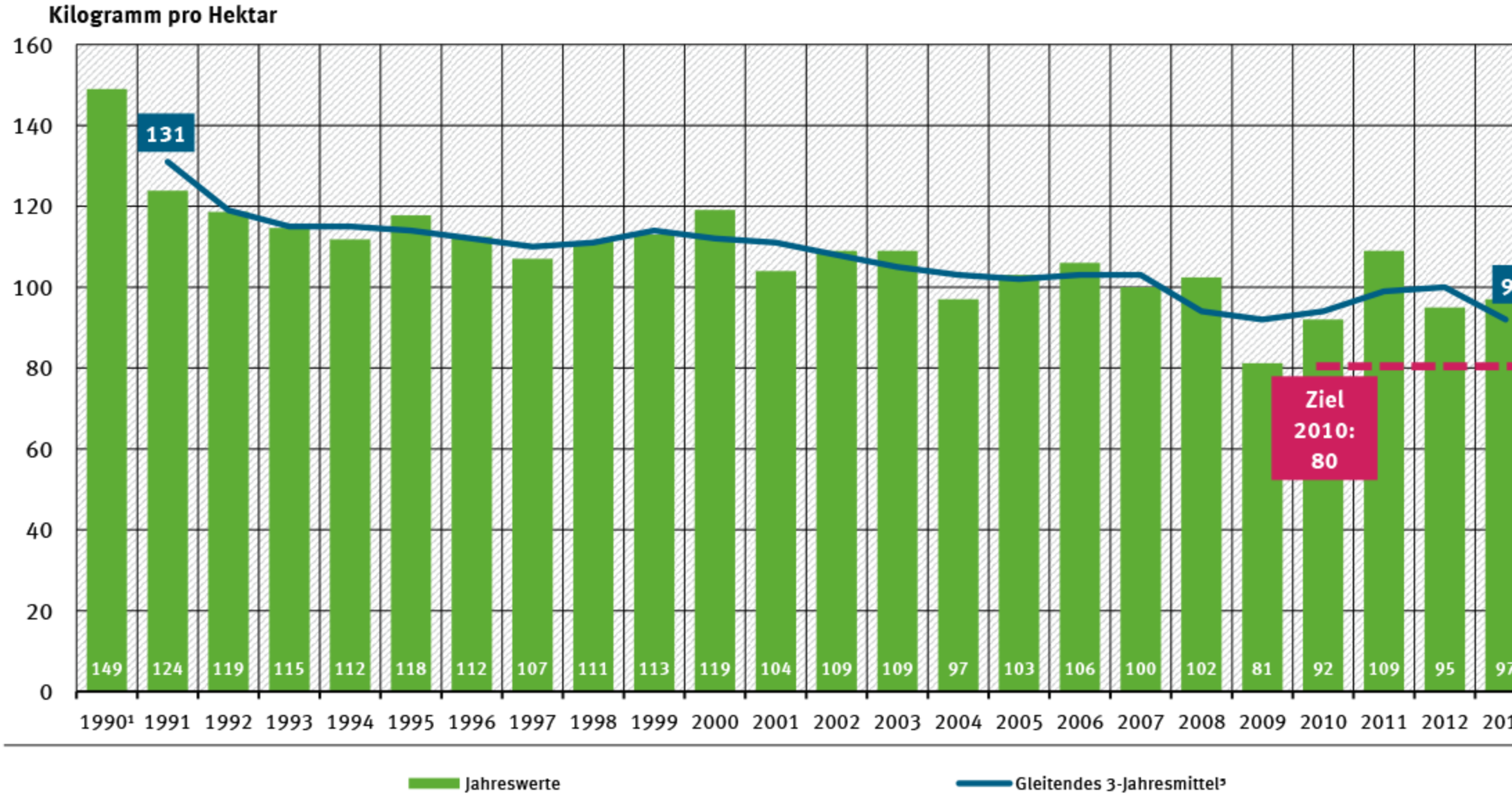
F.-X. M a i d l

Lehrstuhl Ökolog. Landbau und Pflanzenbausysteme, Weihenstephan

SKW-Fachtagungen in Bayern „Düngung 2016“

Stickstoffüberschuss der Landwirtschaft

Saldo der landwirtschaftlichen Stickstoff-Gesamtbilanz in Bezug auf landwirtschaftlich genutzte Fläche



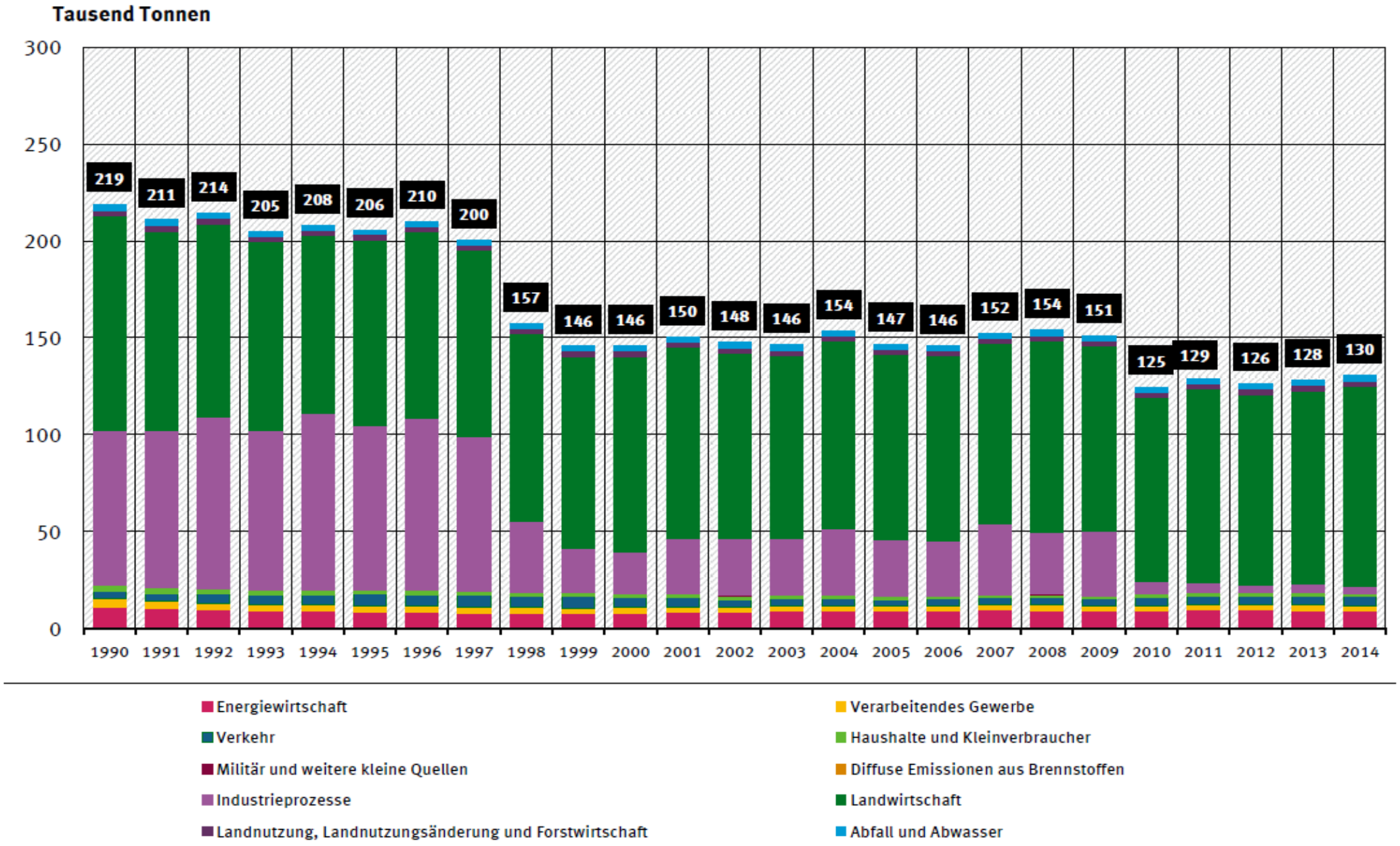
¹ Datenbasis zum Teil unsicher

Quelle: JKI – Julius Kühn-Institut (2016) Stickstoff-Bilanzen für die Landwirtschaft in

Welche Probleme in der Düngung bestehen bzw. sind zu lösen?

- Hohe N-Salden (Durchschnitt der BRD ca. 80 kg N/ha u. J.), Nitrat im Grundwasser
- Hohe Lachgasbildungen, klimarelevant, Ozonloch (79 % der Lachgasbildung von der Landwirtschaft)
- Hohe NH3-Ausgasungen

Distickstoffoxid-Emissionen nach Kategorien



Optimierung der N-Effizienz durch intelligente Düngesysteme

- Düngung mit Pflanzensensoren - Die Pflanze fragen was sie an Nährstoffen braucht

- Moderne N-Dünger (zur Minderung der Lachgasbildung)

Düngung bisher:

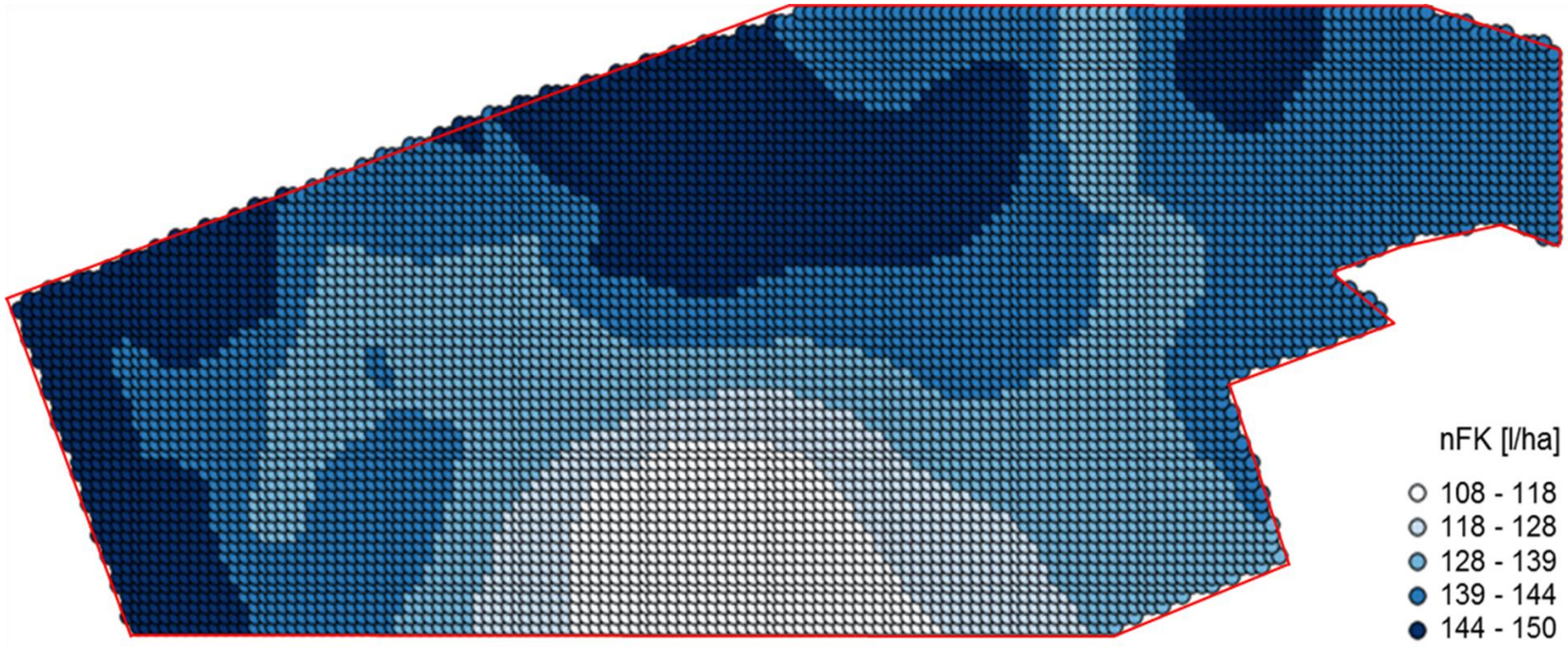
- Bodenuntersuchung, maximal eine Untersuchung pro Jahr
- Flächeneinheitliche Düngung auf gesamten Schlag

Warum Düngung mit Pflanzensensoren I

- Heterogene Flächen bedingen eine Variabilität der Erträge und des Nährstoffbedarfs;

- Flächeneinheitliche Düngung führt auf heterogenen Flächen zu mehr oder minder großen (N-)Über- oder (N-)Unterbilanzen auf Teilflächen

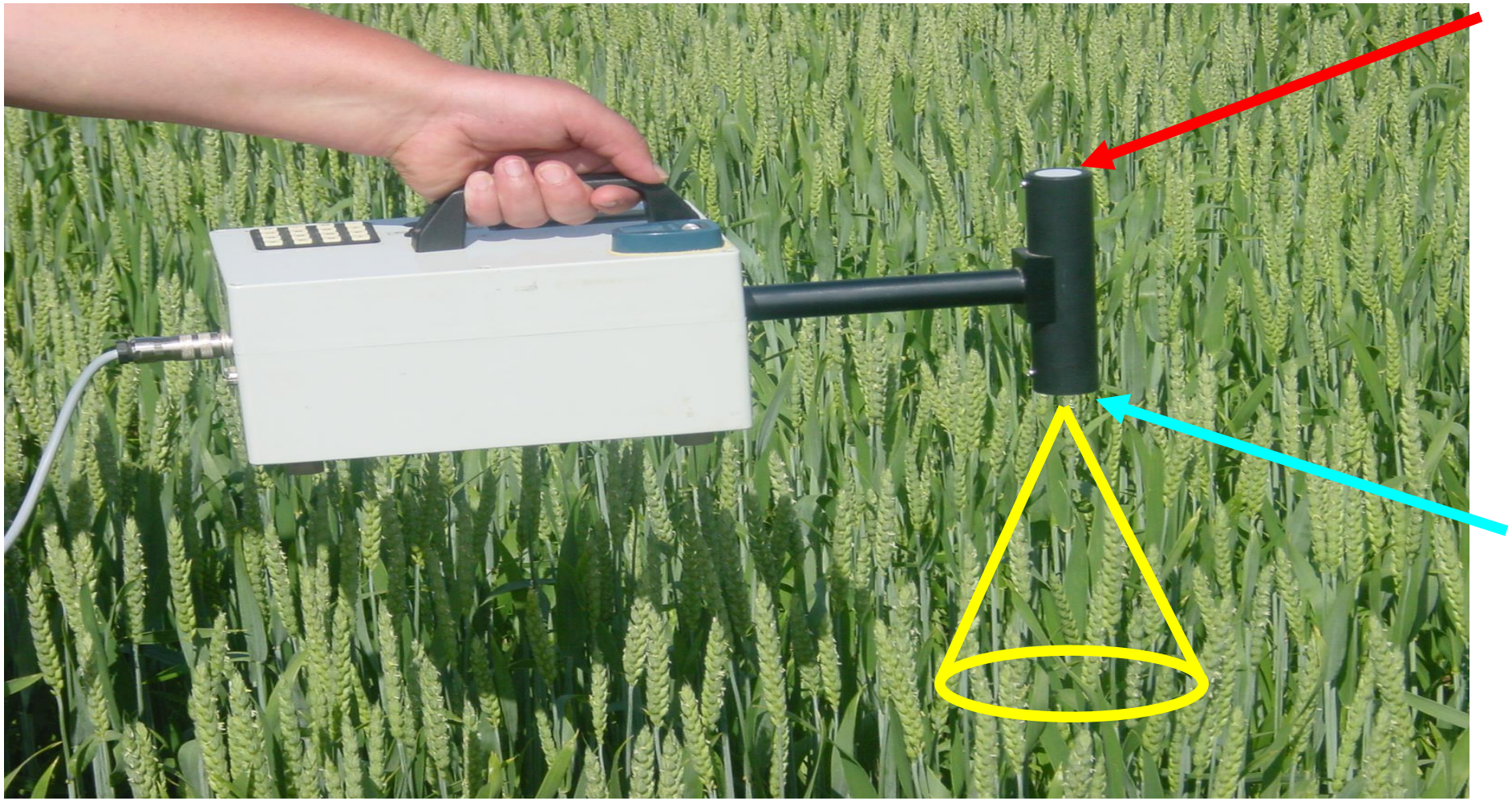
Wechselnde Boden-Bedingungen in einem Schlag



Warum Düngung mit Pflanzensensoren II

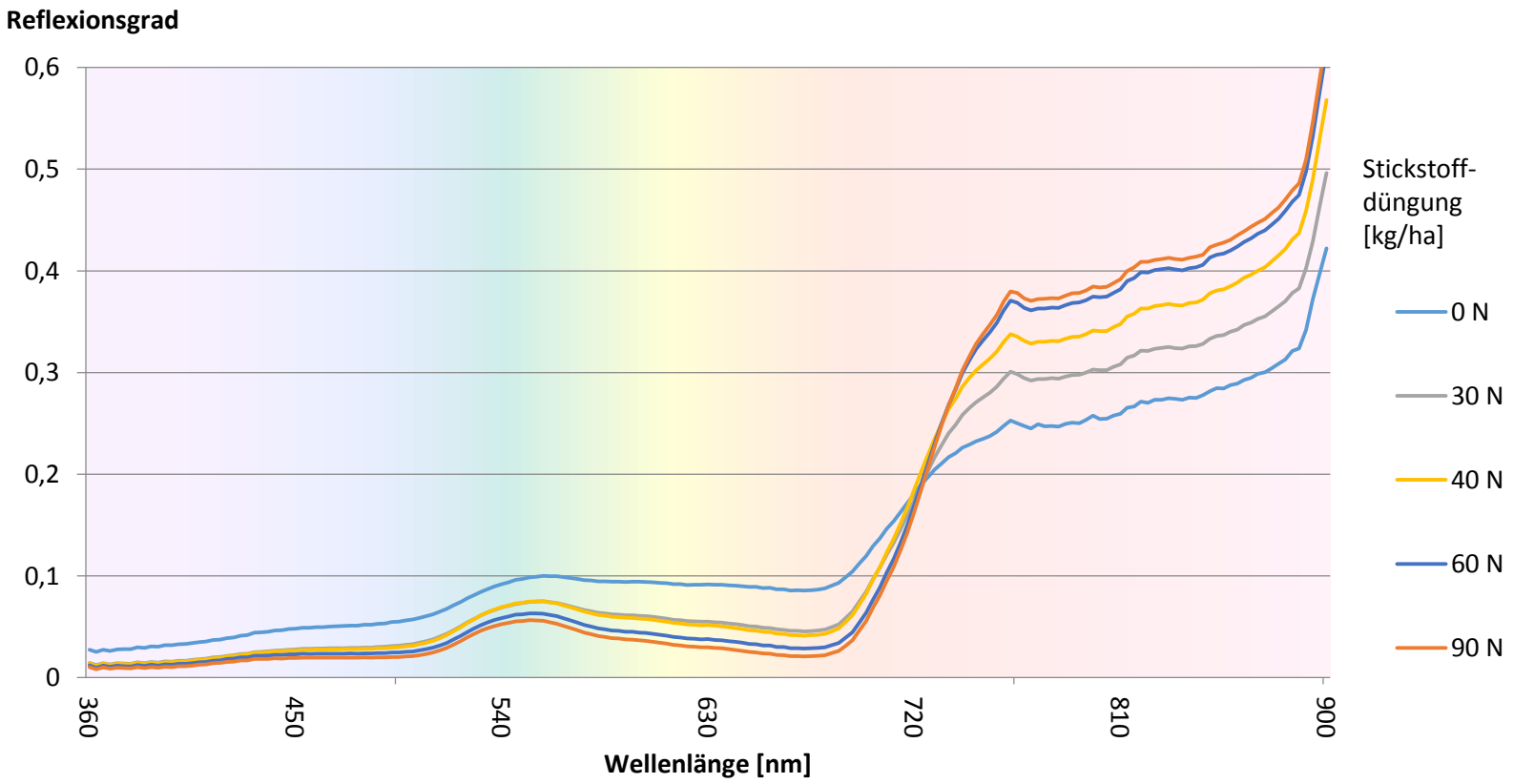
- Unkenntnis der Nährstoffverfügbarkeit aus organischen Düngern erschwert Abschätzung des Mineraldüngerbedarfs
  - Nährstoffgehalte in der Gülle unterliegen Schwankungen
  - In Abhängigkeit der aktuellen Witterung unterschiedliche Verluste bei der Ausbringung
  - In Abhängigkeit der Jahreswitterung unterschiedliche Nährstofffreisetzung aus dem Boden

Funktionsprinzip - Reflexionsmessungen



Feldspektrometer im Einsatz

Reflexionskurven von Winterweizen unterschiedlicher Stickstoffdüngung



Yara ALS

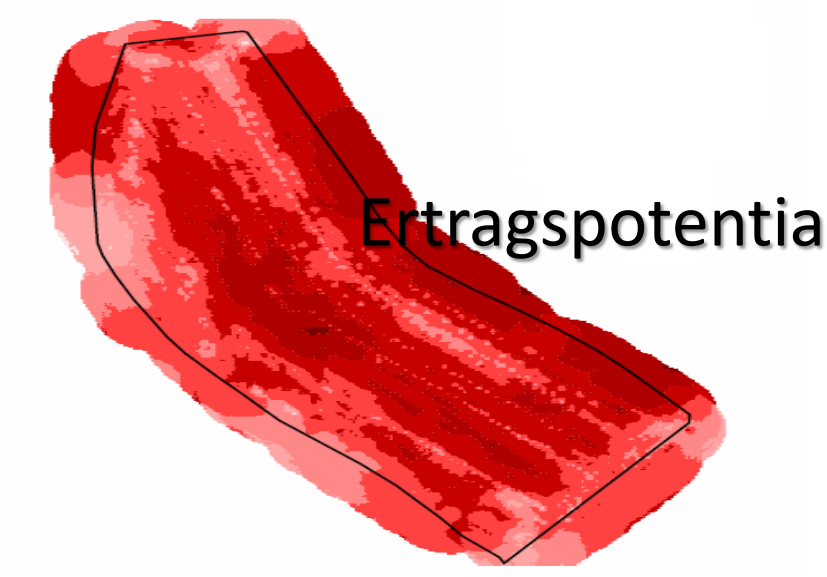
Sensorsysteme verschiedener Hersteller

NT Greenseeker, USA

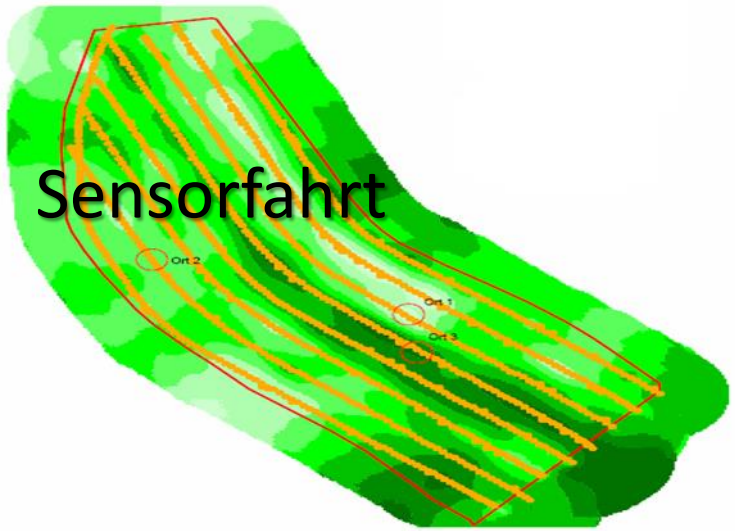
Multispektralsensor DIMA 220-2014

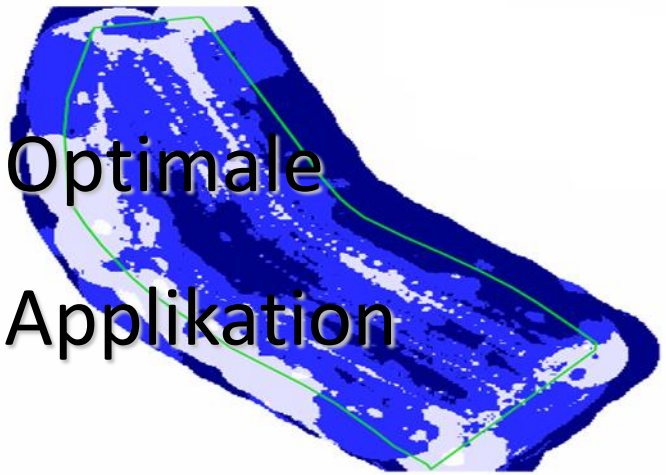
Fritzmeier Isaria mit DIMA Düngesystem

Modell der Sensordüngung online mit map-overlay

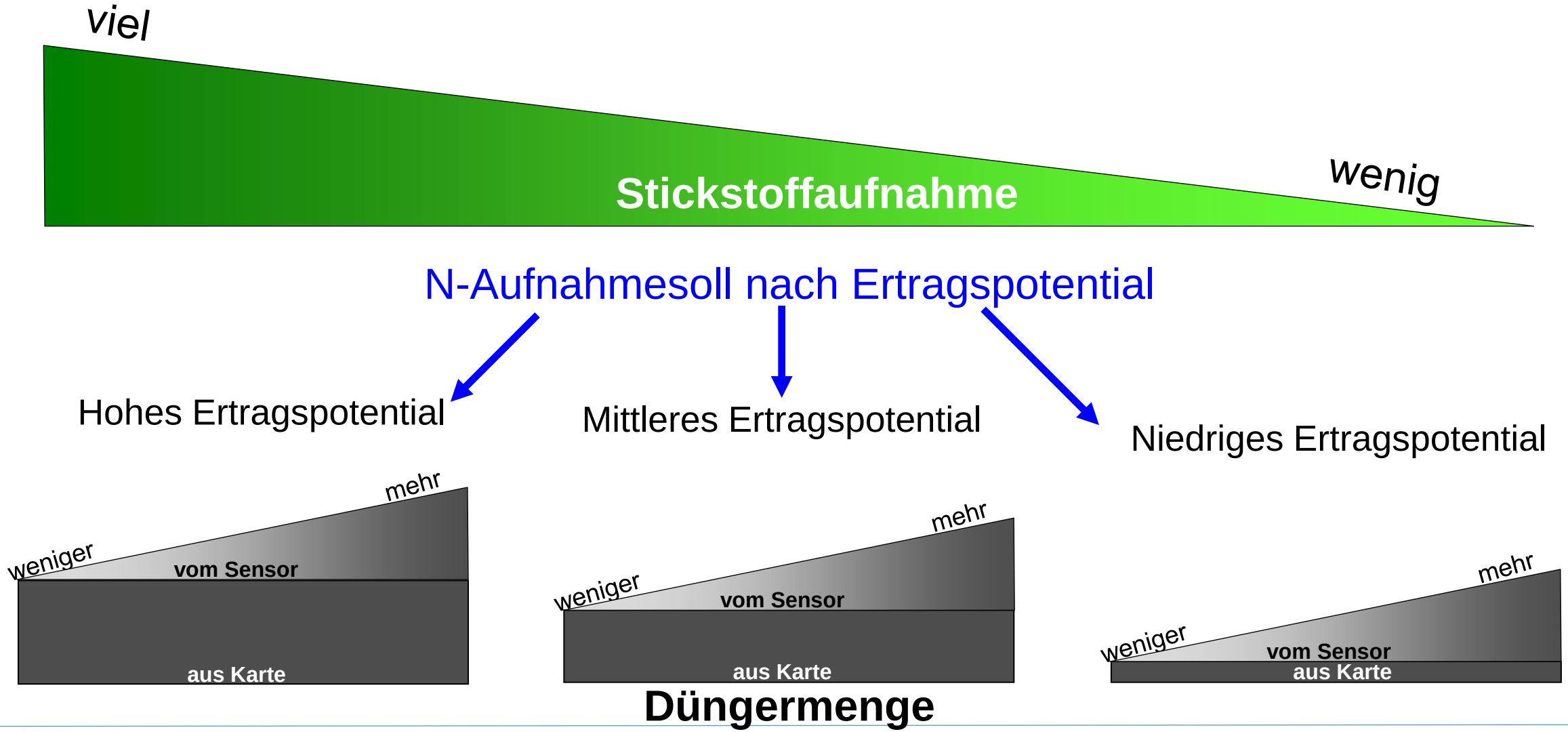


+





Düngerbemessung bei „Online mit Map-Overlay“

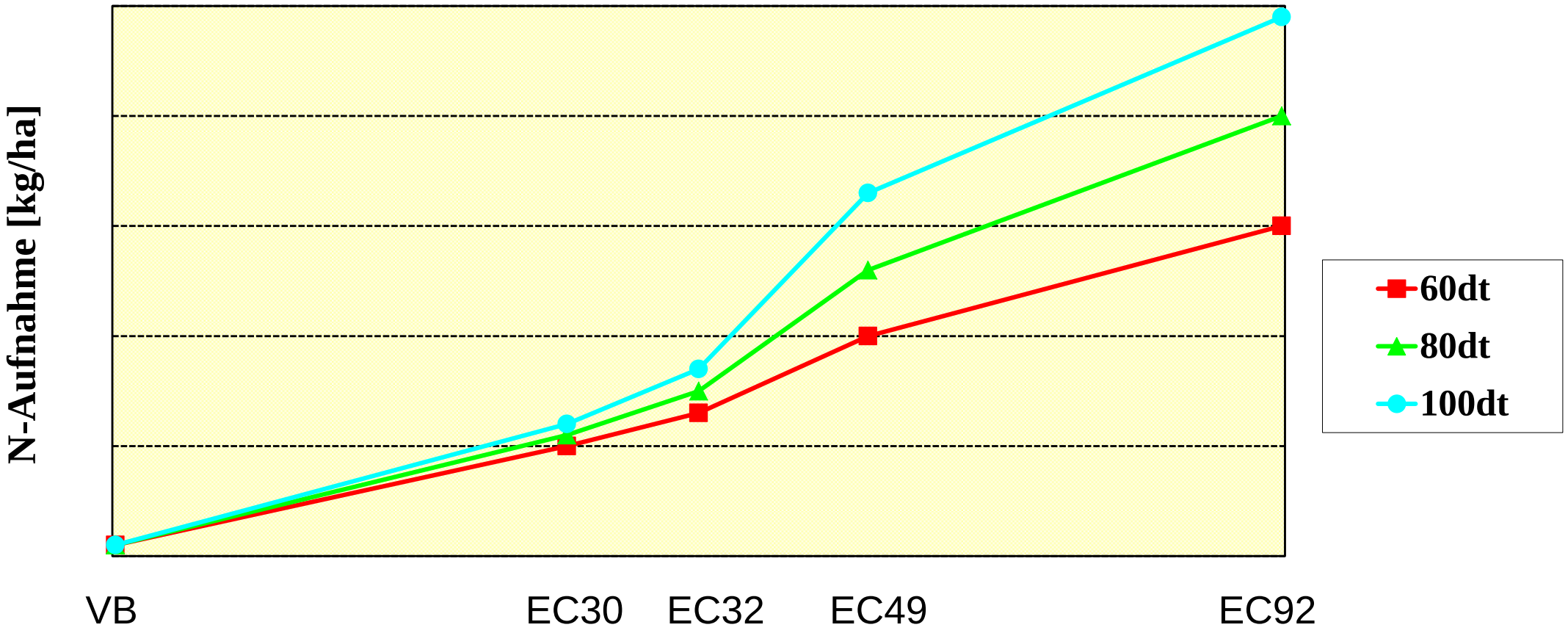


Optimale N-Aufnahmewerte für Winterweizen

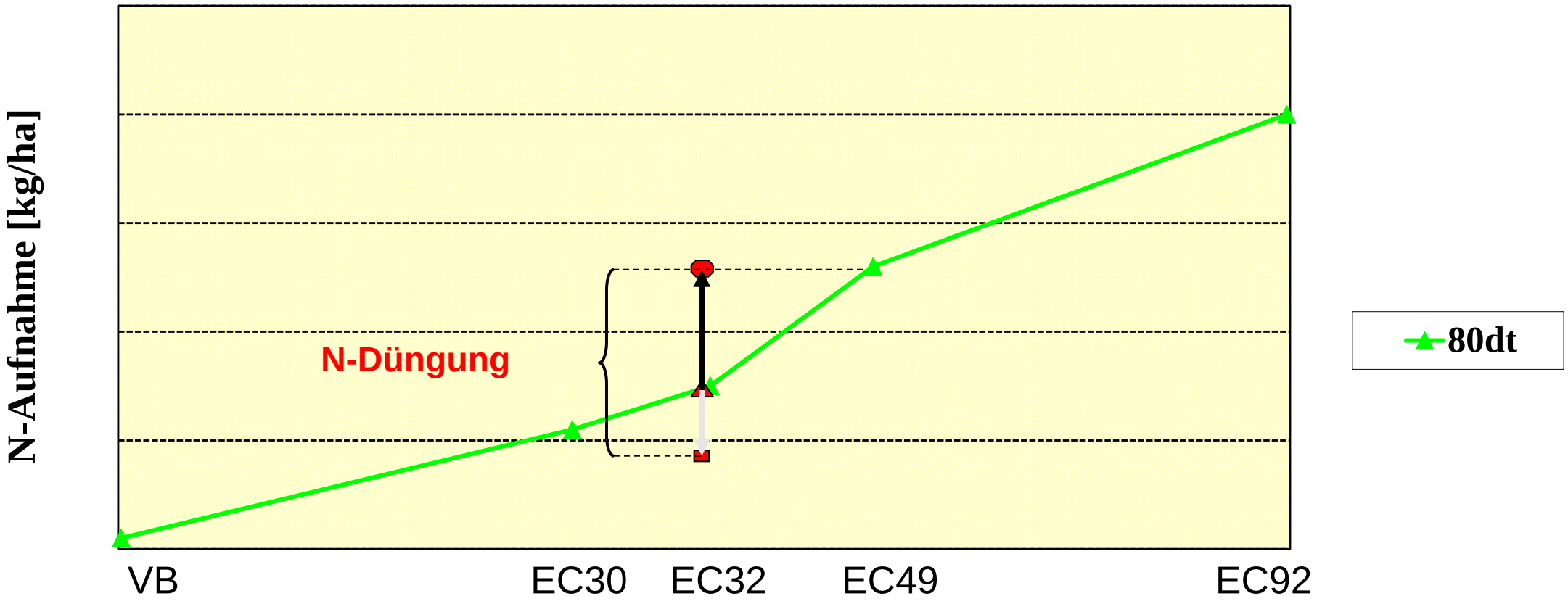
- Für unterschiedliche Ertragspotentiale der Teilschläge von 5 bis 11 t/ha
- Für verschiedene Verwertungsrichtungen (z.B. E-, A-, B-, C-, K-Weizen)
- Für verschiedene Entwicklungsstadien von EC 30 bis EC 65

Ähnliche Systeme existieren für 2- und mehrzeilige Wintergerste, Winterroggen und Winterraps

Optimale N-Aufnahmekurven für Brotweizen



Ermittlung der Düngermenge im Modell DIMA

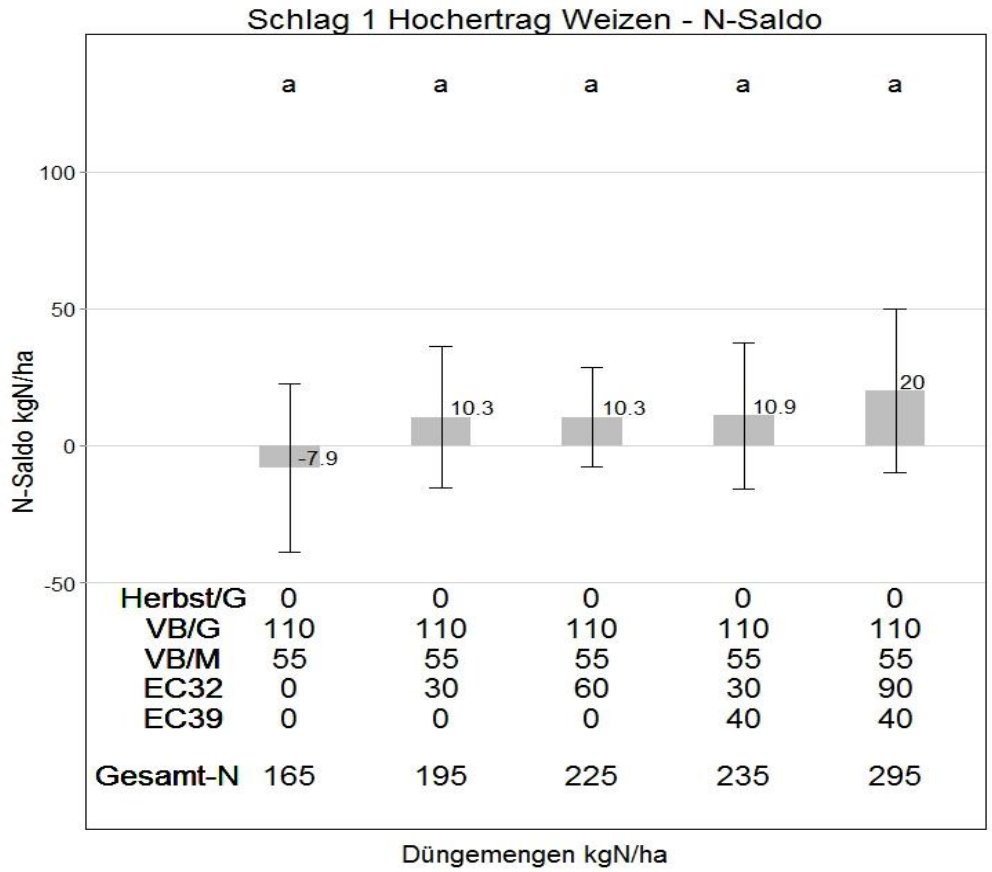


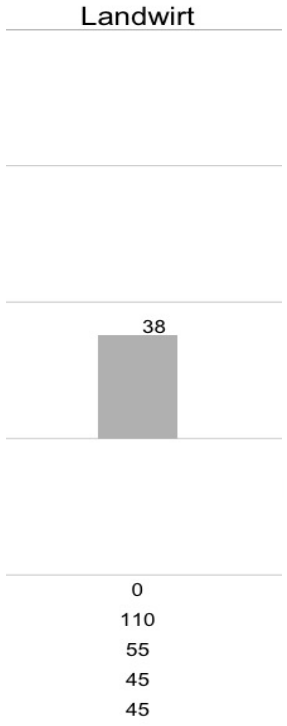
N-Düngung = (Zielwert zum Düngetermin – aktuelle N-Aufnahme

+ N-Aufnahme bis zur nächsten Düngung) * DIMA

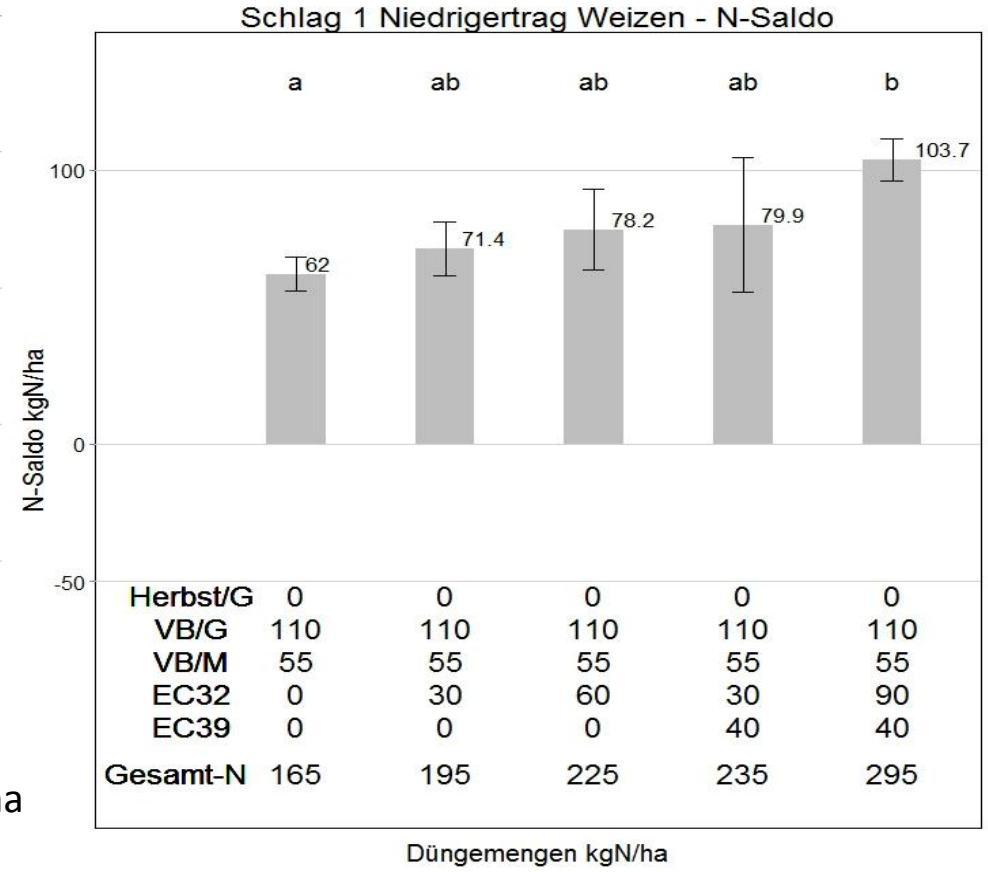
Wirkung differenzierter N-Düngung von Winterweizen auf den N-Saldo

(Standort mit mäßiger organischer Düngung, ohne Herbstgülle)

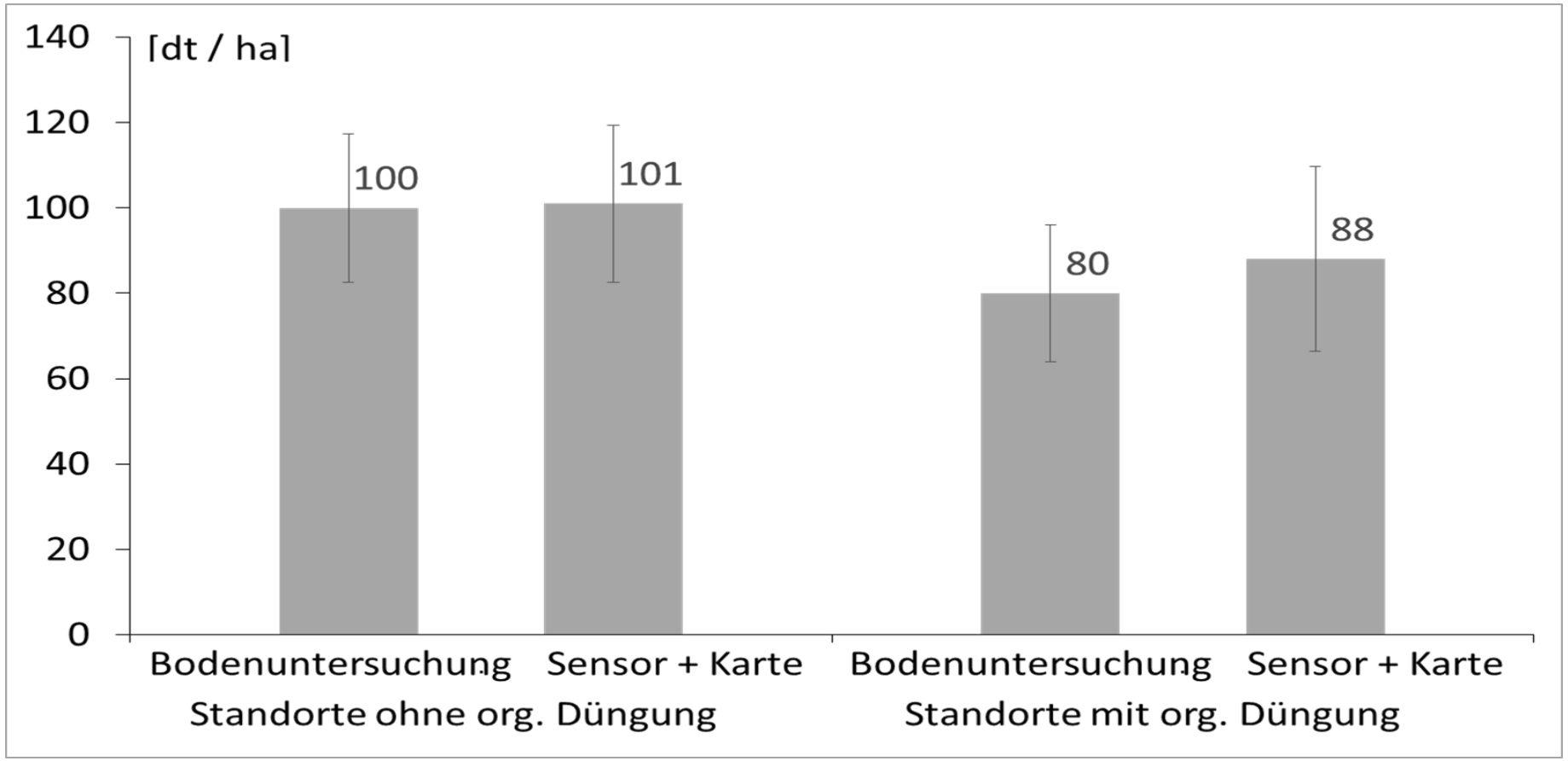




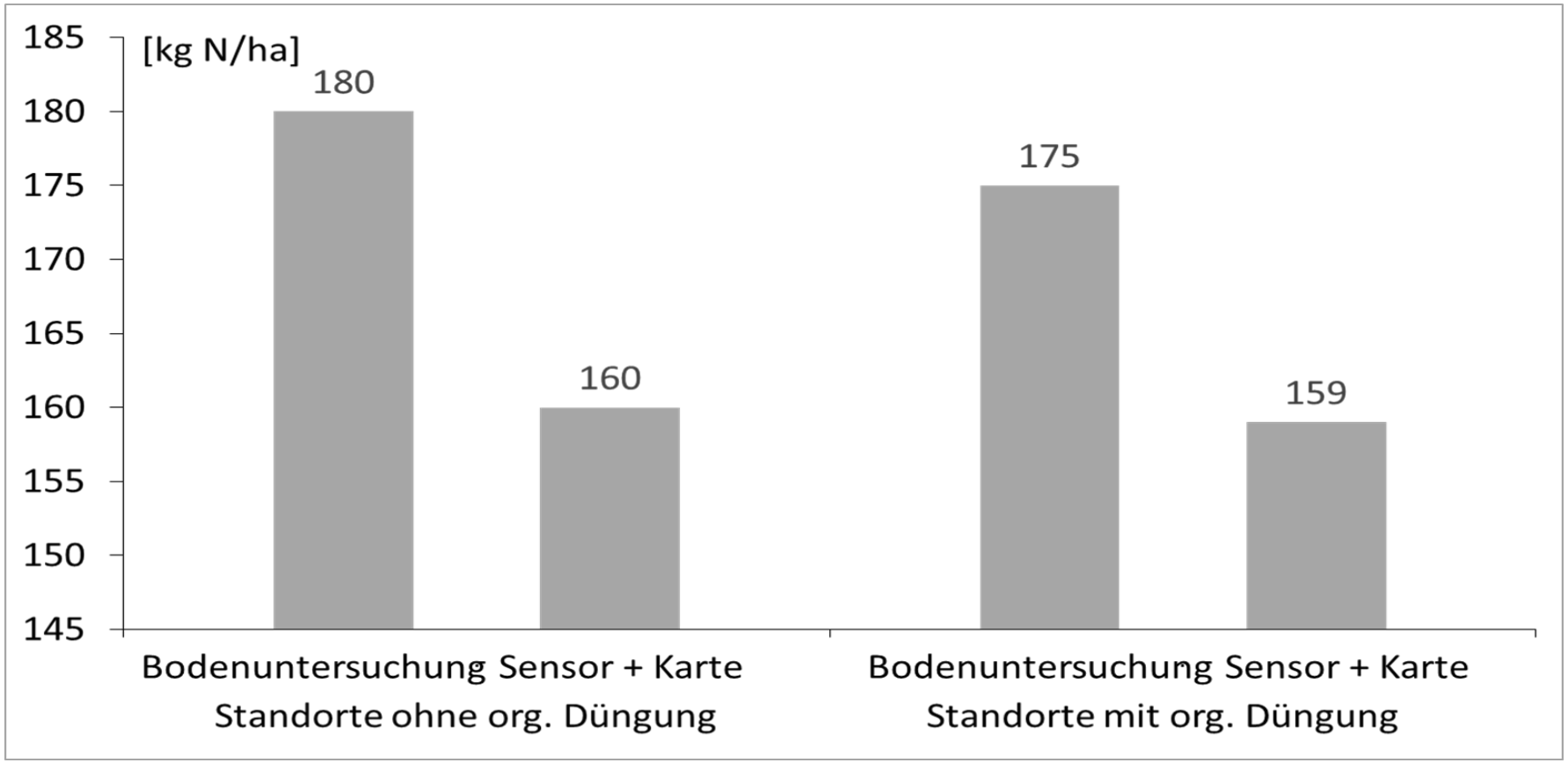
Gesamt-N 255
Düngemengen kgN/ha



Winterweizenerträge bei Düngung nach Bodenuntersuchung mit Sensordüngung auf Standorten mit und ohne organischer Düngung (Hohenthann 2015)

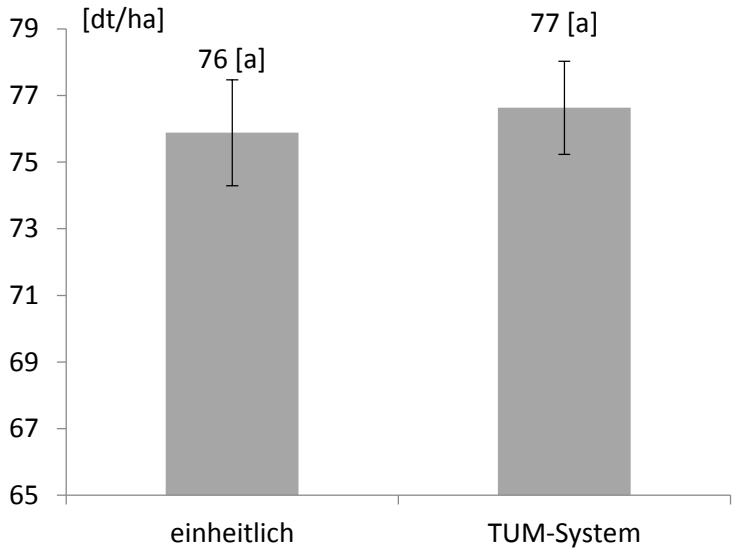


N-Düngermengen zu Winterweizen nach Bodenuntersuchung und nach Sensor auf Standorten mit und ohne organischer Düngung (Hohenthann 2015)

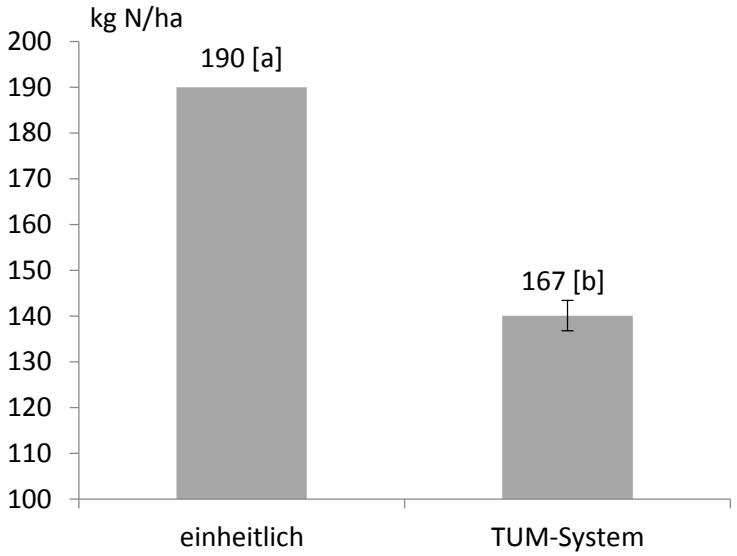


Ergebnisse von Streifenversuchen zu Wintergerste

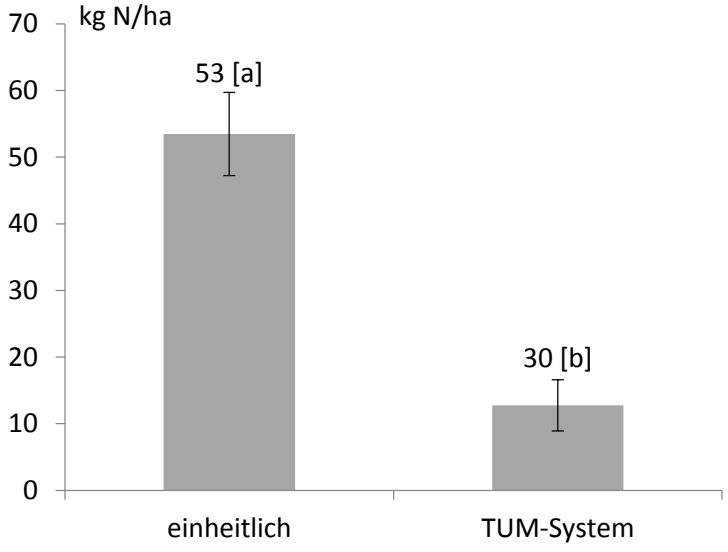
(Roggenstein 2013, keine org. Düngung)



Kornertrag



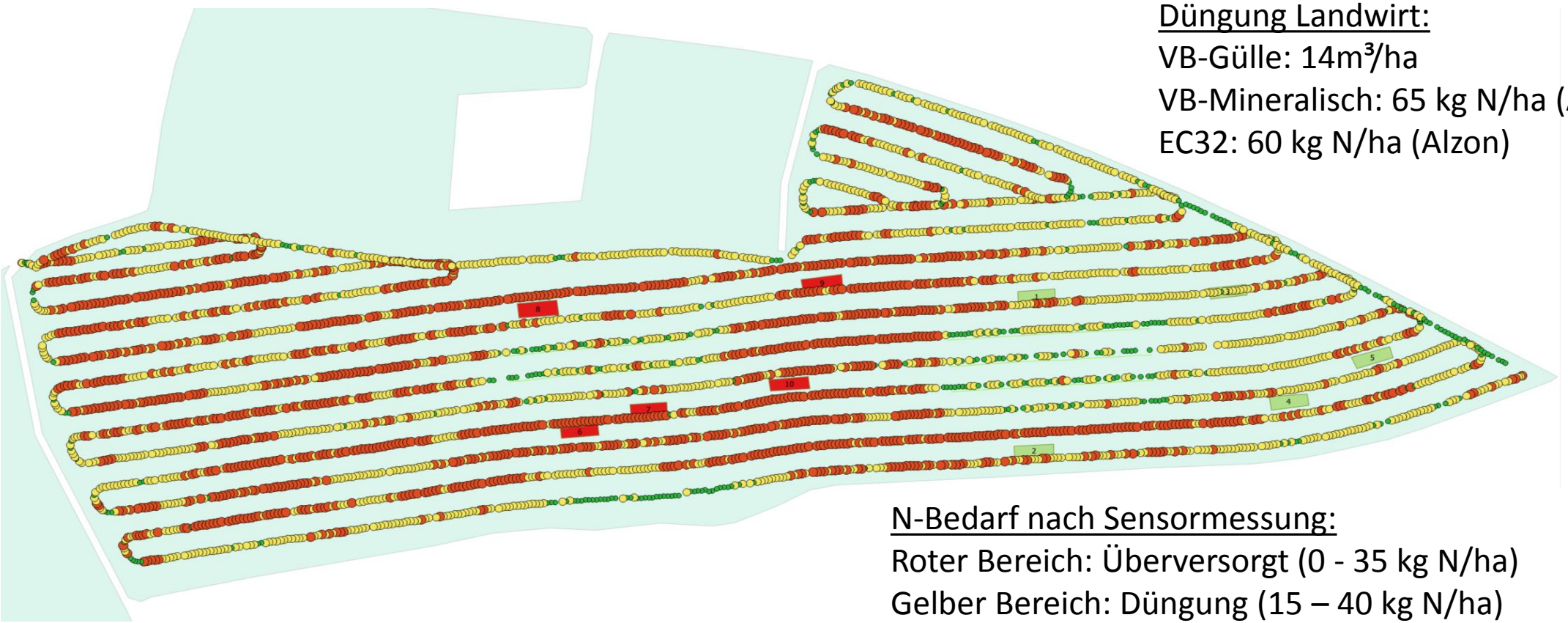
N-Düngermenge



N-Saldo

*einheitlich, N-Menge nach Bodenuntersuchung

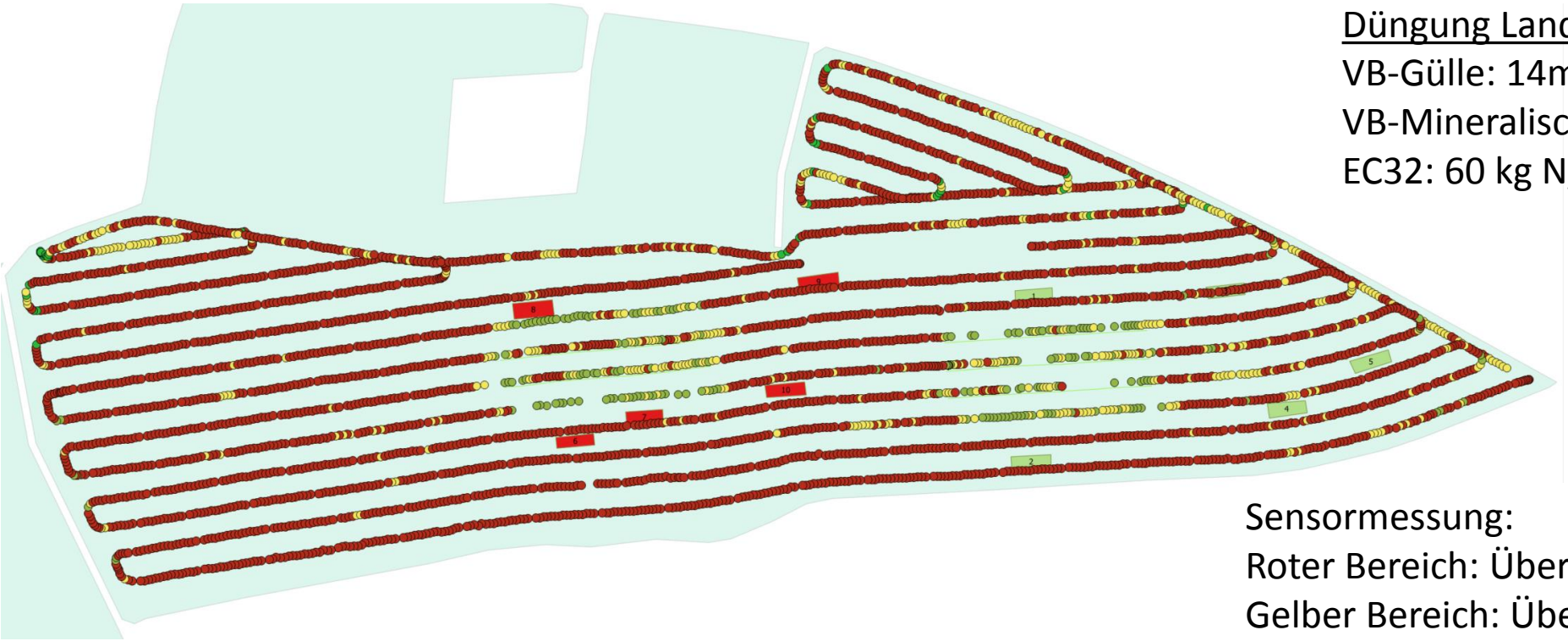
Sensormessung Traktor Gerste EC 32, Standort hohe N-Nachlieferung



<u>Düngung Landwirt:</u>
VB-Gülle: 14m³/ha
VB-Mineralisch: 65 kg N/ha (ASS)
EC32: 60 kg N/ha (Alzon)

<u>N-Bedarf nach Sensormessung:</u>
Roter Bereich: Überversorgt (0 - 35 kg N/ha)
Gelber Bereich: Düngung (15 – 40 kg N/ha)
Grüner Bereich: Düngung (40 – 80 kg N/ha)

Sensormessung Traktor Gerste – EC 65, Standort hohe N-Nachlieferung



<u>Düngung Landwirt:</u>
VB-Gülle: 14m³/ha
VB-Mineralisch: 65 kg N/ha (ASS)
EC32: 60 kg N/ha (Alzon)

Sensormessung:
Roter Bereich: Überversorgt (>50 kg N/ha)
Gelber Bereich: Überversorgt (50 – 0 kg N/ha)
Grüner Bereich: Einfluss durch Versuchsbereich

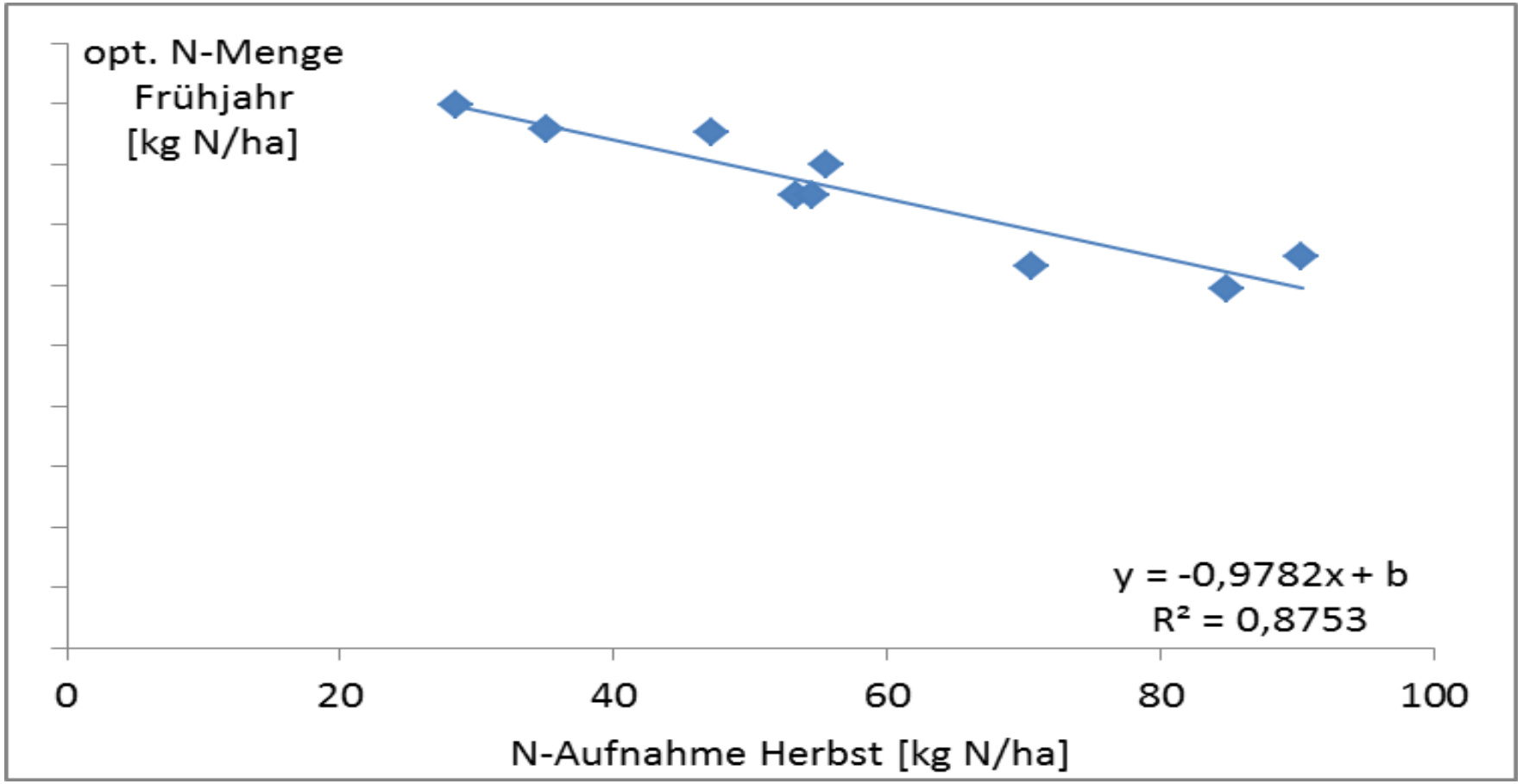
Ertrag	Protein	Düngemenge gesamt	N-Aufnahme Korn	N-Saldo
94 dt / ha	13 %	209 kg N/ha	183 kg N/ha	26 kg N/ha

Düngevergleich Landwirt - DIMA-Sensorsystem

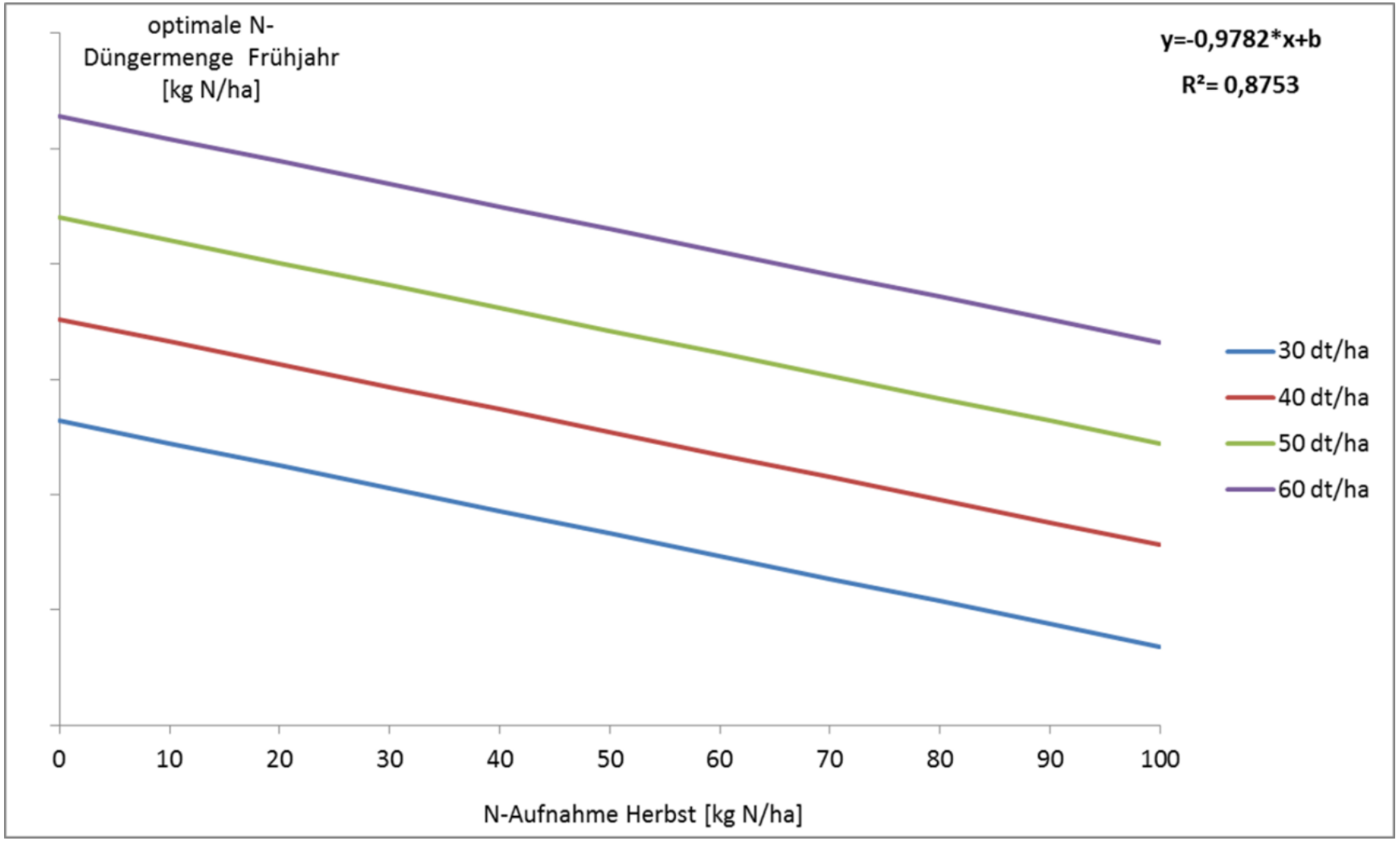
	Landwirt	DIMA	
Zielertrag	90-95	90-95	dt/ha
tats. Ertrag	94,95	95,82	dt/ha
Ziel-Rohprotein	13,0	13,0	%
tats. Rohprotein	12,7	13,0	%
N-Düngung	200	184	kg N/ha
N-Entzug	182	184	kg N/ha
N-Bilanz	18	-6	kg N/ha

Winterweizen Sorte Kerubino, Landshut 2016

Bedeutung der N-Aufnahme im Herbst für den N-Düngerbedarf von Raps

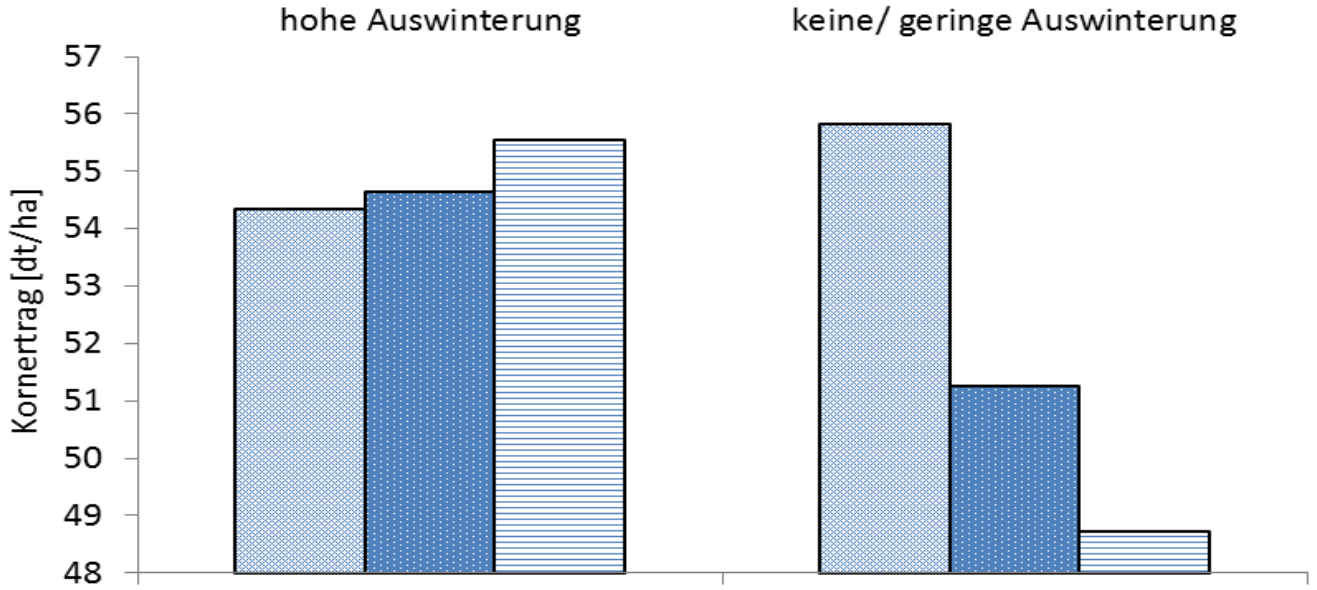


Pro kg aufgenommenem N im Herbst reduziert sich die nötige Düngermenge im Frühjahr um knapp 1 kg N



Optimale N-Düngung bei Raps in Abhängigkeit von der Herbst-N-Aufnahme und dem Ertragspotential

Schlussfolgerung



5	6	7	5	6	7	N-Stufe
20	20	40	20	20	40	Herbst
60	120	160	60	120	160	VB
120	60	-	120	60	-	EC 30
200	200	200	200	200	200	Summe
55	55	70	57	57	77	N-Aufnahme Herbst
55	58	77	90	107	123	N-Aufnahme EC 30

Bedeutung der Auswinterung von Raps auf die N-Verteilung im Frühjahr

- Bei stärkerer Auswinterung kräftigere Startgabe nötig
- Bei geringer Auswinterung geringe Andüngung im Vorteil

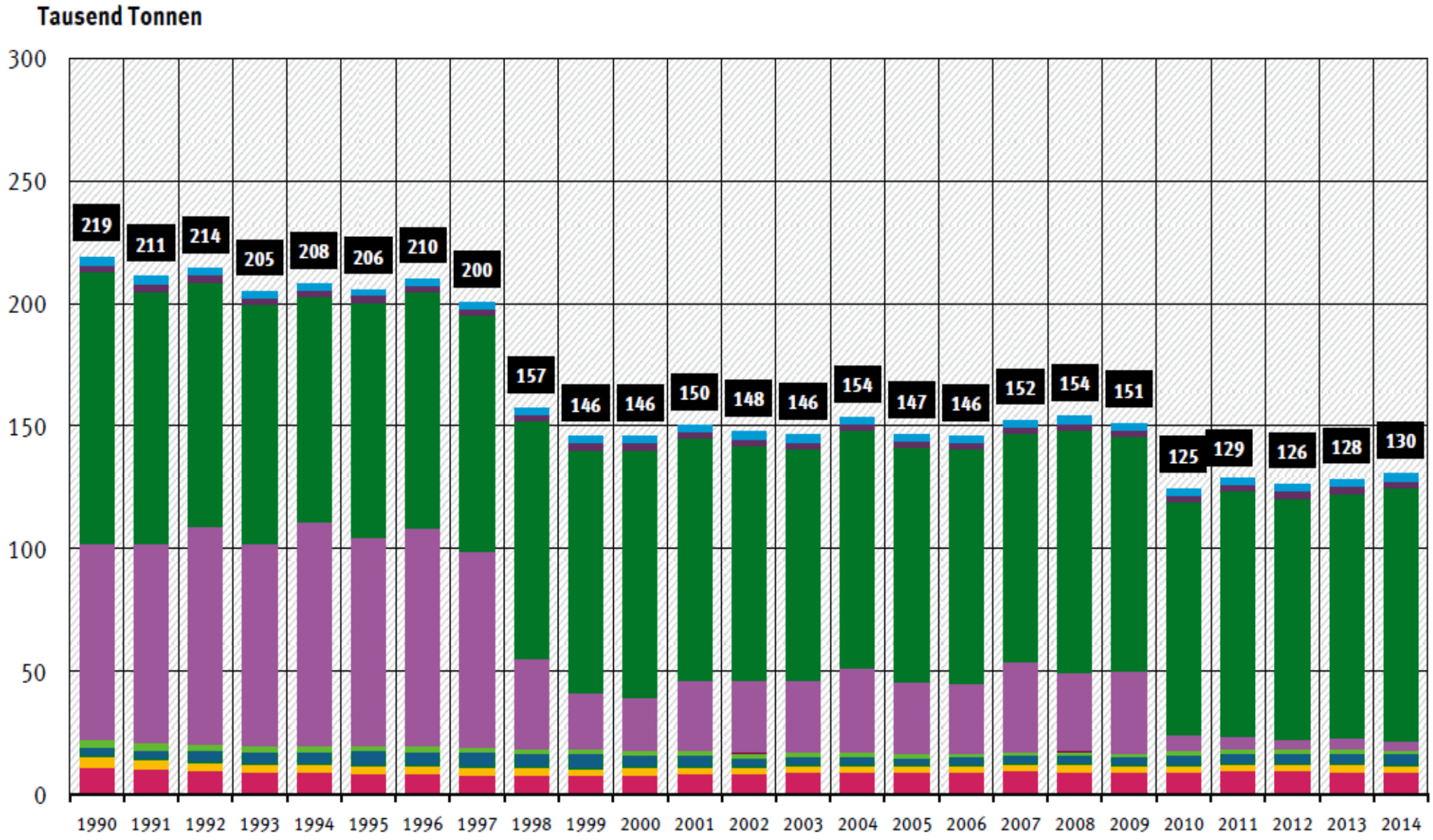
Zusammenfassung

- Bodenheterogenitäten führen zu unterschiedlichen Nährstoffbedarf auf den Teilflächen
- Die Nutzung des Ertragspotentials der Schläge unter Einhaltung entsprechender Umweltstandards ist nur bei einer teilflächenspezifischen Düngung möglich
- Der Einsatz großer Mengen organischer Dünger führt zu hoch volatilen N-Quellen, die das Kompensationsvermögen der Pflanzen übersteigen kann, so dass neben negativen Umwelteffekten auch Ertragsminderungen auftreten können
- Die Beherrschung dieser volatilen N-Mengen aus organischen Düngern erfordert eine mehrmalige Pflanzenanalyse (z.B. Sensor oder Nitratsaft) während der Vegetationsperiode
- Das vorgestellte System der sensorgestützten N-Düngung (DIMA) ermöglicht hohe Erträge bei ausgeglichenen N-Salden.

Welche Probleme bestehen bzw. sind zu lösen?

- Hohe N-Salden (Durchschnitt der BRD ca. 100 kg N/ha u. J.), Nitrat im Grundwasser
- Hohe Lachgasbildungen (N_2O), klimarelevant, Ozonloch
- Hohe NH_3-Ausgasungen

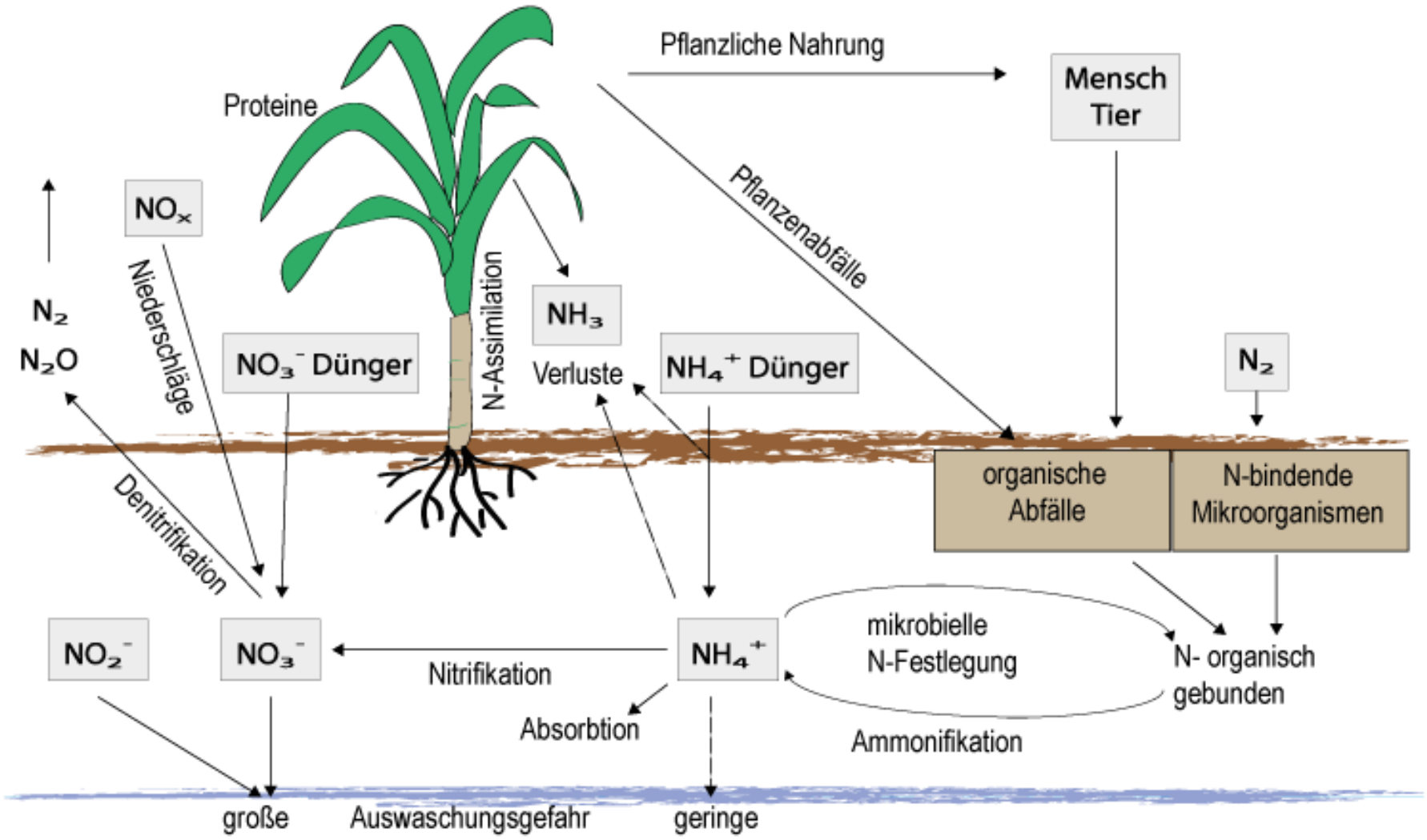
Distickstoffoxid-Emissionen nach Kategorien



Landwirtsch.
79%

Industrie

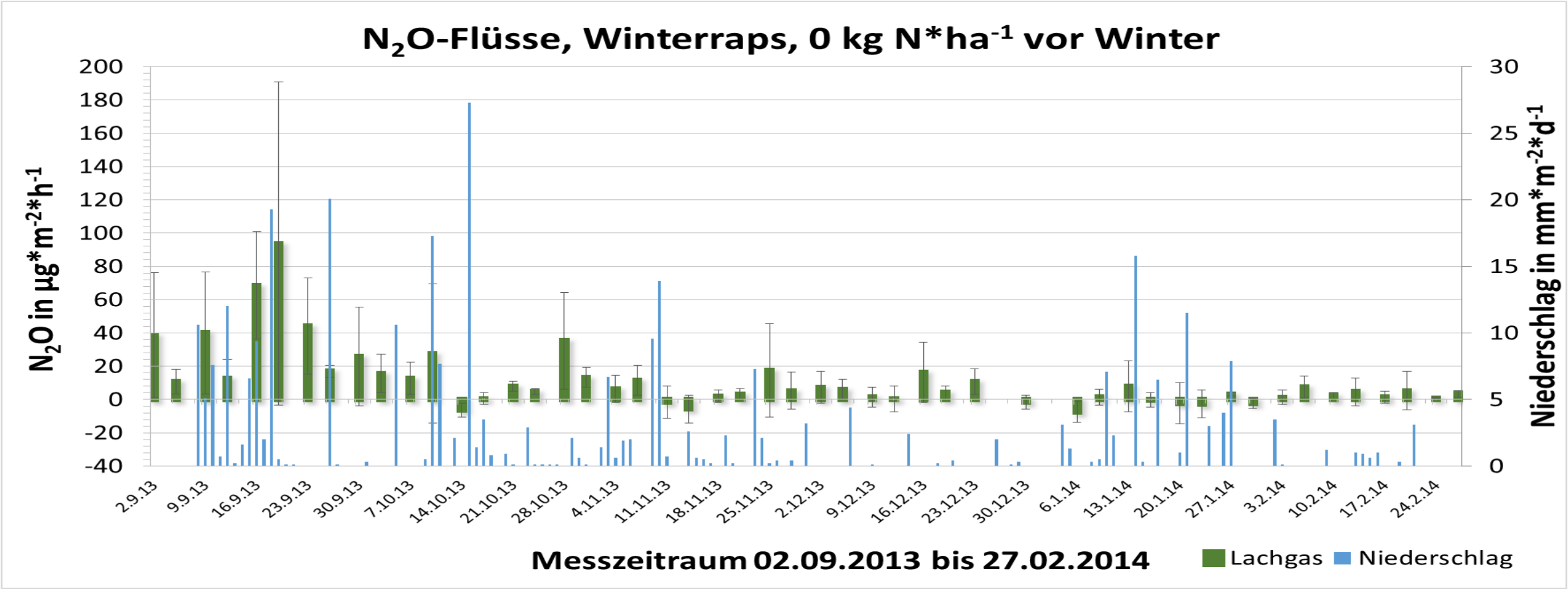
Stickstoffkreislauf im Boden

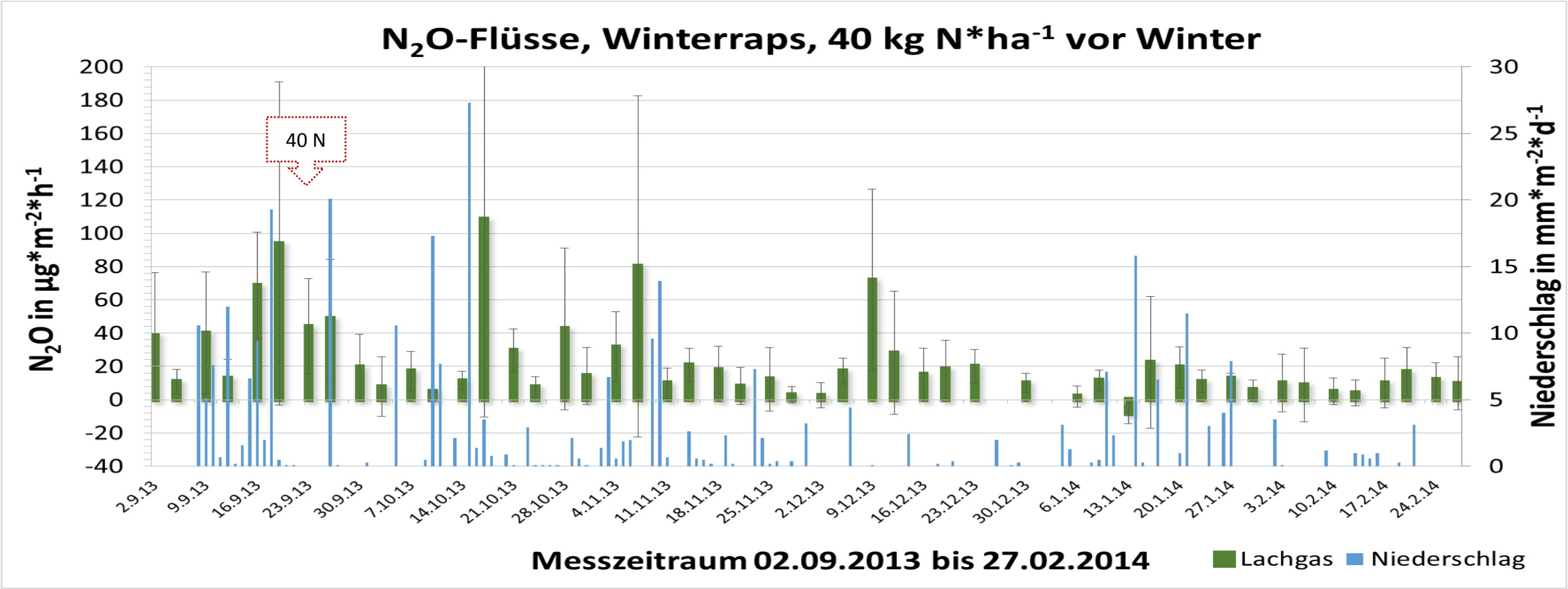


Bedingungen für Lachgasbildung

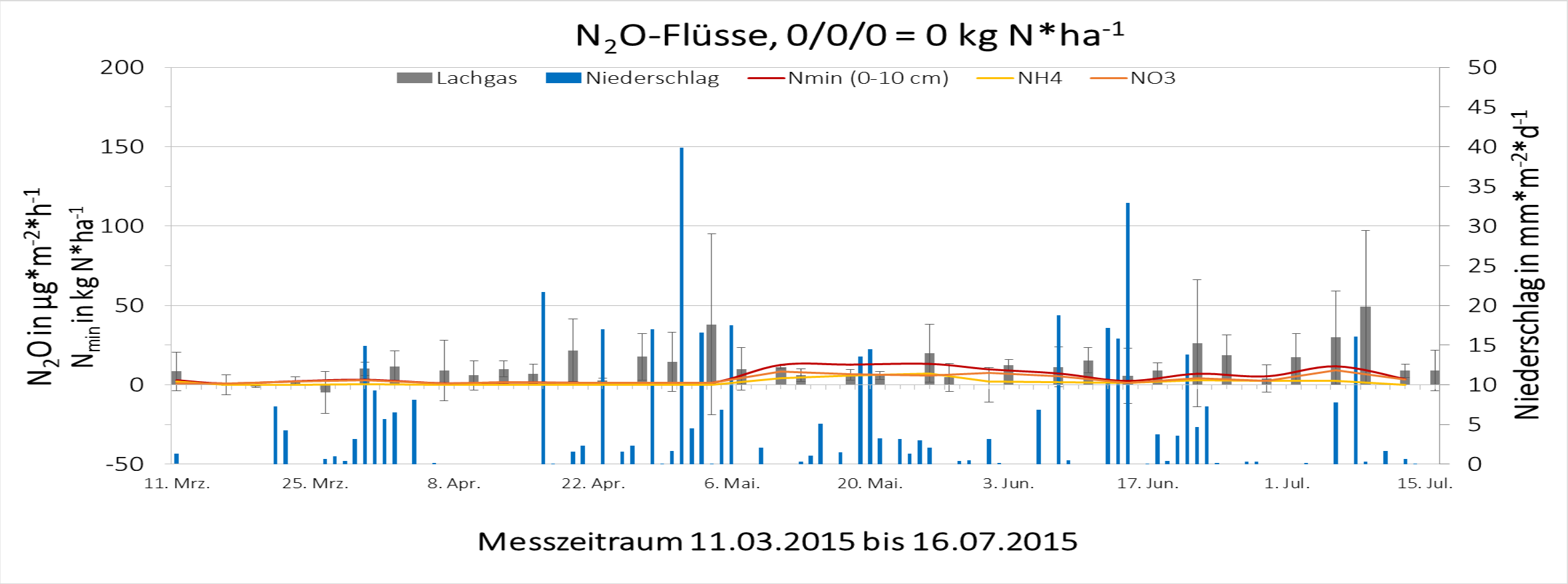
- Nitrat im Boden (Düngung)
- Sauerstoffmangel (Bodenverdichtungen, hohe Tongehalte, Regen)
- Mikroorganismentätigkeit (natürlich, org. Düngung)

Wichtig: Für Lachgasbildung müssen immer alle 3 Bedingungen gegeben sein

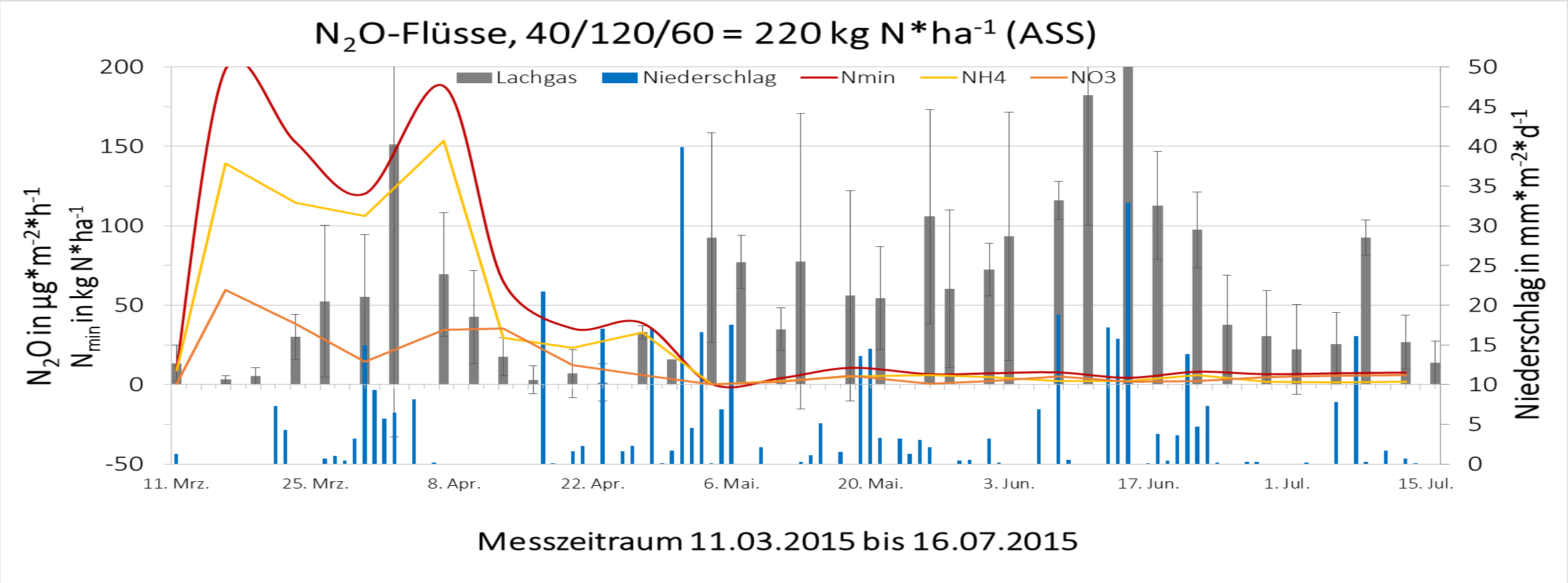

N2O-Flüsse, Winterraps, 0 kg N*ha-1 vor Winter
N2O in µg*m-2*h-1
Niederschlag in mm*m-2*d-1
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
-20
-40
30
25
20
15
10
5
0
2.9.13
9.9.13
16.9.13
23.9.13
30.9.13
7.10.13
14.10.13
21.10.13
28.10.13
4.11.13
11.11.13
18.11.13
25.11.13
2.12.13
9.12.13
16.12.13
23.12.13
30.12.13
6.1.14
13.1.14
20.1.14
27.1.14
3.2.14
10.2.14
17.2.14
24.2.14
Messzeitraum 02.09.2013 bis 27.02.2014
Lachgas
Niederschlag


N2O-Flüsse, Winterraps, 40 kg N*ha-1 vor Winter
N2O in µg*m-2*h-1
Niederschlag in mm*m-2*d-1
40 N
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
-20
-40
30
25
20
15
10
5
0
2.9.13
9.9.13
16.9.13
23.9.13
30.9.13
7.10.13
14.10.13
21.10.13
28.10.13
4.11.13
11.11.13
18.11.13
25.11.13
2.12.13
9.12.13
16.12.13
23.12.13
30.12.13
6.1.14
13.1.14
20.1.14
27.1.14
3.2.14
10.2.14
17.2.14
24.2.14
Messzeitraum 02.09.2013 bis 27.02.2014
Lachgas
Niederschlag

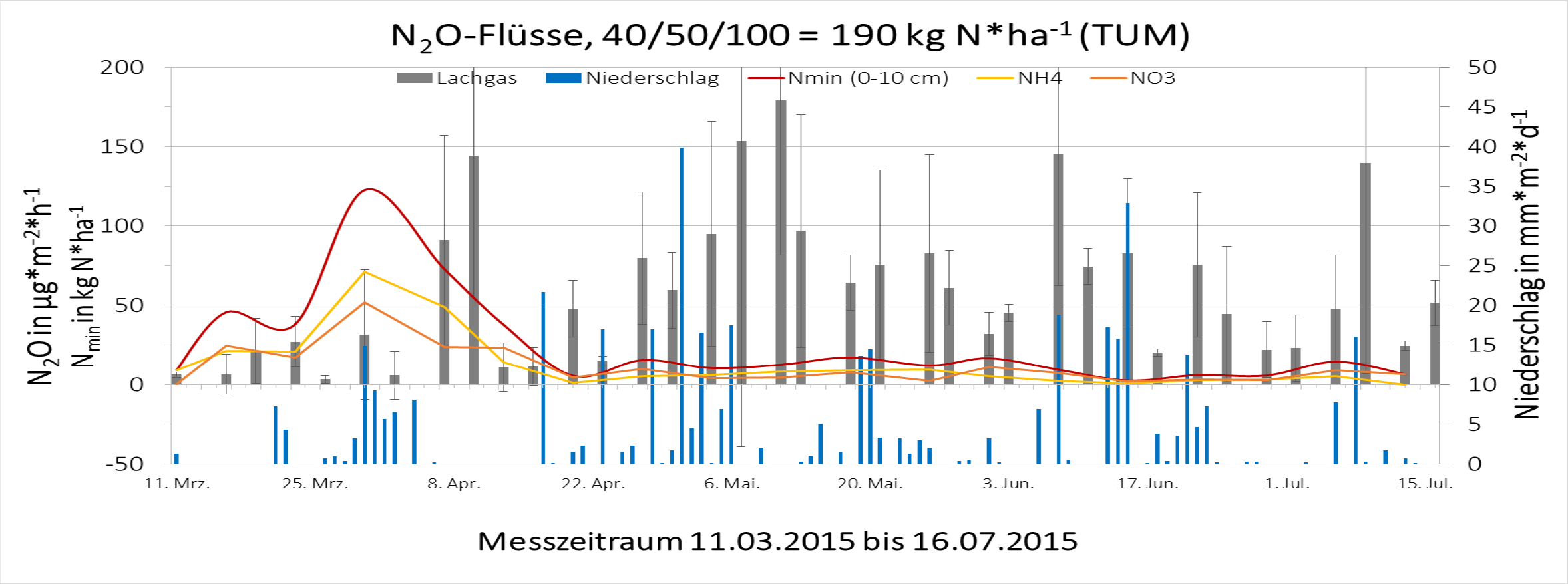
N-Düngung


N2O-Flüsse, 0/0/0 = 0 kg N*ha-1
Lachgas
Niederschlag
Nmin (0-10 cm)
NH4
NO3
N2O in µg*m-2*h-1
Nmin in kg N*ha-1
Niederschlag in mm*m-2*d-1
200
150
100
50
0
-50
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
11. Mrz.
25. Mrz.
8. Apr.
22. Apr.
6. Mai.
20. Mai.
3. Jun.
17. Jun.
1. Jul.
15. Jul.
Messzeitraum 11.03.2015 bis 16.07.2015

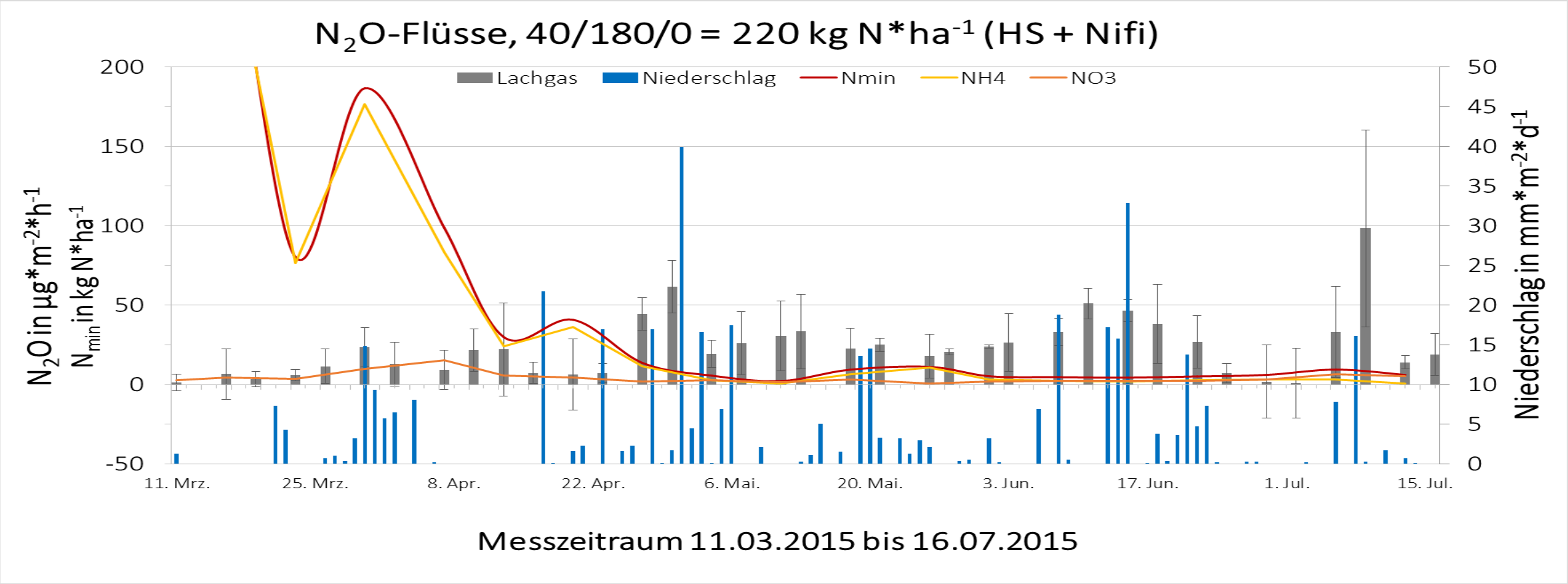
N-Düngung


N2O-Flüsse, 40/120/60 = 220 kg N*ha-1 (ASS)
Lachgas
Niederschlag
Nmin
NH4
NO3
N2O in µg*m-2*h-1
Nmin in kg N*ha-1
Niederschlag in mm*m-2*d-1
200
150
100
50
0
-50
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
11. Mrz.
25. Mrz.
8. Apr.
22. Apr.
6. Mai.
20. Mai.
3. Jun.
17. Jun.
1. Jul.
15. Jul.
Messzeitraum 11.03.2015 bis 16.07.2015

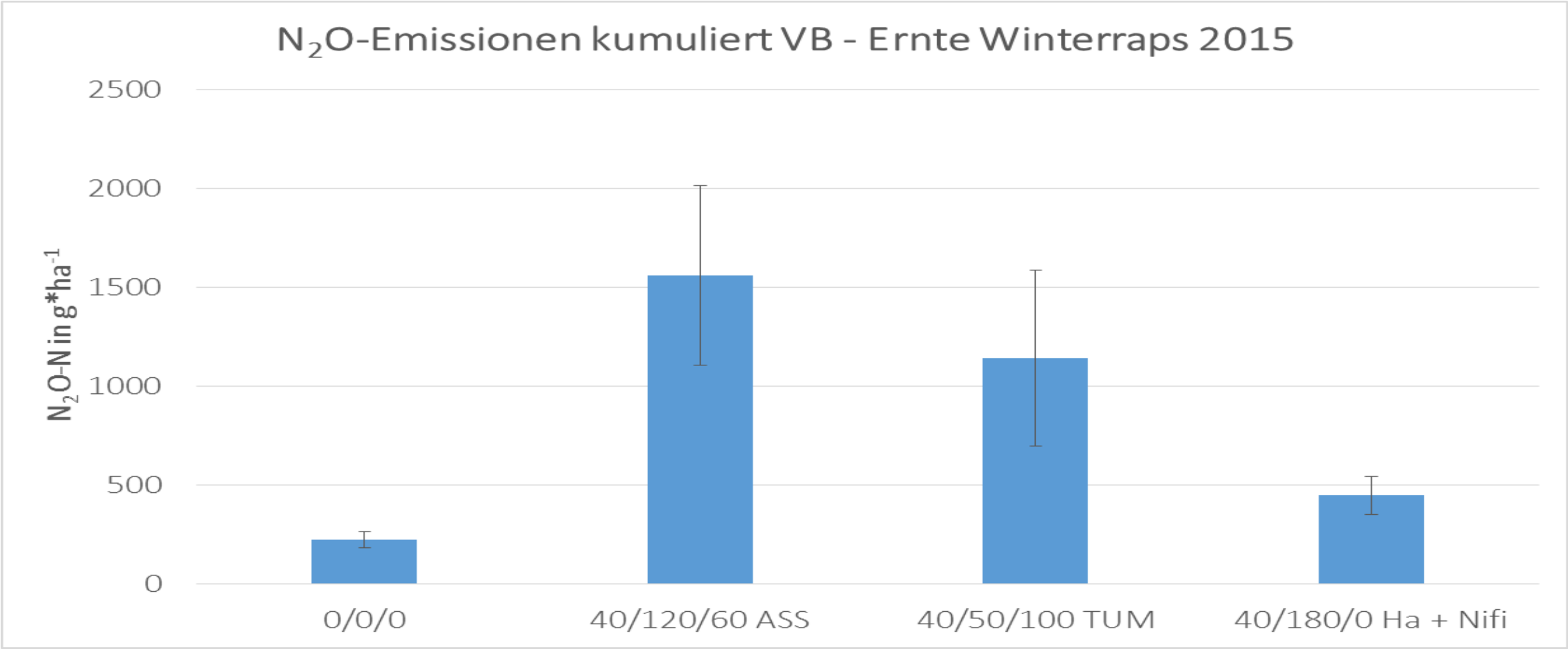
N-Düngung


N2O-Flüsse, 40/50/100 = 190 kg N*ha-1 (TUM)
Lachgas
Niederschlag
Nmin (0-10 cm)
NH4
NO3
N2O in µg*m-2*h-1
Nmin in kg N*ha-1
Niederschlag in mm*m-2*d-1
200
150
100
50
0
-50
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
11. Mrz.
25. Mrz.
8. Apr.
22. Apr.
6. Mai.
20. Mai.
3. Jun.
17. Jun.
1. Jul.
15. Jul.
Messzeitraum 11.03.2015 bis 16.07.2015

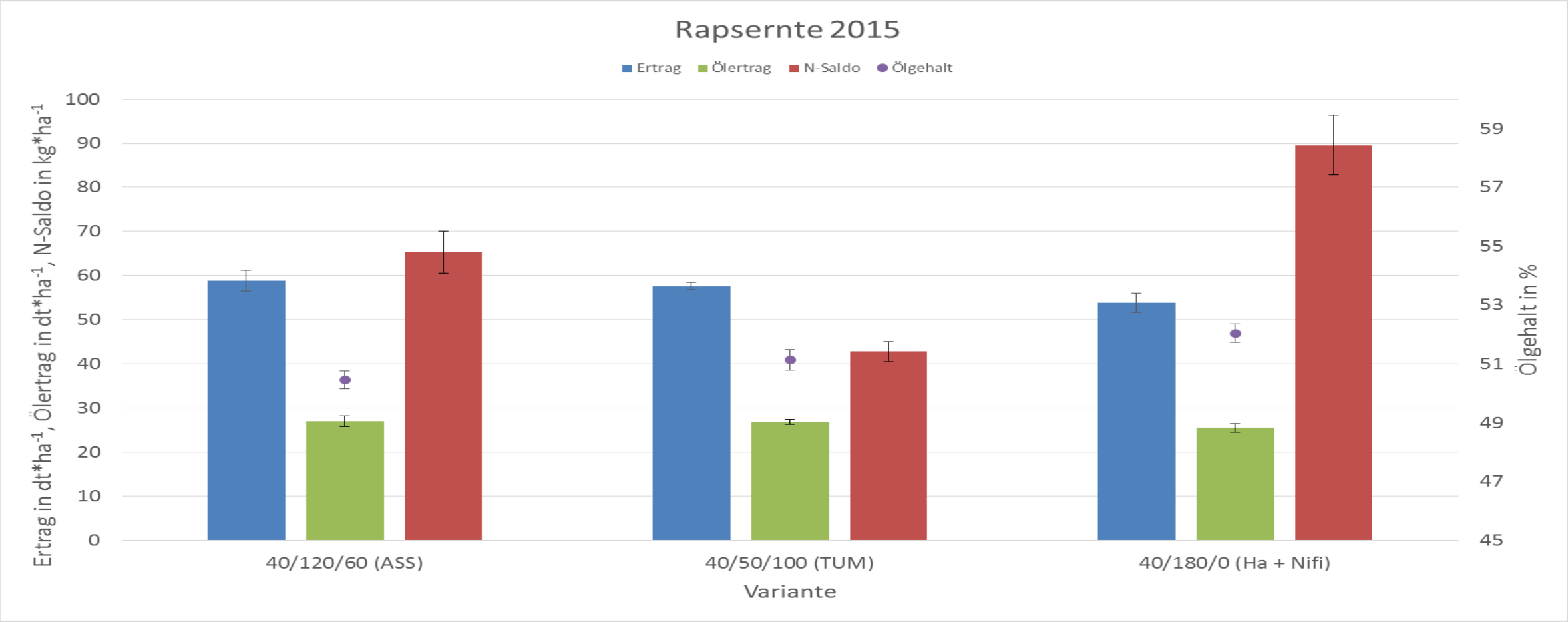
N-Düngung


N2O-Flüsse, 40/180/0 = 220 kg N*ha-1 (HS + Nifi)
Lachgas
Niederschlag
Nmin
NH4
NO3
N2O in µg*m-2*h-1
Nmin in kg N*ha-1
Niederschlag in mm*m-2*d-1
200
150
100
50
0
-50
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
11. Mrz.
25. Mrz.
8. Apr.
22. Apr.
6. Mai.
20. Mai.
3. Jun.
17. Jun.
1. Jul.
15. Jul.
Messzeitraum 11.03.2015 bis 16.07.2015

N-Düngung


N2O-Emissionen kumuliert VB - Ernte Winterraps 2015
N2O-N in g*ha-1
2500
2000
1500
1000
500
0
0/0/0
40/120/60 ASS
40/50/100 TUM
40/180/0 Ha + Nifi

N-Düngung


Rapsernte 2015
Ertrag
Ölertrag
N-Saldo
Ölgehalt
Ertrag in dt*ha-1, Ölertrag in dt*ha-1, N-Saldo in kg*ha-1
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
59
57
55
53
51
49
47
45
Ölgehalt in %
40/120/60 (ASS)
40/50/100 (TUM)
40/180/0 (Ha + Nifi)
Variante

Schlussfolgerung

- Lachgas ist ca. 300 mal umweltrelevanter als CO2
- Die Landwirtschaft ist derzeit der wichtigste Lachgasemmitent in der BRD
- Wichtige Minderungsmaßnahmen sind:
  - Gute Bodenbedingungen (Durchlüftung)
  - Wenig Nitrat

Probleme von heute lassen sich nicht durch Technologien von gestern lösen.

(J.W. Goethe)

Dank an die Mitarbeiter

Dennert, Huber, Kern, Kimmelmann, Liebler, Limbrunner, Prücklmaier, Schächtl, Spicker, Strenner, Vinzent

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit