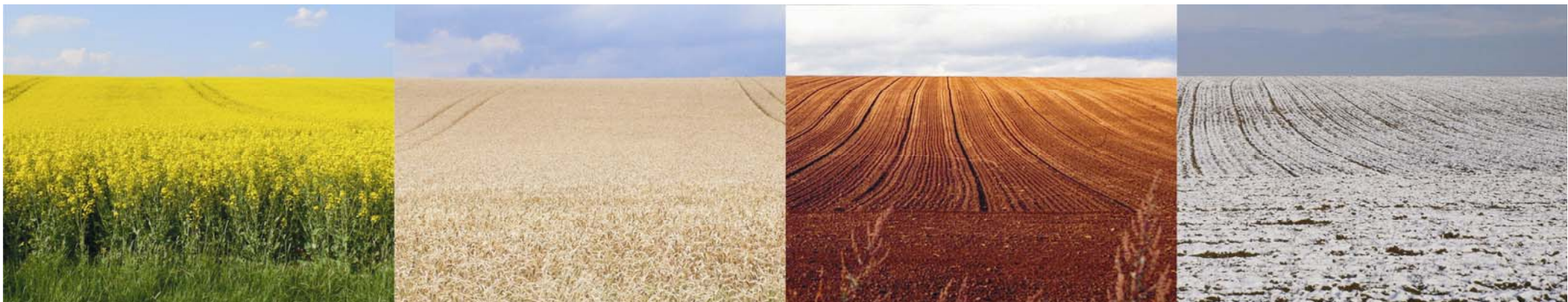


# Feldversuche zur Frage der optimalen N-Düngermenge zu den wichtigsten Ackerfrüchten

Stand: 06.10.2010

Johannes Heyn, LLH Kassel

Alle Fotos: J. Heyn



## Inhalt:

- Einführung
- Versuche
- Auswertung
- Ergebnisse, jeweils:  
Naturalertrag, Rentabilität, N-Saldo, N-Ausnutzung, Produktqualität, N-Düngeempfehlung und  
relativer Merkmalsvergleich bei:
  - Wi-Weizen
  - Wi-Gerste
  - Wi-Roggen
  - Kö-Raps
  - Zu-Rübe
- Alle Fruchtarten zusammen
- Hat sich der N-Düngeanspruch dieser Früchte in den letzten 20 Jahren verändert?
- Zusammenfassung



## Einführung

Die Stickstoffdüngung ist eines der wirksamsten Instrumente in der Hand des Landwirtes zur Beeinflussung der Wachstums- und Ertragsentwicklung. Dabei kommt der Frage nach der richtigen Mengenbemessung eindeutig die höchste Priorität zu. Frage nach der zeitlichen oder räumlichen Platzierung oder der günstigsten Düngerform sind nicht unwichtig, aber zweitrangig. Bei der Ermittlung der richtigen N-Düngermenge sind die Landwirte heute sicherer geworden als noch vor einigen Jahren. Dies ist zum einen den inzwischen entwickelten methodischen und technischen Hilfsmitteln zu verdanken (z. B.  $N_{min}$ -Methode, Düngefenster, N-Tester), zum anderen aber auch den in Umsetzung der gesetzlichen Vorgaben jetzt breit praktizierten Verfahren der Düngebedarfsermittlung und Nährstoffbilanzierung. Nicht zuletzt sollen aber auch die Erkenntnisse aus aktuellen Düngeversuchen die Landwirte vor dem Hintergrund ihrer eigenen standörtlichen Erfahrung zu einer ständigen Überprüfung ihrer Düngestrategie veranlassen. Aus gutem Grund verlangt die Düngeverordnung „die Ergebnisse regionaler Feldversuche heranzuziehen“ (§ 3 (2) DüV). Diese an die Landwirte gerichtete Forderung ist zugleich die Veranlassung für den Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, in seinem Zuständigkeitsbereich solche Versuche durchzuführen. Über diese wird hier nachfolgend berichtet.



## Versuche

Die Versuche wurden im genannten Zeitraum auf Praxisflächen in ganz Hessen durchgeführt, allerdings mit einem eindeutigen Schwerpunkt in Nordhessen.

Bezüglich Bodeneigenschaften, Sortenwahl, Fruchtfolge und Bewirtschaftung wurden keine speziellen, über die Eignungskriterien einer Versuchsfläche hinausgehenden Anforderungen gestellt. Sie sollten die Breite der Anbauverhältnisse in der Praxis der jeweiligen Kultur widerspiegeln. In der Regel verblieben die Erntereste der Vorfrüchte auf dem Feld und es erfolgte keine weitere organische Düngung. Als N-Dünger wurde KAS verwendet, zu Raps auch ASS.



## Auswertung

In den nachfolgenden Abbildungen umfasst die auf der x-Achse eingetragene N-Menge die Summe aller Teilgaben, bei Getreide einschließlich der nicht variierten N-Spätgabe (60 kg N/ha bei Weizen und Gerste, 40 kg N/ha bei Roggen).

Zur Auswertung wurden für die wichtigsten Parameter düngungsabhängige Kurven nach dem Verfahren von VON BOGUSLAWSKI u. SCHNEIDER (1963-64) mit dem PC-Programm von HORST u. HEYN (1988) in der Version von KOWERT (2001) berechnet. Diese Art der Darstellung erlaubt die Ableitung des berechneten Parameters bei jeder beliebigen (realistischen) Düngermenge, losgelöst von der tatsächlich geprüften Düngermenge in den einzelnen Varianten.

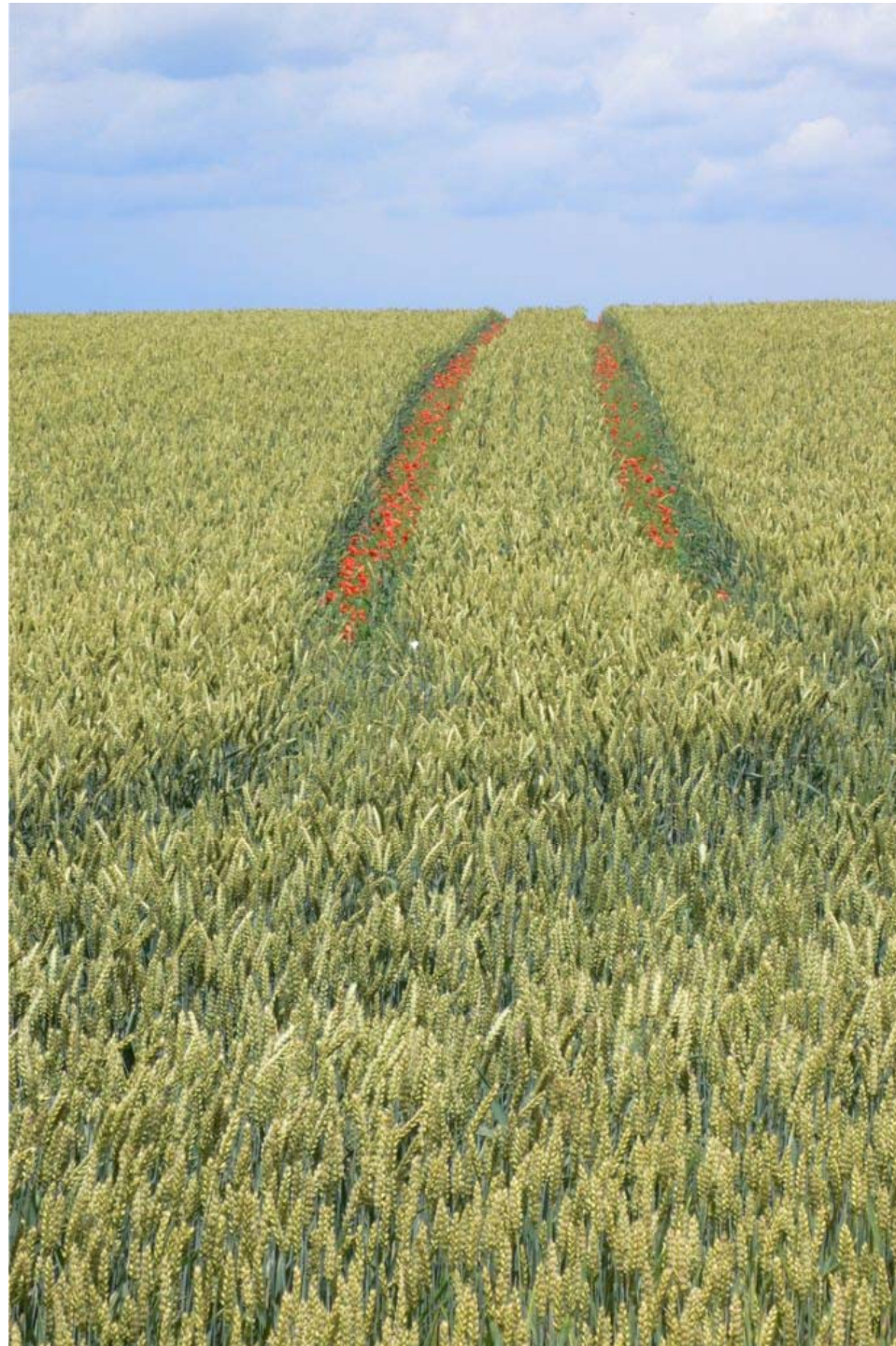
Die bei der Berechnung des korrigierten Geldrohertrages (KGR) angenommenen Kosten und Erlöse sind in die jeweiligen Abbildungen eingetragen. Als „KGR doku“ wird die Berechnung mit den einzelnen damaligen Jahrespreisen/-kosten im Sinne einer Dokumentation des realen Ablaufes bezeichnet. Als „KGR neu“ eine auch nachträgliche Berechnung aller Versuchsjahre mit der Preis-Kostensituation im Jahr 2009. Diese in 2009 herrschende Situation mit niedrigen Erlösen und noch relativ hohen Düngerkosten führt zu einem relativ weiten Auseinanderklaffen zwischen Naturalertragsoptimum und N-Rentabilitätsoptimum (KGR). Bei günstigeren monetären Gegebenheiten (höhere Erlöse, niedrigere Düngerkosten) würden sich diese Differenzen verringern.

Bei der Berechnung der N-Abfuhr wurde ein Verbleib des Ernterestes auf dem Feld unterstellt. Zur Berechnung der aktuellen Düngerausnutzung wurde die in die Nebenernteprodukte (Stroh, Blatt) aufgenommene N-Menge nicht gemessen, sondern anhand in Hessen gebräuchlicher Tabellenwerte berechnet (Korn:Stroh-Verhältnis, N-Gehalt im Stroh).



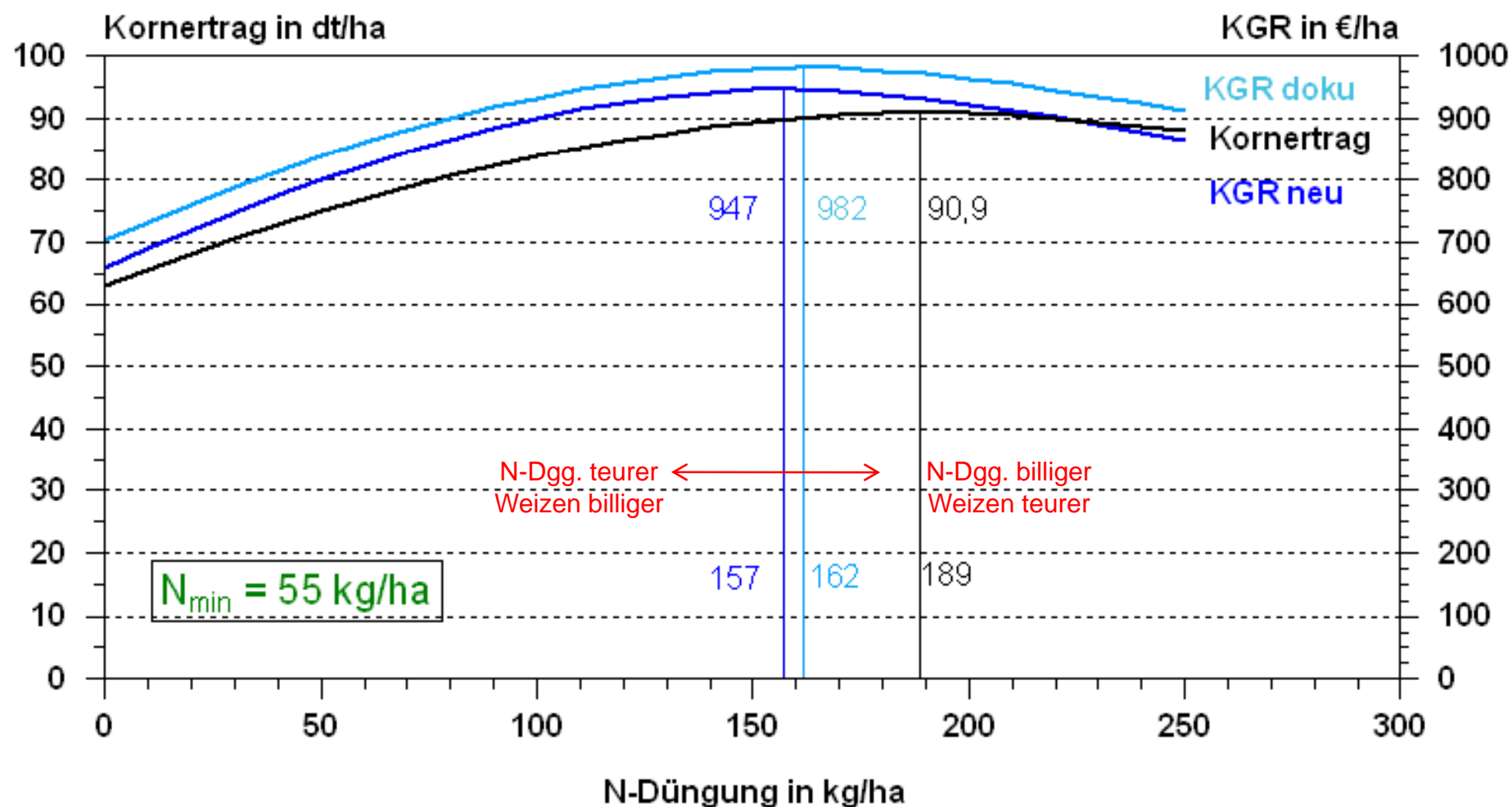


# Wi-Weizen



54 Versuche mit Wi-Weizen 1998-09:

## Kornertrag und korrigierter Geldrohertrag in Abhängigkeit von der N-Düngung



Annahmen in Euro bei KGR neu: 1,0 kgN;  
 RP < 10 % = 10; RP = 10-12 % = 12; RP = 12,1-14 % = 14; RP > 14 % = 16



### Überprüfung der SBA-Empfehlung zu **Wi-Weizen**:

Laut Versuchsserie	zu KGR neu:	zu Kornertrag:
	157 kgN/ha	189 kgN/ha
zuzüglich kgN <sub>min</sub> /ha	55 kgN/ha	55 kgN/ha
= Summe	<b>212 kgN/ha</b>	<b>244 kgN/ha</b>

SBA-Empfehlung = S 120 + 40 + 60 = **220 kgN/ha**

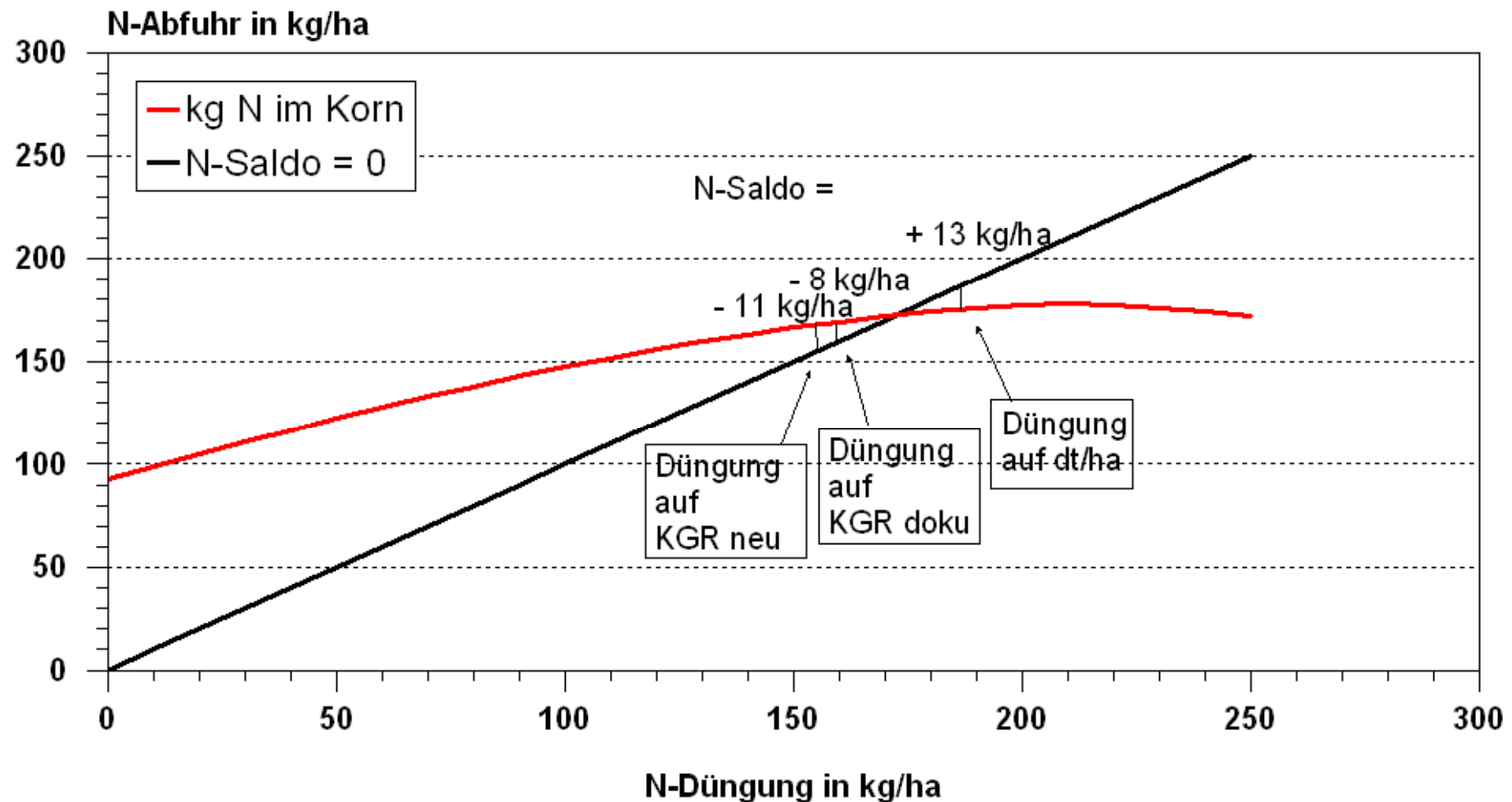
ab 90 dt = S 130 + 40 + 60 = **230 kgN/ha**





54 Versuche mit Wi-Weizen 1998-2009:

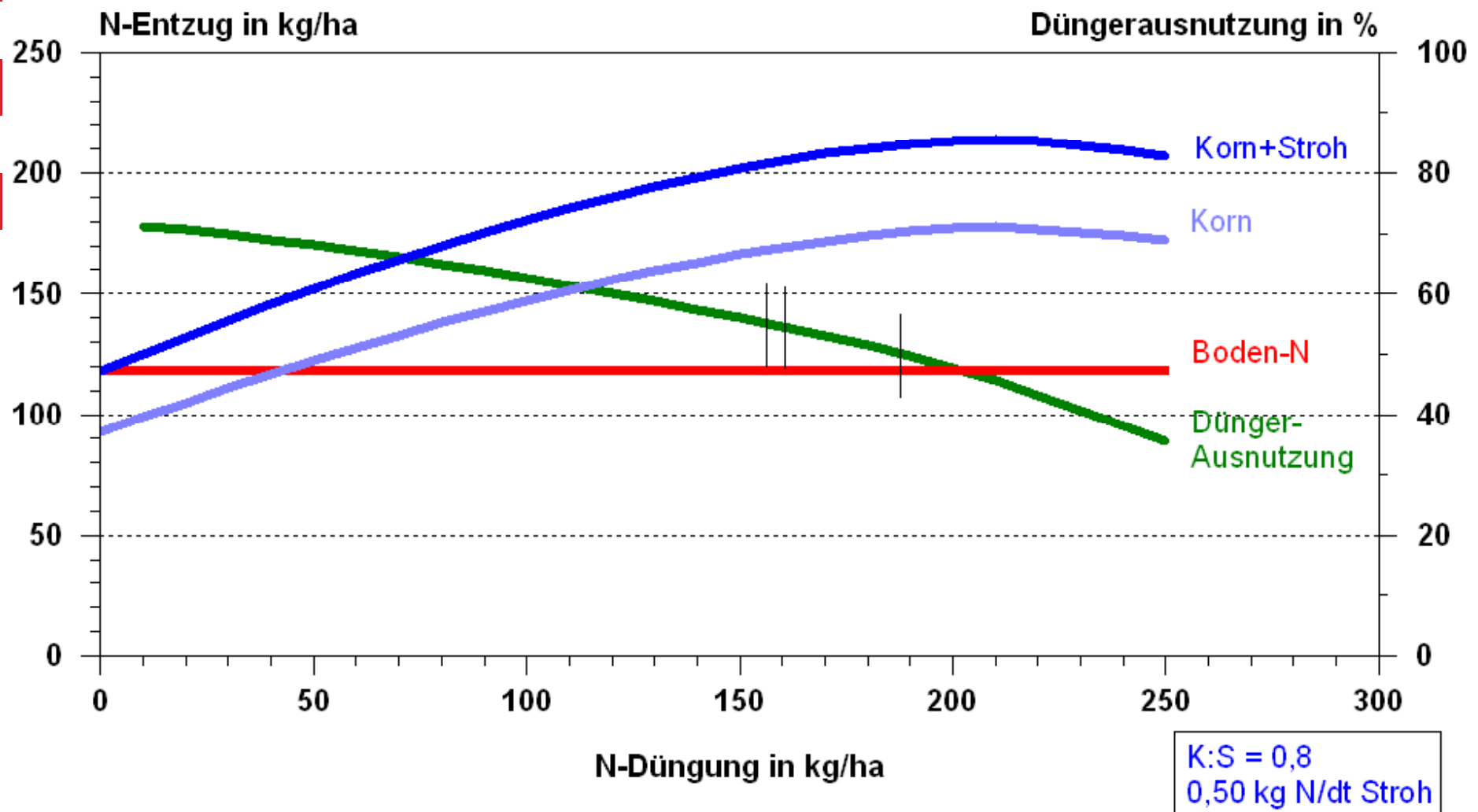
## N-Abfuhr im Korn und N-Bilanz in Abhängigkeit von der N-Düngung





54 Versuche mit Wi-Weizen 1998-2009:

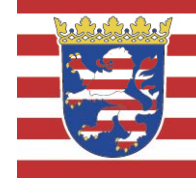
## N-Entzug in Korn und Stroh und Ausnutzung des Dünger-N in Abhängigkeit von der Höhe der Düngung





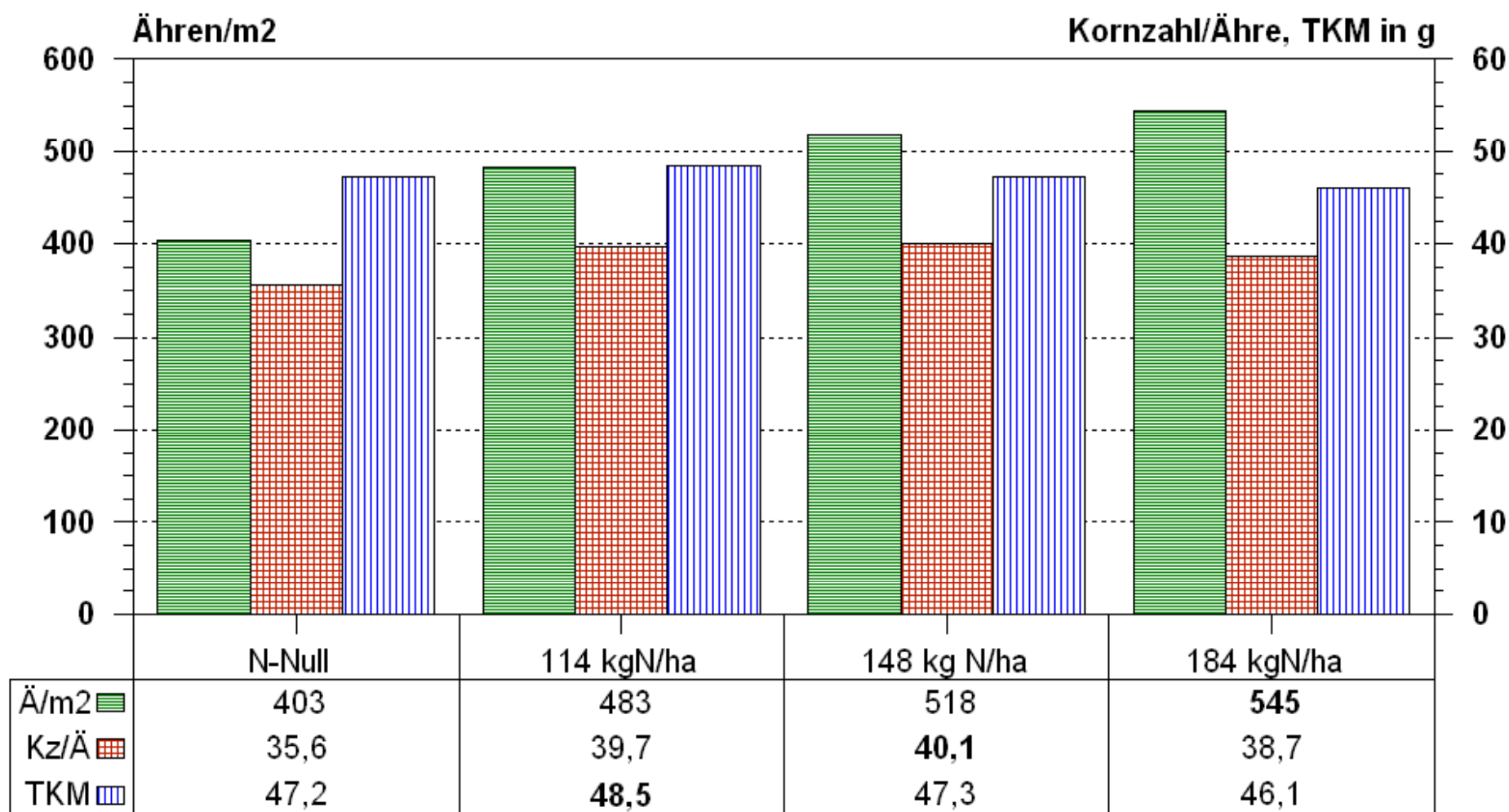
## N-Düngebedarfsermittlung zu Wi-Weizen anhand dieses Beispiels: (Werte gerundet, Angaben in kgN/ha)

$N_{\text{Boden}}$ (N-Null-Variante).....	= 118
$N_{\text{min}}$ bei Vegetationsbeginn.....	= 55
$N_{\text{min}}$ bei Vegetationsende (geschätzt).....	= 35
= nutzbares $N_{\text{min}}$ .....	= 20
nutzbare Netto-N-Nachlieferung aus Boden (= 118 minus nutzbares $N_{\text{min}}$ ).....	= 98
optimale N-Düngung lt. Versuchsserie .....	= 189
davon ausnutzbar 50 % .....	= 95
Summe des Angebotes aus Boden und Düngung .....	= 213
Bedarf für Korn und Stroh ( $91 \times 2,4$ ).....	= 218



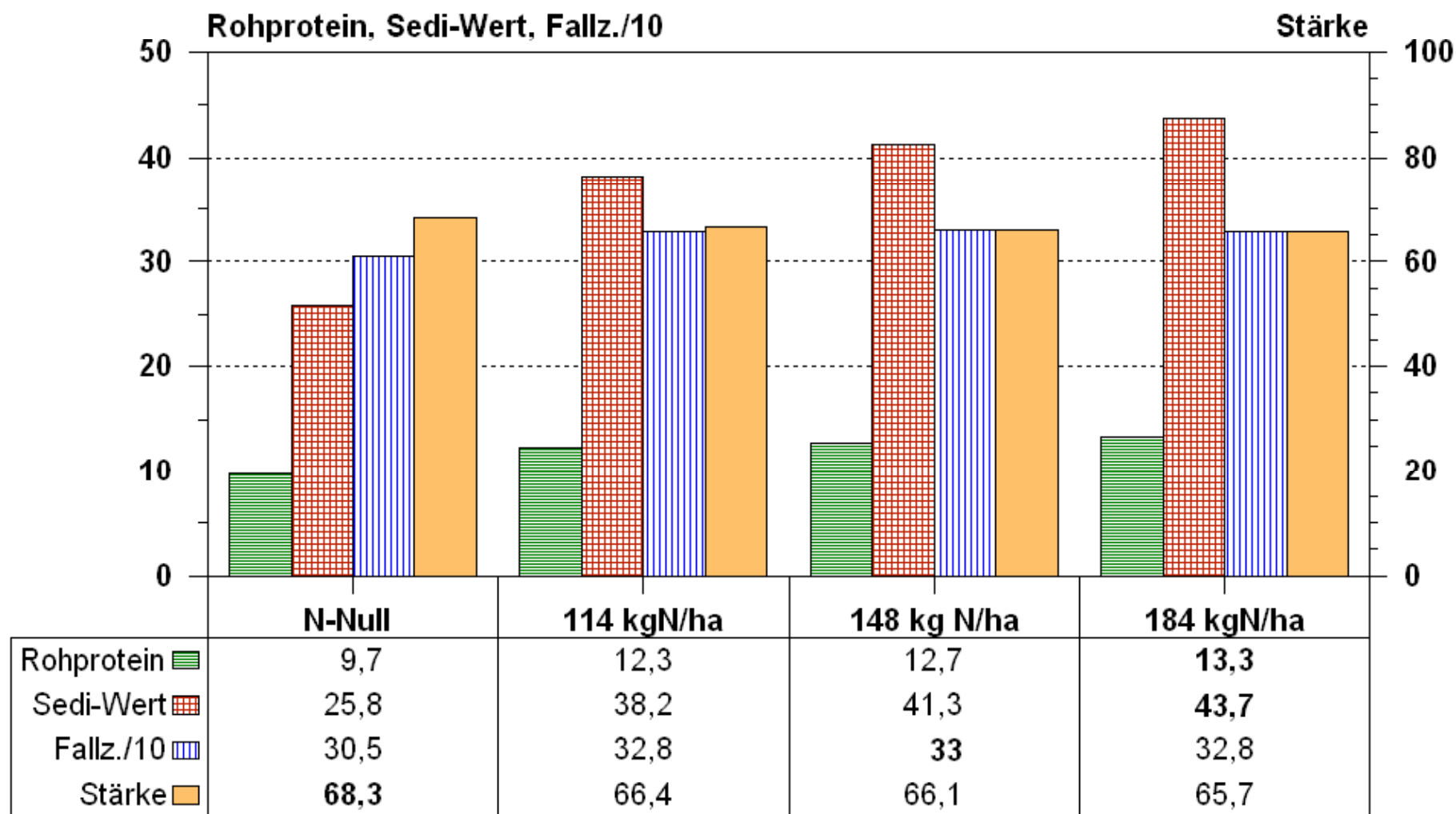
33/54 Versuche mit Wi-Weizen 1998-09:

## Ertragskomponenten in Abhängigkeit von der N-Düngung





## Qualitätseigenschaften in Abhängigkeit von der N-Düngung



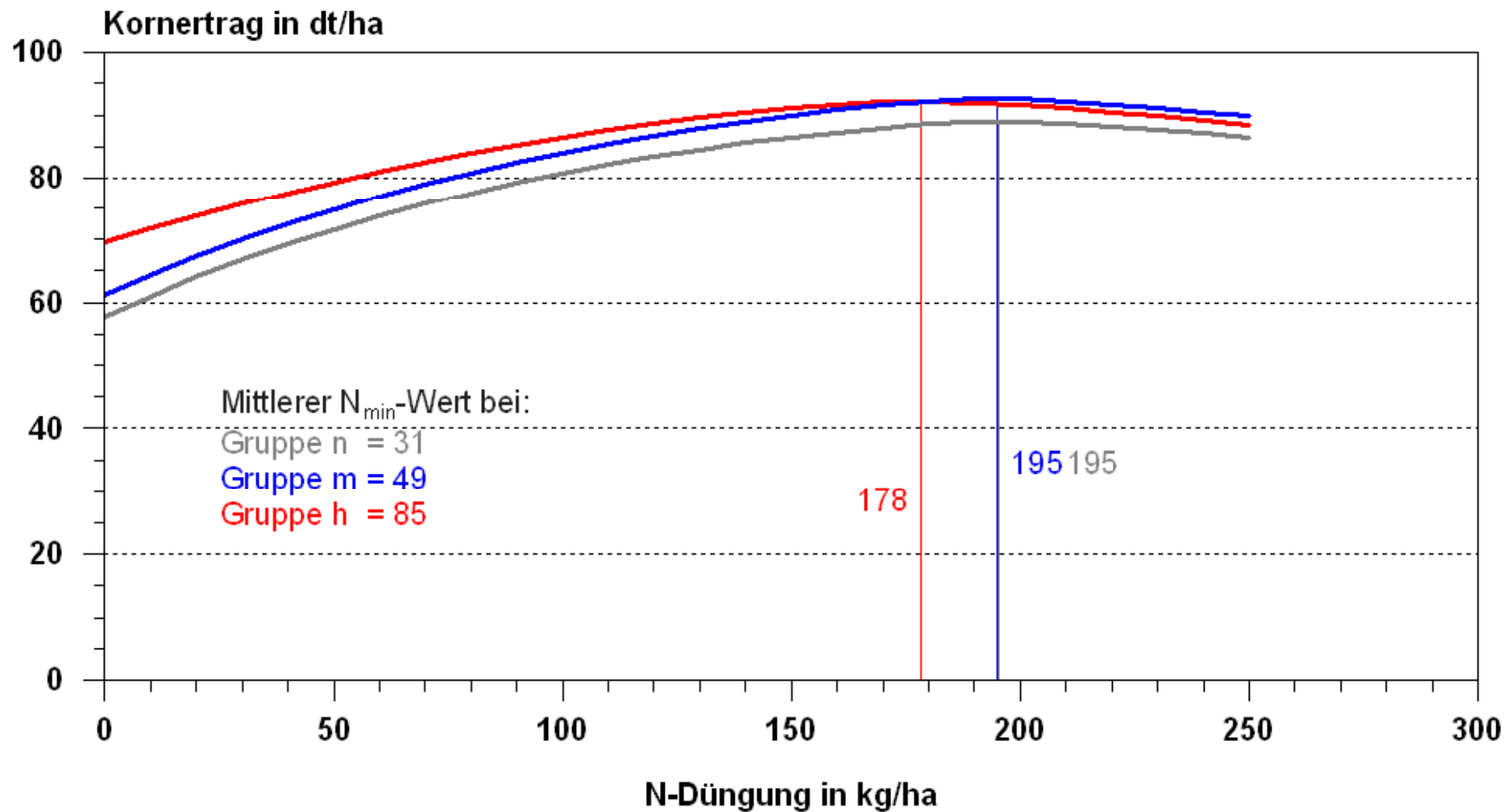
RP, Stärke in % von TM, Fallz. in sec.





54 Versuche mit Wi-Weizen 1998-2009:

## Kornertrag bei unterschiedlichen $N_{\min}$ -Gehalten

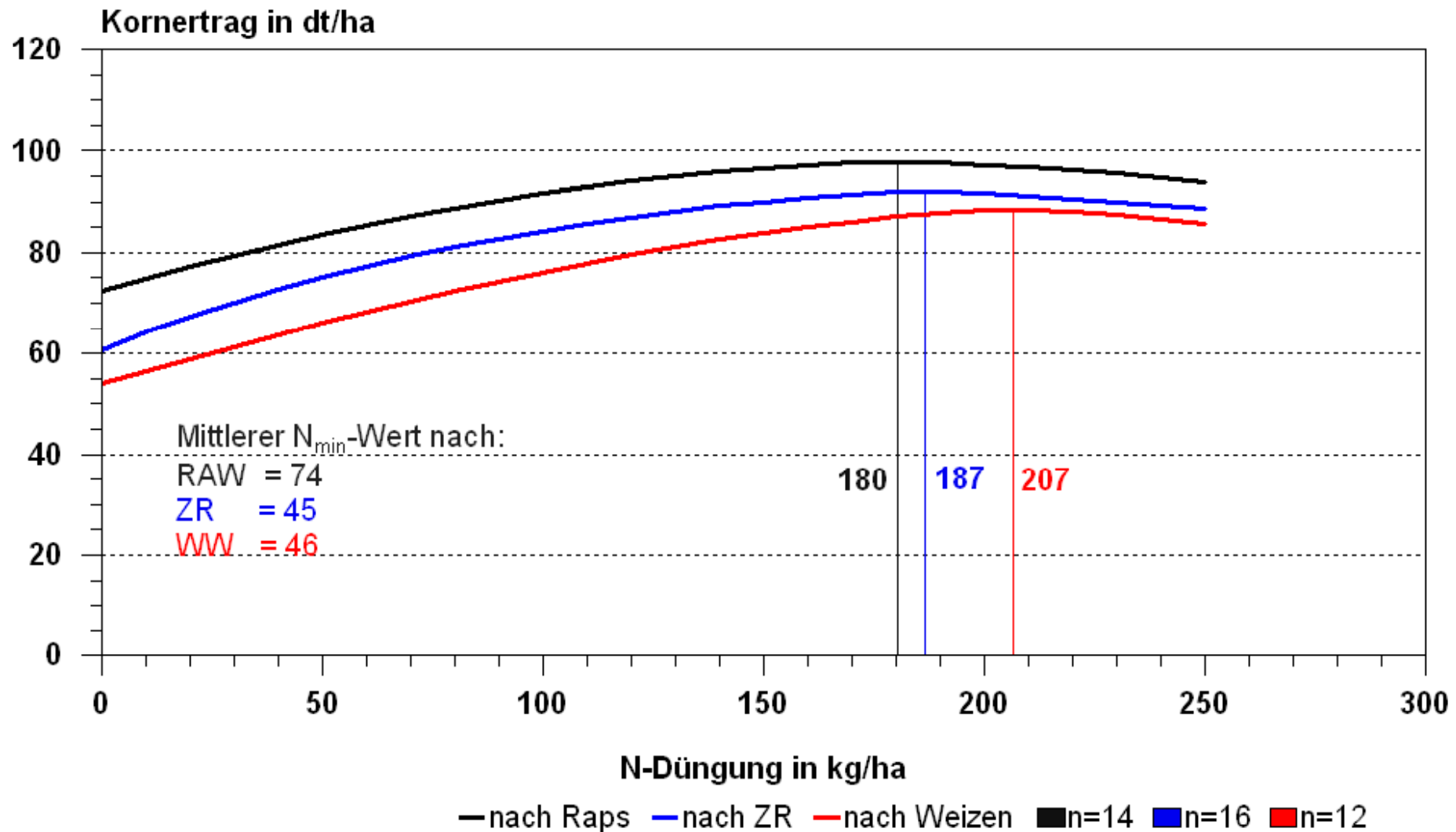


— 20-39 — 40-59 — ab 60 — n=19 — n=17 — n=18



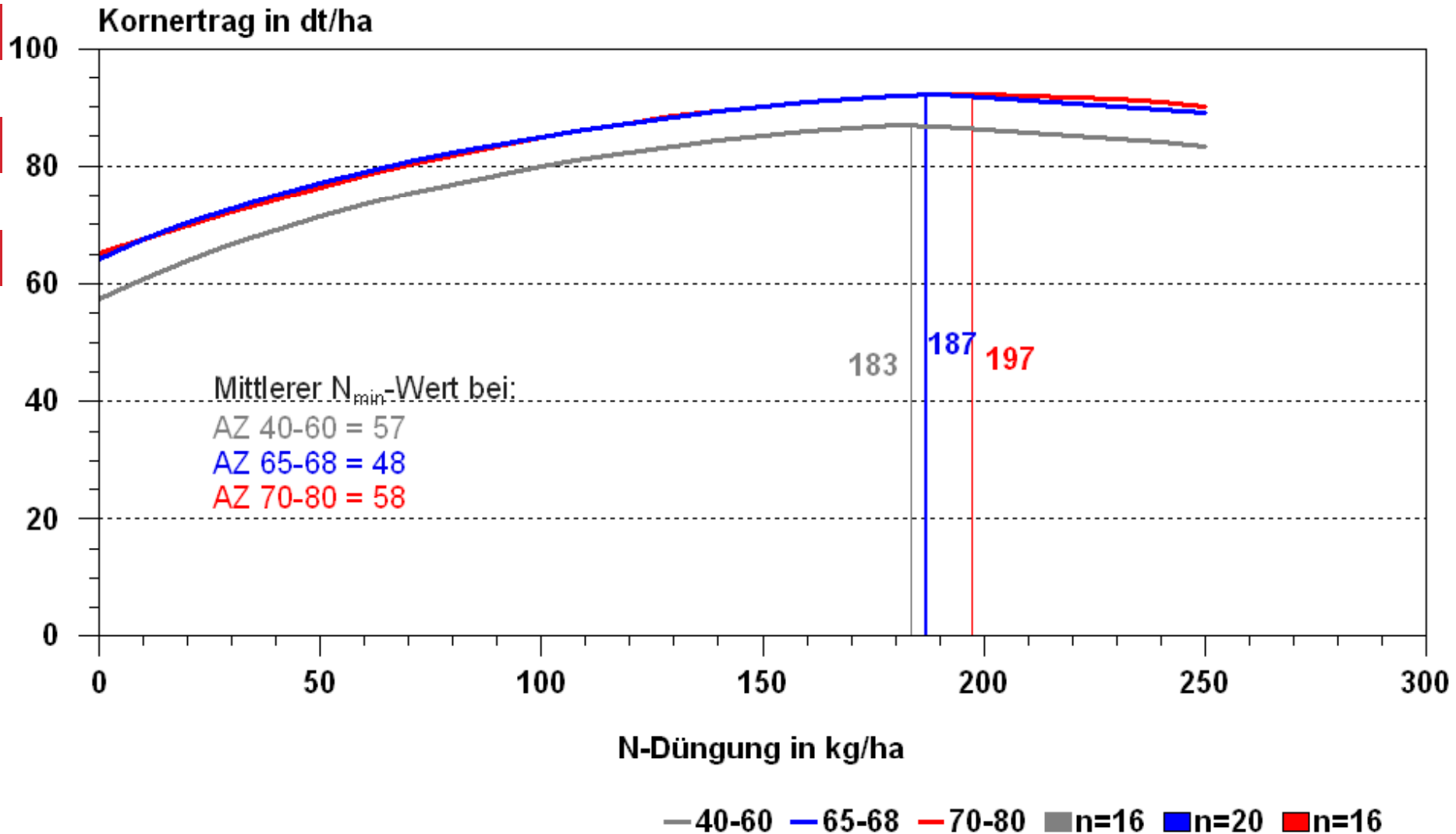
54 Versuche mit Wi-Weizen 1998-2009:

## Kornertrag nach unterschiedlichen Vorfrüchten



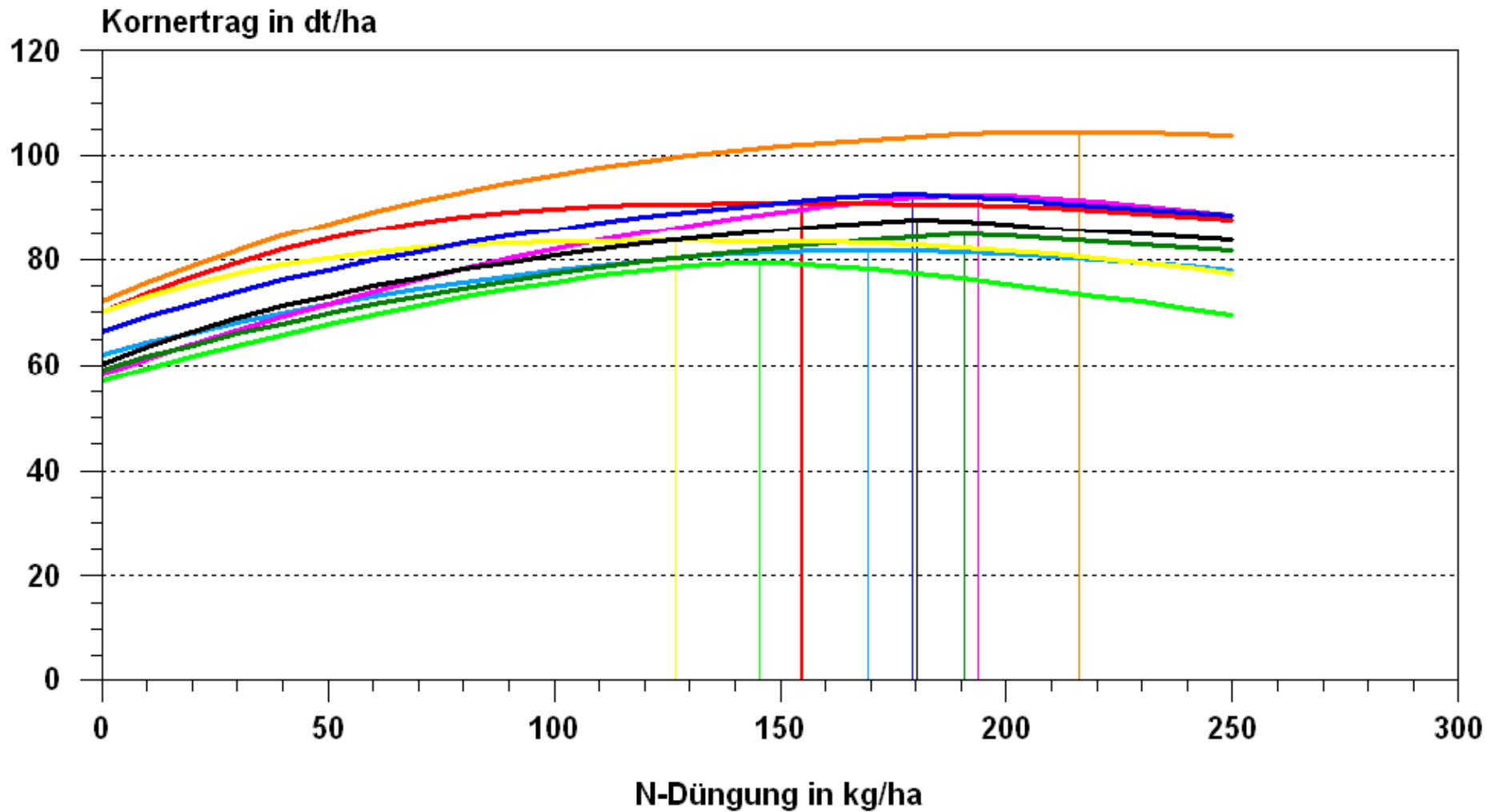
54 Versuche mit Wi-Weizen 1998-2009:

## Kornertrag bei unterschiedlichen Ackerzahlen



54 Versuche mit Wi-Weizen 1998-2009:

## Kornertrag bei unterschiedlichen Weizensorten



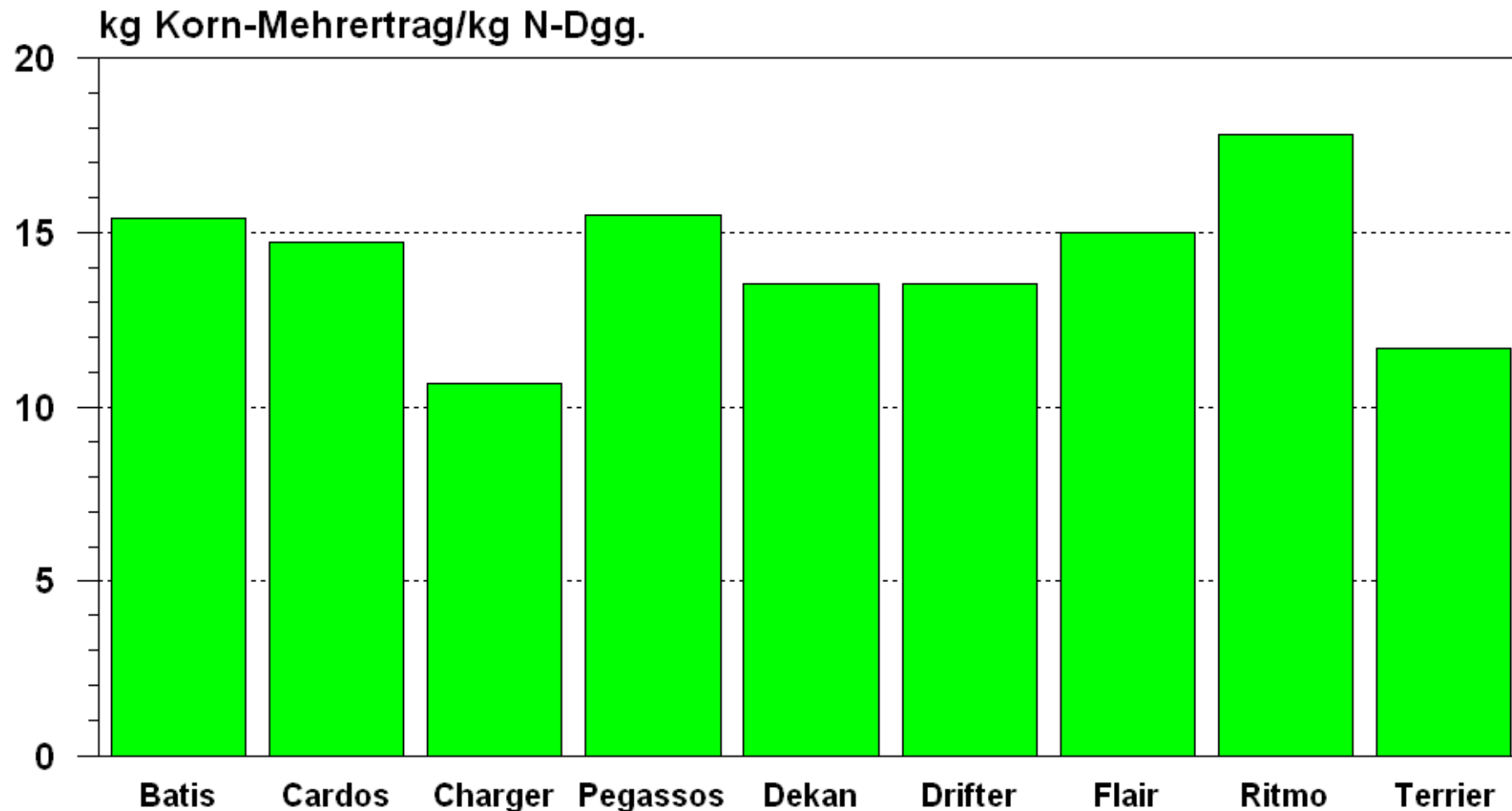
— Batis A    — Cardos A    — Charger A    — Pegassos A    — Dekan B    — Drifter B    — Flair B    — Ritmo B    — Terrier B  
 — Batis 3    — Cardos 3    — Charger 3    — Pegassos 3    — Dekan 8    — Drifter 4    — Flair 3    — Ritmo 7    — Terrier 6

Zahl der  
Versuche



54 Versuche mit Wi-Weizen 1998-2009:

## Spezifische N-Produktivität (kg Korn-ME je kg N) im N-Kornertragsoptimum

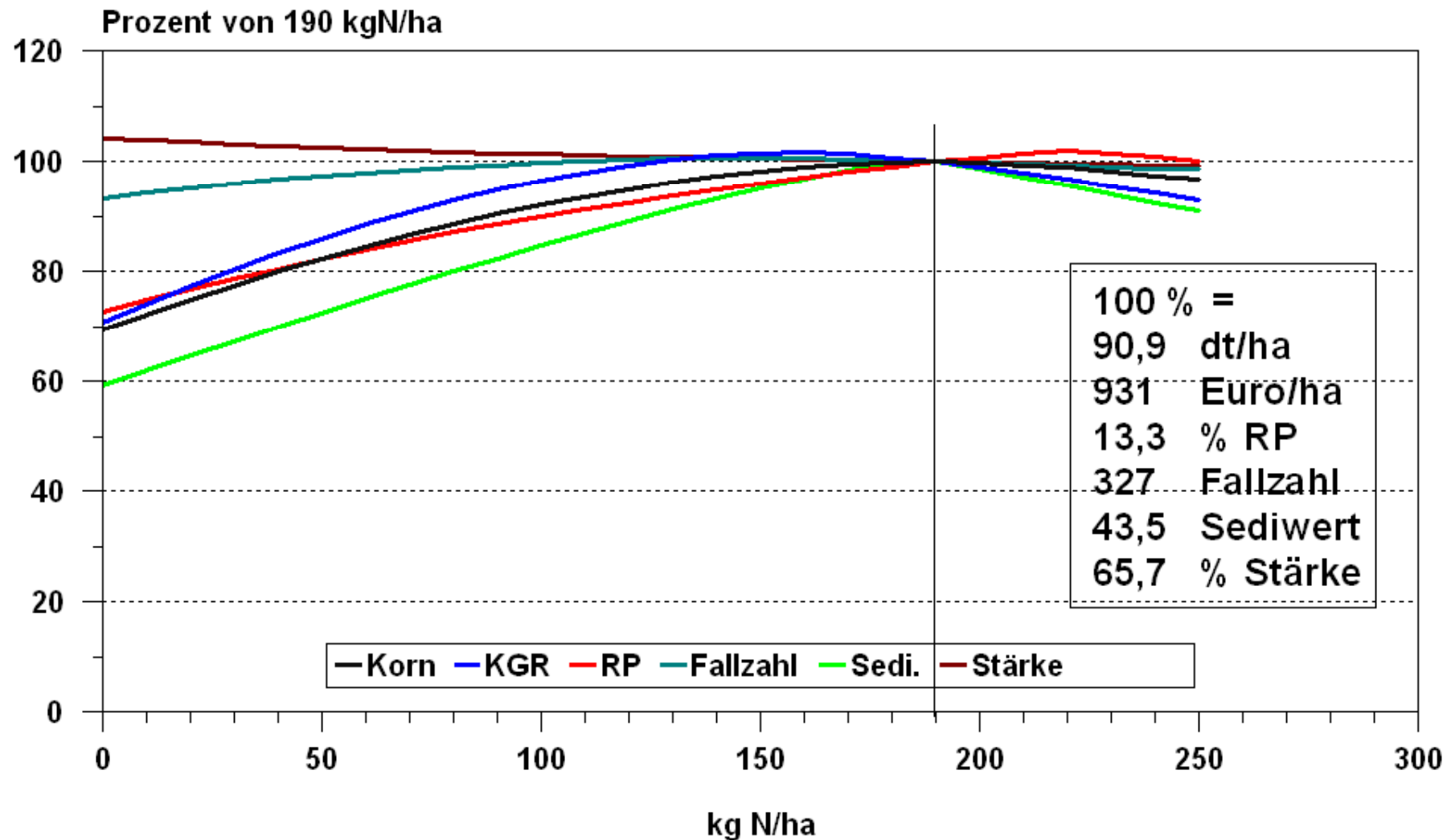






54 Versuche mit Wi-Weizen 1998- 09:

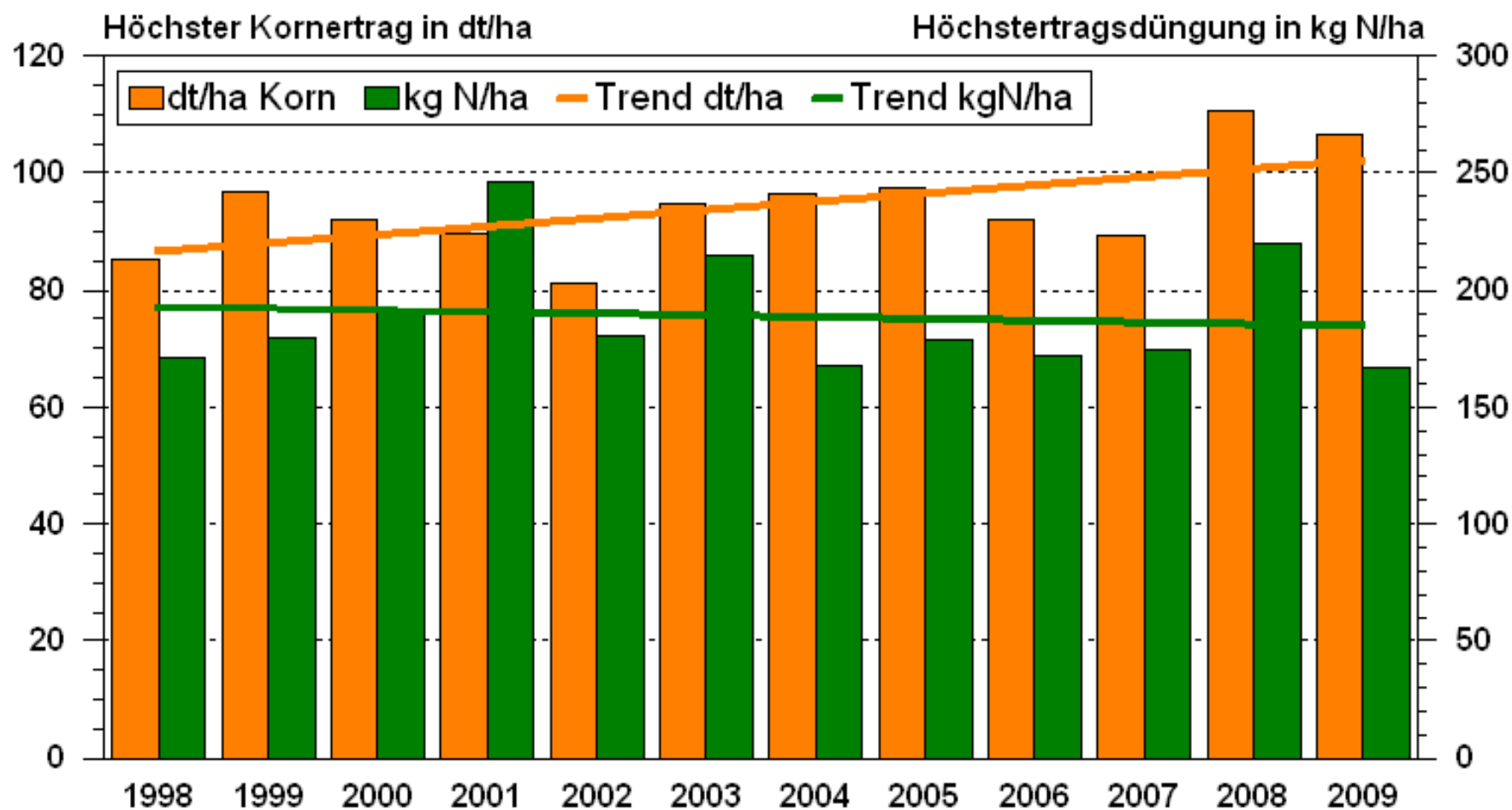
# Relative Merkmalsänderungen in Abhängigkeit von der N-Düngung





54 Versuche mit Wi-Weizen 1998-09:

## Höchsterttrag und Höchstertragsdüngung als Jahresmittelwerte

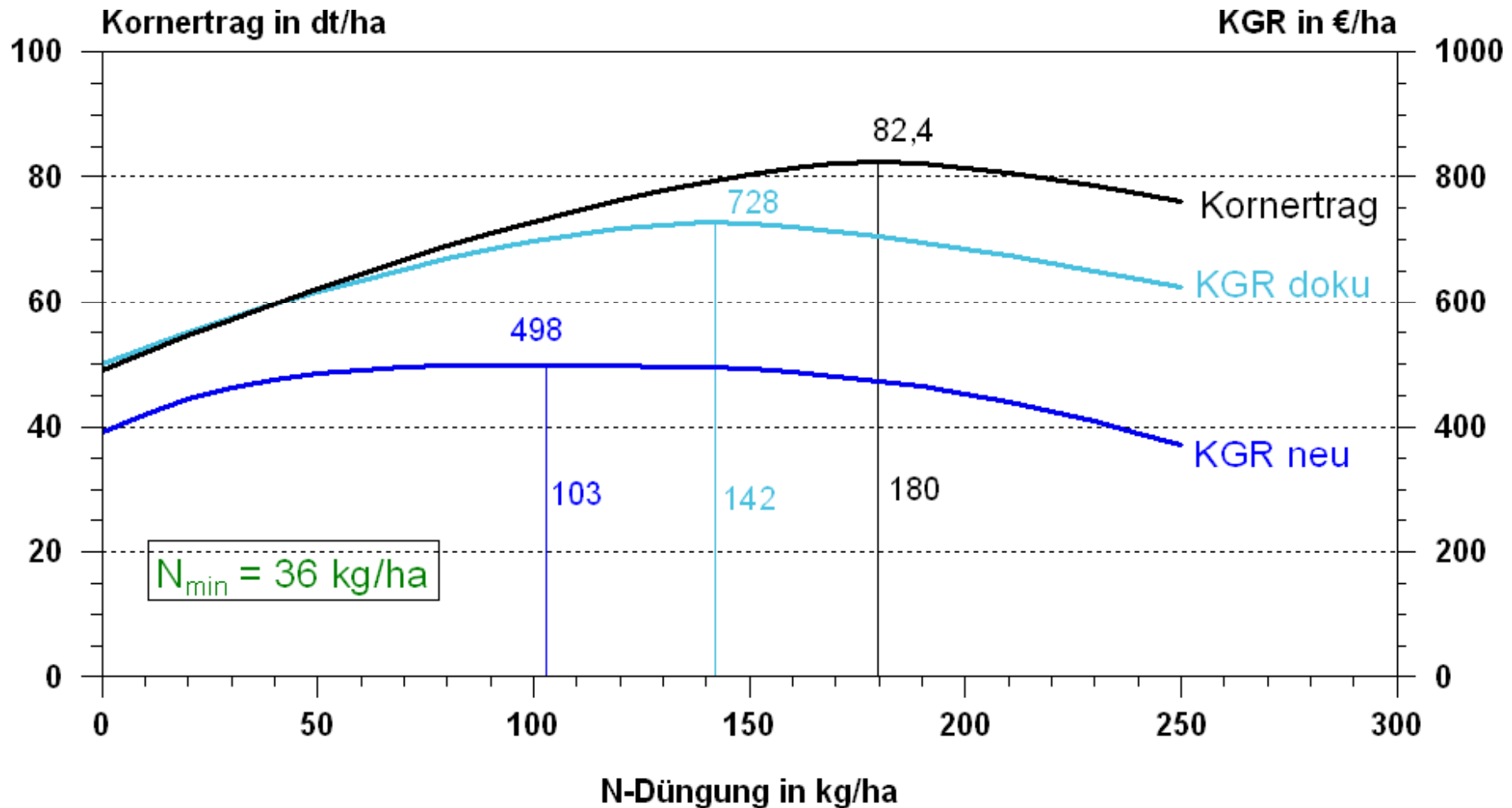




# Wi-Gerste



## Kornertrag und korrigierter Geldrohertrag in Abhängigkeit von der N-Düngung





### Überprüfung der SBA-Empfehlung zu **Wi-Gerste**:

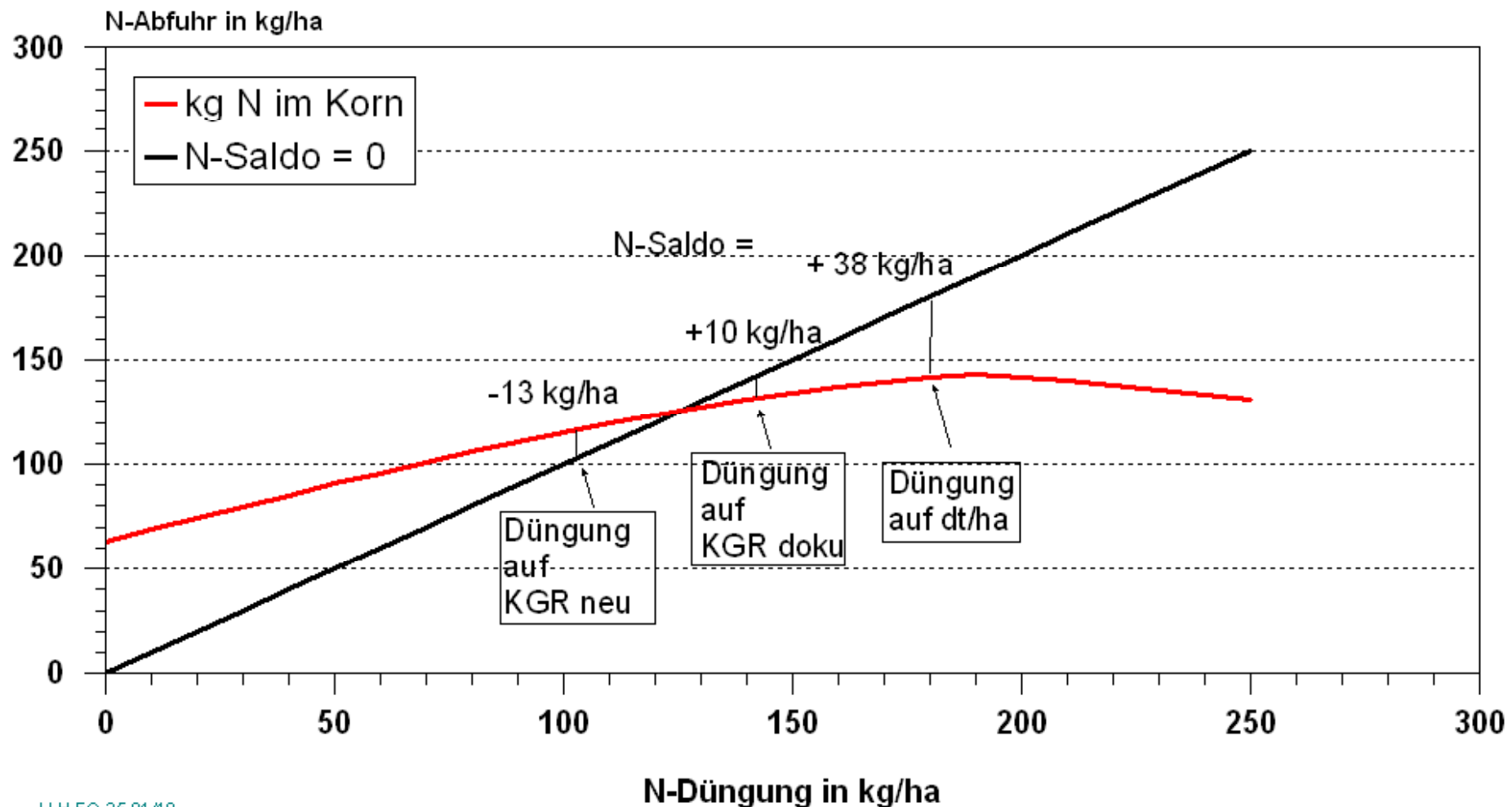
Laut Versuchsserie	zu KGR neu:	zu Kornertrag:
	103 kgN/ha	180 kgN/ha
zuzüglich kgN <sub>min</sub> /ha	36 kgN/ha	36 kgN/ha
= Summe	139 kgN/ha	216kgN/ha

SBA-Empfehlung = S 110 + 30 + 60 = **200 kgN/ha**  
bei Ertrag > 80 dt/ha



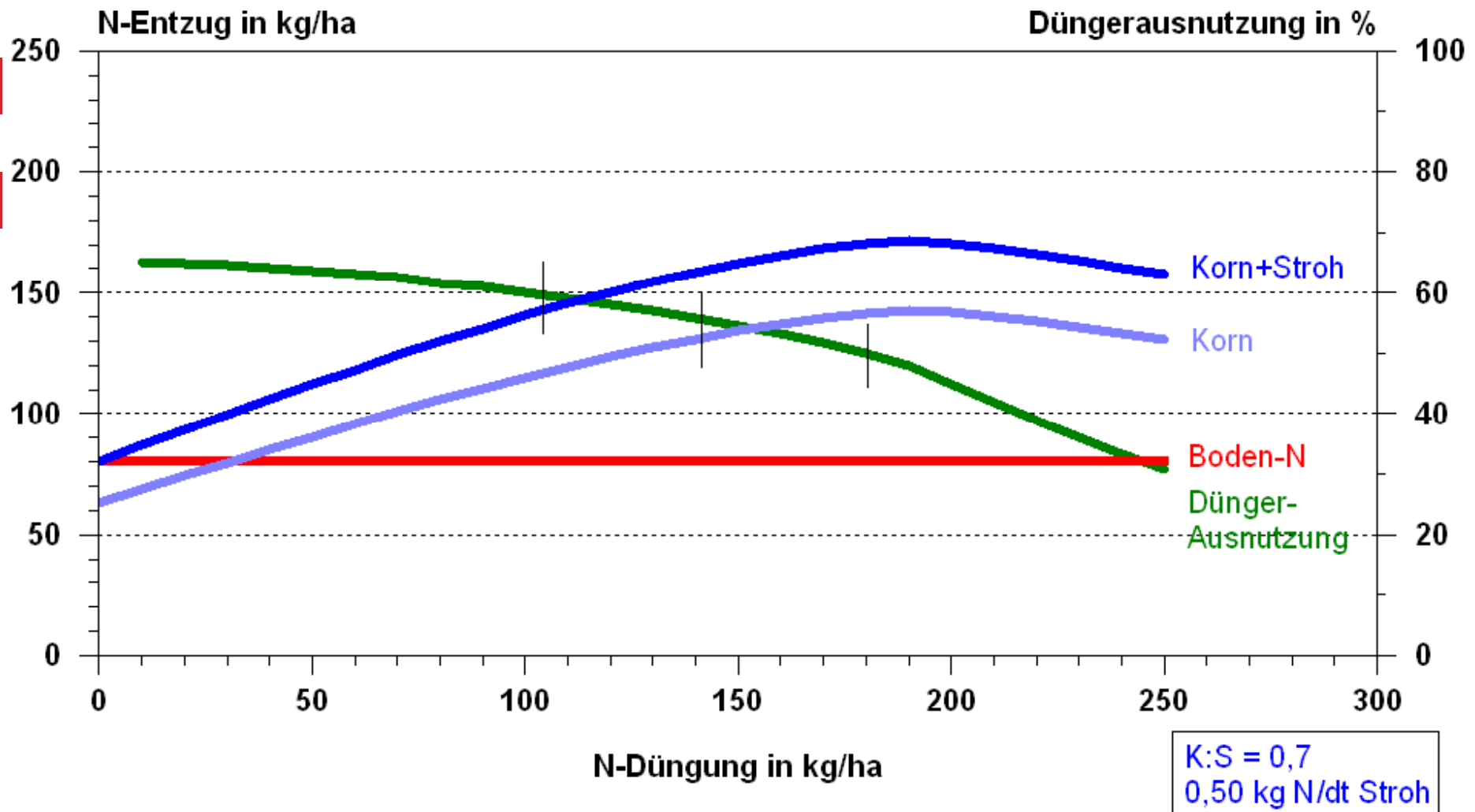
47 Versuche mit Wi-Gerste 1998-09:

## N-Abfuhr im Korn und N-Bilanz in Abhängigkeit von der N-Düngung



47 Versuche mit Wi-Gerste 1998-09:

## N-Entzug in Korn und Stroh und Ausnutzung des Dünger-N in Abhängigkeit von der Höhe der Düngung





## N-Düngebedarfsermittlung zu Wi-Gerste anhand dieses Beispiels: (Angaben in kgN/ha)

$N_{\text{Boden}}$  (N-Null-Variante)..... = 80

$N_{\text{min}}$  bei Vegetationsbeginn..... = 36

$N_{\text{min}}$  bei Vegetationsende (geschätzt)..... = 20

= nutzbares  $N_{\text{min}}$ ..... = 16

Netto-N-Nachlieferung aus Boden  
(= 80 minus nutzbares  $N_{\text{min}}$ )..... = 64

optimale N-Düngung lt. Versuchsserie ..... = 180

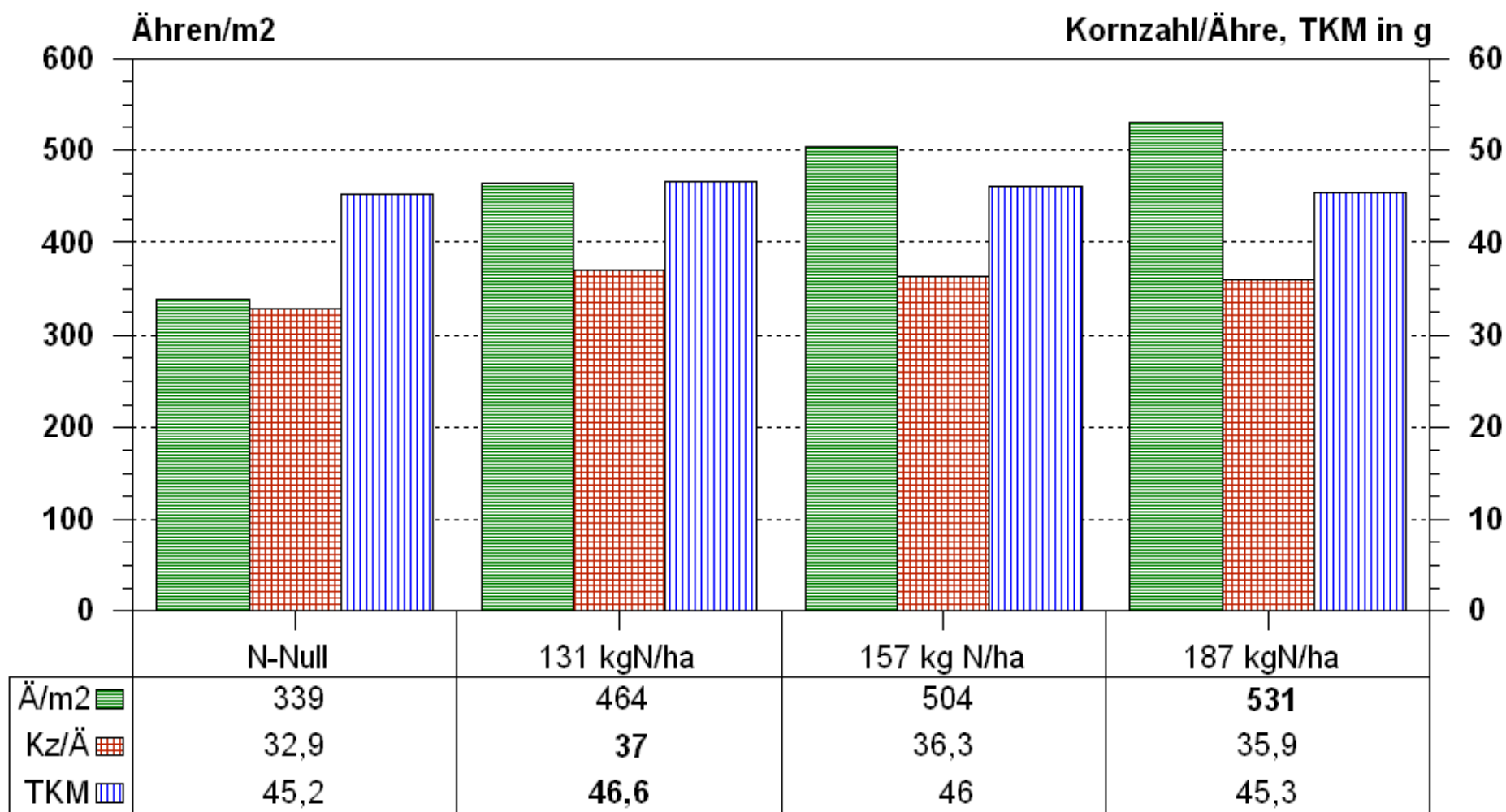
davon ausnutzbar 50 % ..... = 90

Summe des Angebotes aus Boden und Düngung ..... = 170

Bedarf für Korn und Stroh ( $82,4 \times 2,1$ )..... = 173

21/47 Versuche mit Wi-Gerste 1998-09:

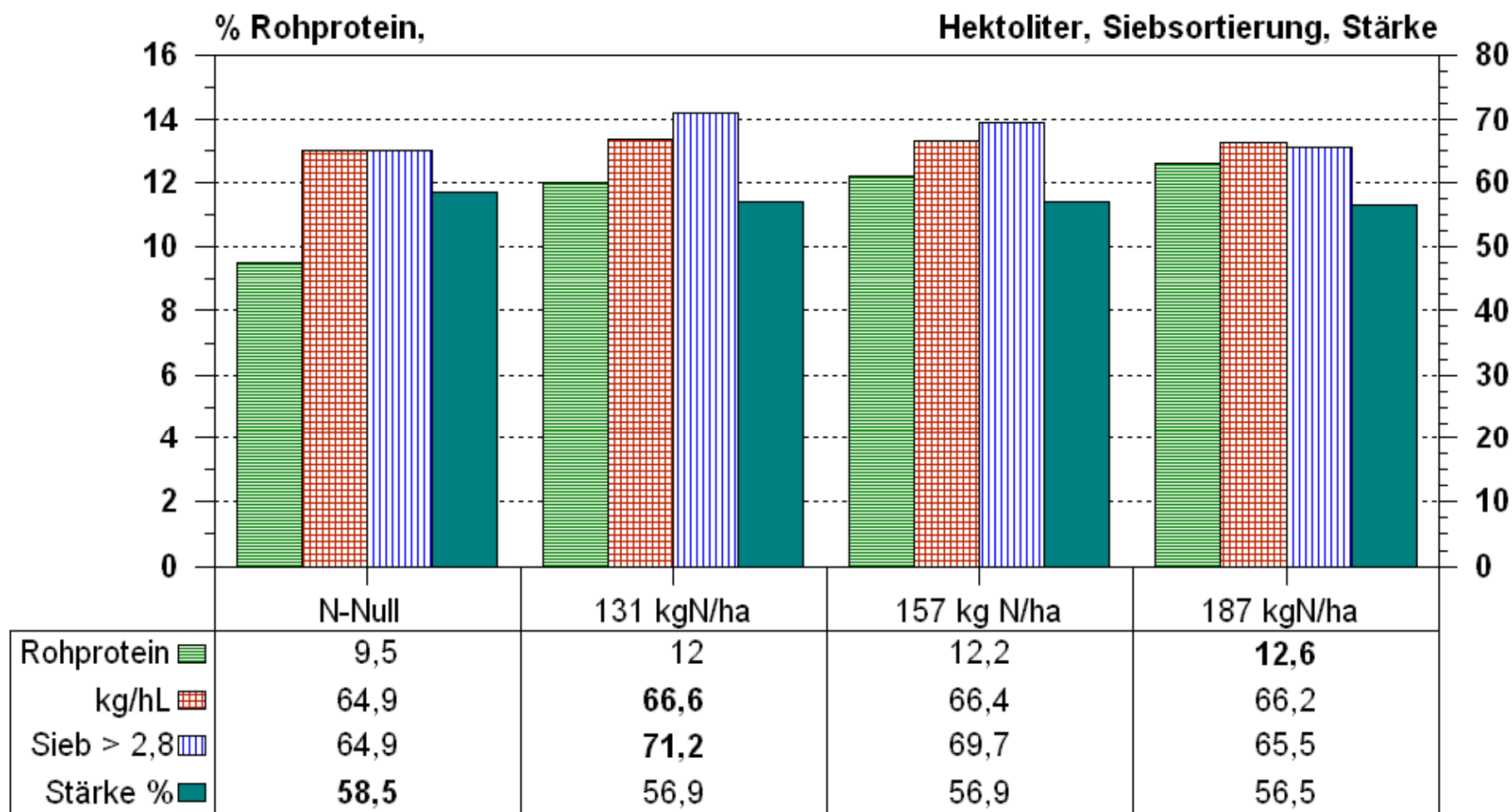
## Ertragskomponenten in Abhängigkeit von der N-Düngung





47/43/22 Versuche mit Wi-Gerste 1998-09:

## Qualitätseigenschaften in Abhängigkeit von der N-Düngung



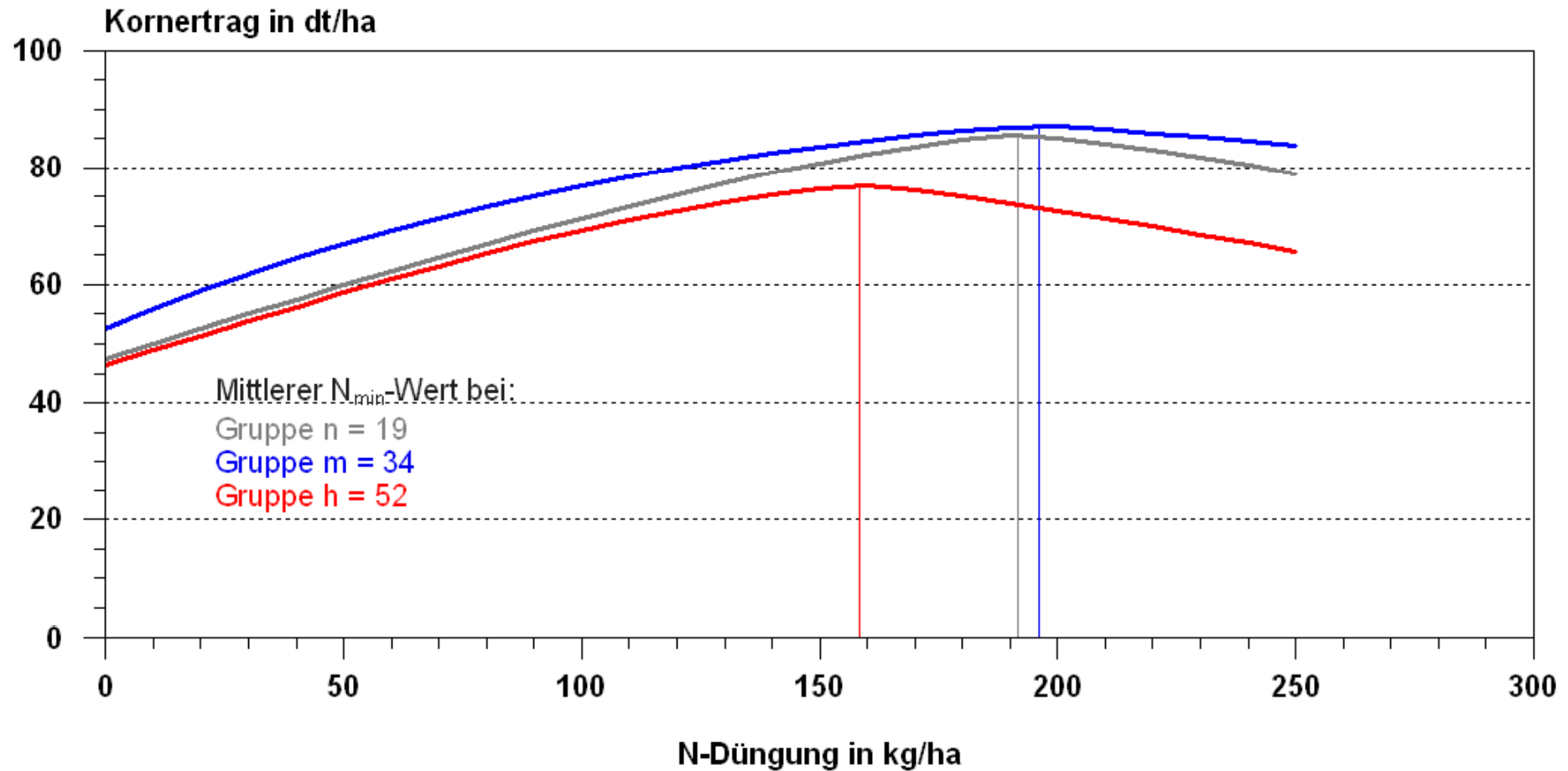
RP und Stärke in % von TM, Siebs. als %-Anteil





47 Versuche mit Wi-Gerste 1998-09:

## Kornertrag bei unterschiedlichen $N_{\min}$ -Gehalten

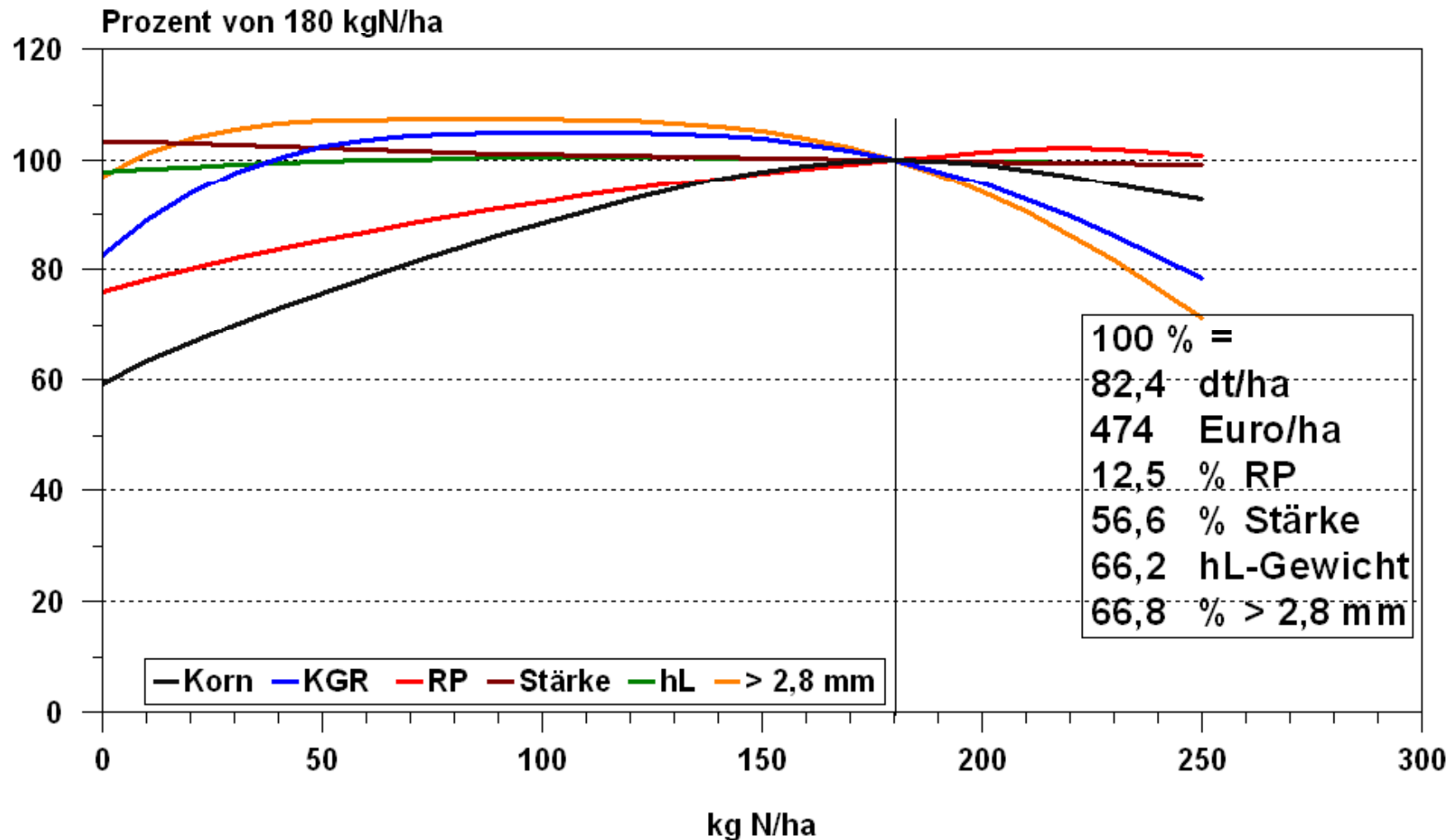


— 9-25 — 26-40 — 41-85 — n=13 — n=18 — n=16



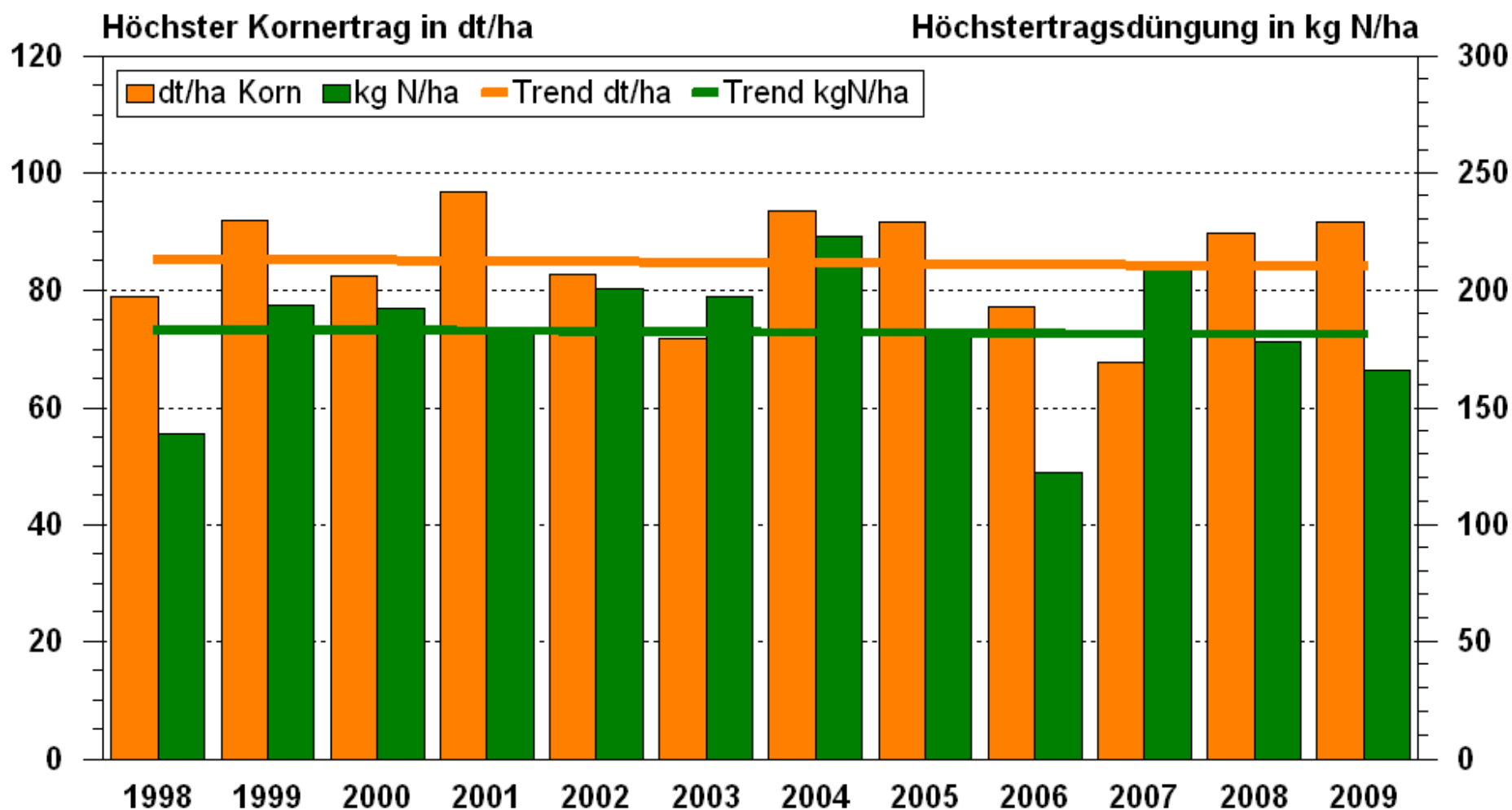
47/22 Versuche mit Wi-Gerste 1998-09:

## Relative Merkmalsänderungen in Abhängigkeit von der N-Düngung



47 Versuche mit Wi-Gerste 1998-09:

## Höchsterttrag und Höchsterttragsdüngung als Jahresmittelwerte



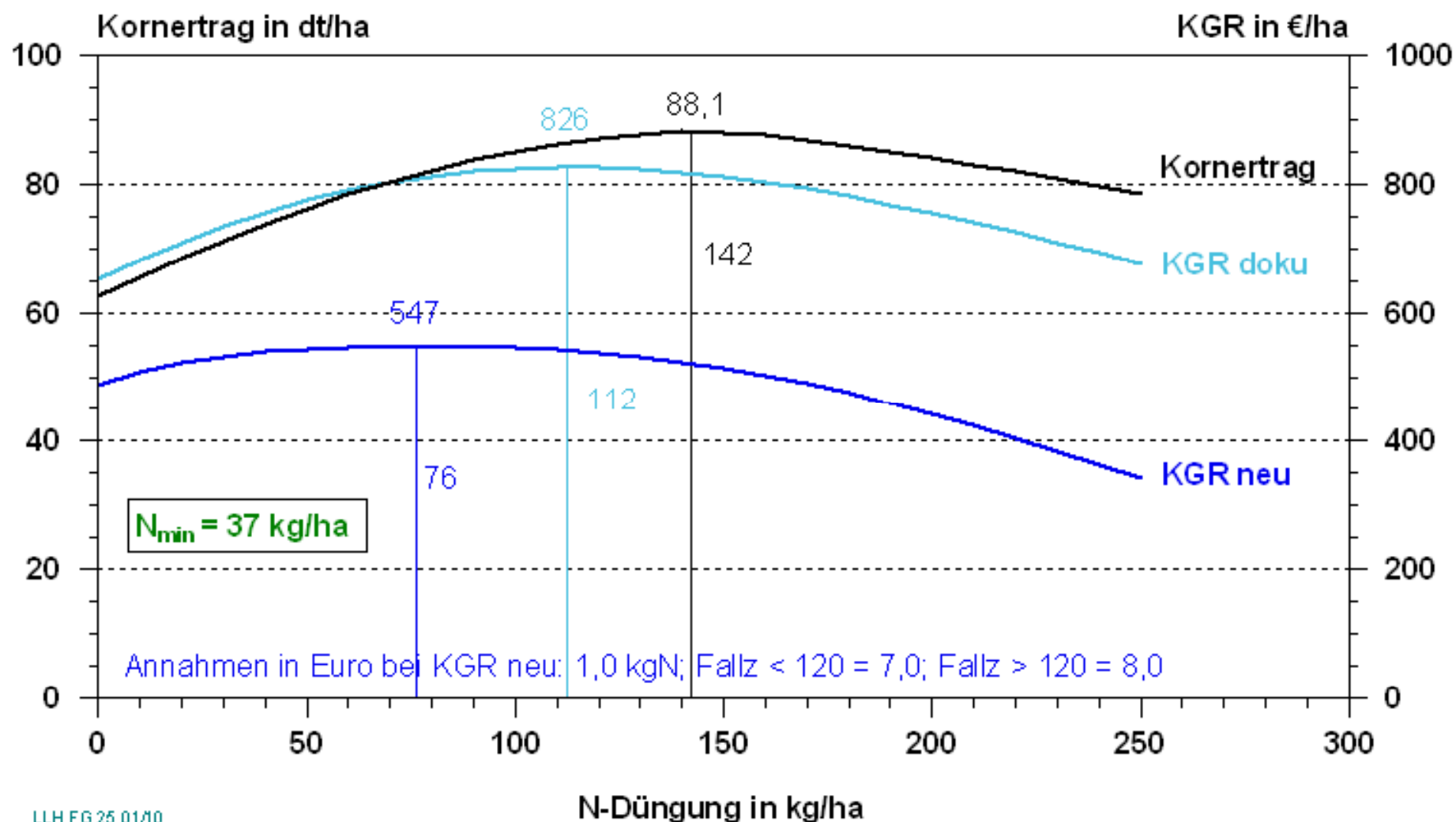


**Wi-Roggen**



38 Versuche mit Wi-Roggen 1998-2009:

## Kornertrag und korrigierter Geldrohertrag in Abhängigkeit von der N-Düngung







### Überprüfung der SBA-Empfehlung zu **Wi-Roggen**:

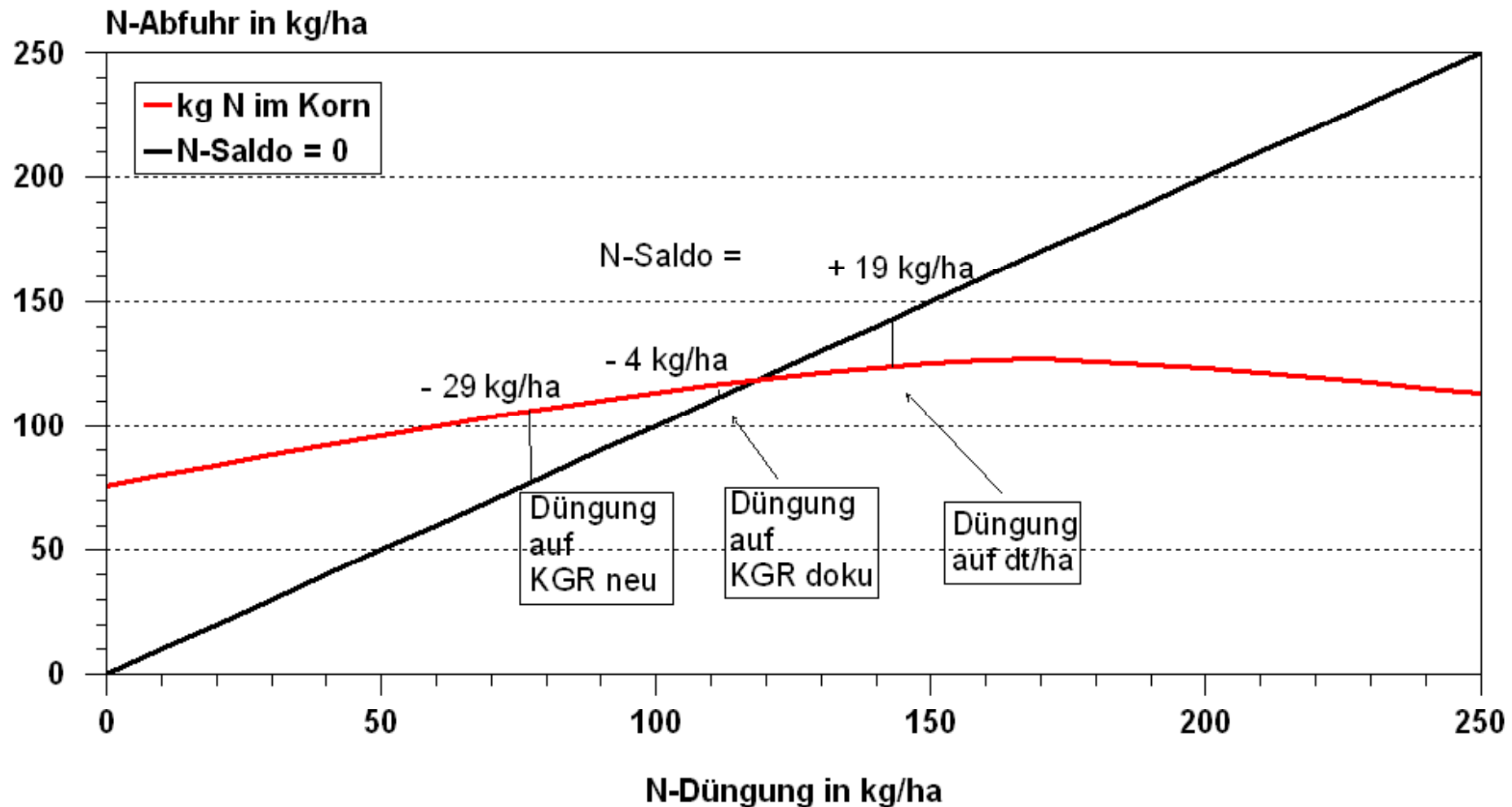
Laut Versuchsserie	zu KGR neu:	zu Kornertrag:
	76 kgN/ha	142 kgN/ha
zuzüglich kgN <sub>min</sub> /ha	37 kgN/ha	37 kgN/ha
= Summe	<b>113 kgN/ha</b>	<b>179 kgN/ha</b>

SBA-Empfehlung = S 100 + 30 + 40 = **170 kgN/ha**



38 Versuche mit Wi-Roggen 1998-2009:

## N-Abfuhr im Korn und N-Bilanz in Abhängigkeit von der N-Düngung

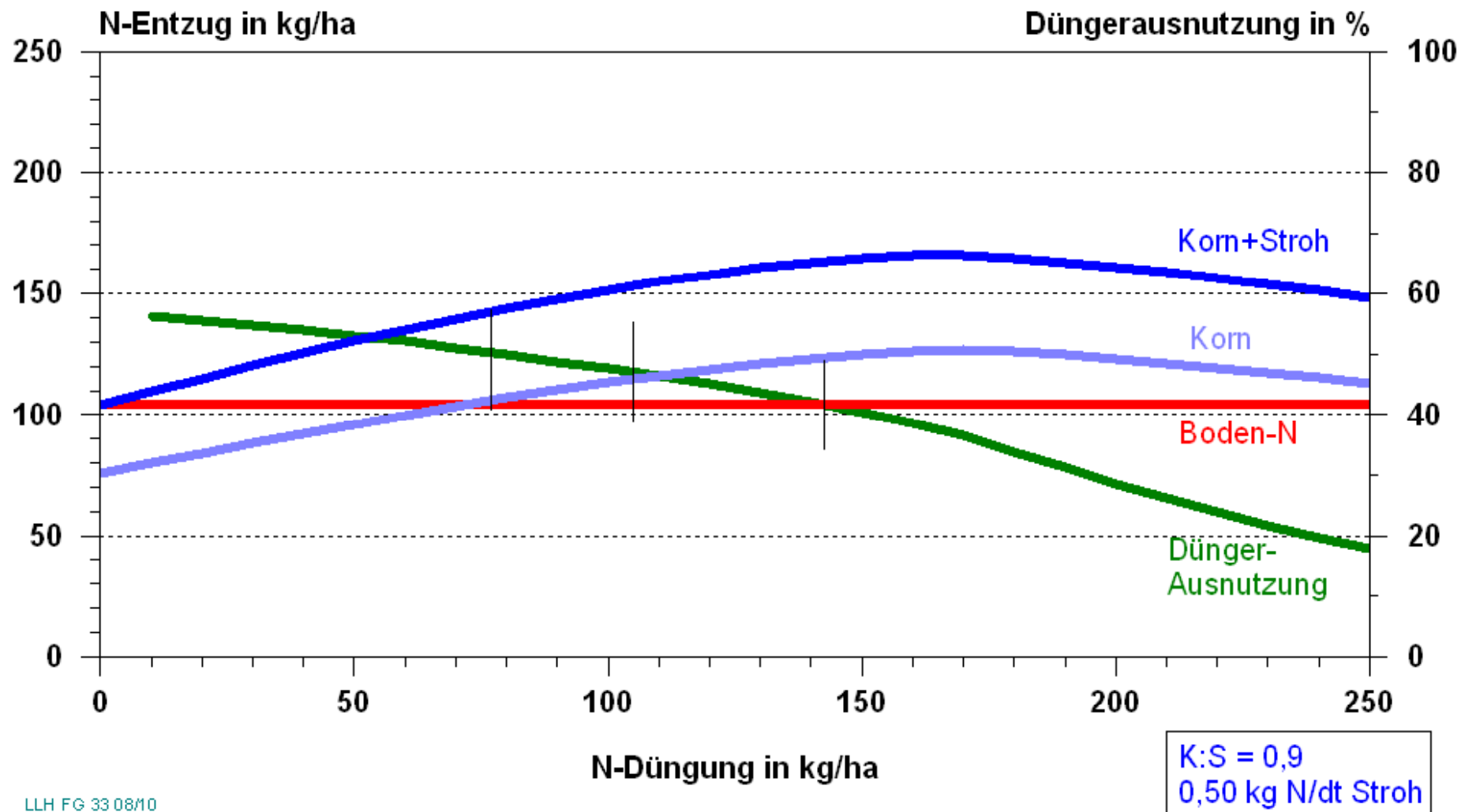






38 Versuche mit Wi-Roggen 1998-2009:

## N-Entzug in Korn und Stroh und Ausnutzung des Dünger-N in Abhängigkeit von der Höhe der Düngung





## N-Düngebedarfsermittlung zu Wi-Roggen anhand dieses Beispiels: (Werte gerundet, Angaben in kgN/ha)

$N_{\text{Boden}}$  (N-Null-Variante)..... = 104

$N_{\text{min}}$  bei Vegetationsbeginn..... = 37

$N_{\text{min}}$  bei Vegetationsende (geschätzt)..... = 20

= nutzbares  $N_{\text{min}}$ ..... = 17

nutzbare Netto-N-Nachlieferung aus Boden

(= 104 minus nutzbares  $N_{\text{min}}$ )..... = 87

optimale N-Düngung lt. Versuchsserie ..... = 142

davon ausnutzbar 45 % ..... = 64

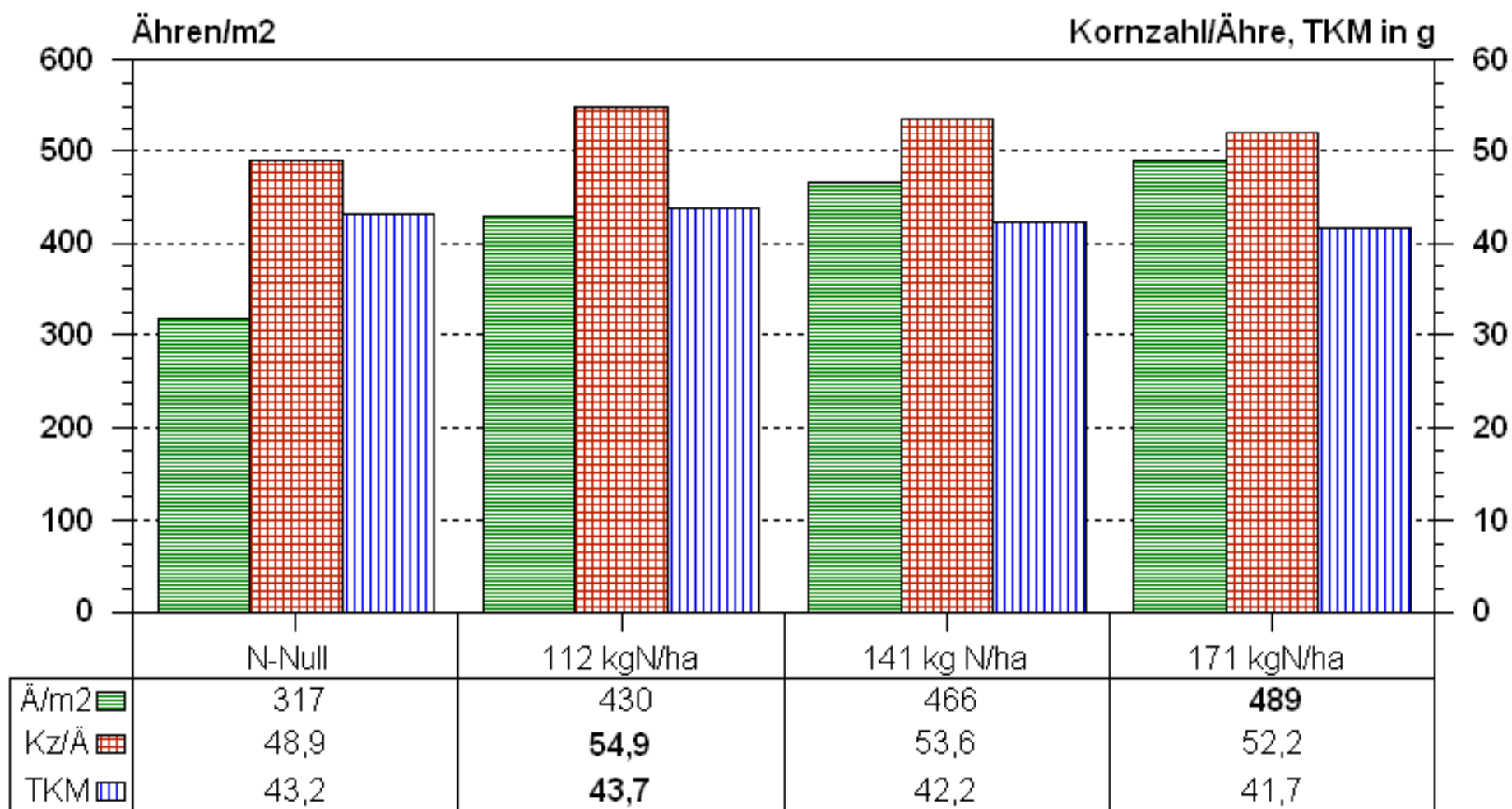
Summe des Angebotes aus Boden und Düngung ..... = 168

Bedarf für Korn und Stroh (88 x 1,96)..... = 172



21/38 Versuche mit Wi-Roggen 1998-2009:

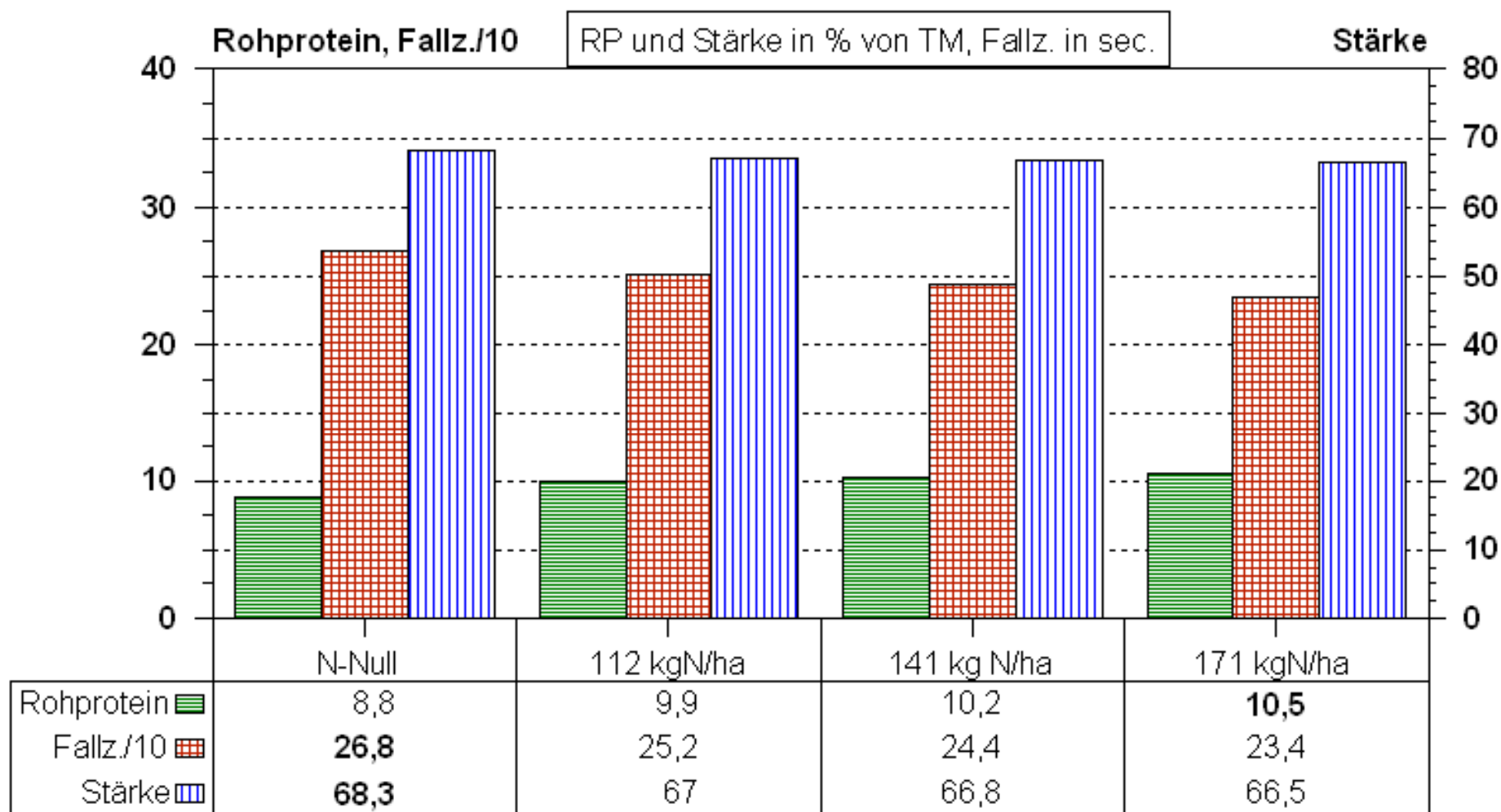
## Ertragskomponenten in Abhängigkeit von der N-Düngung





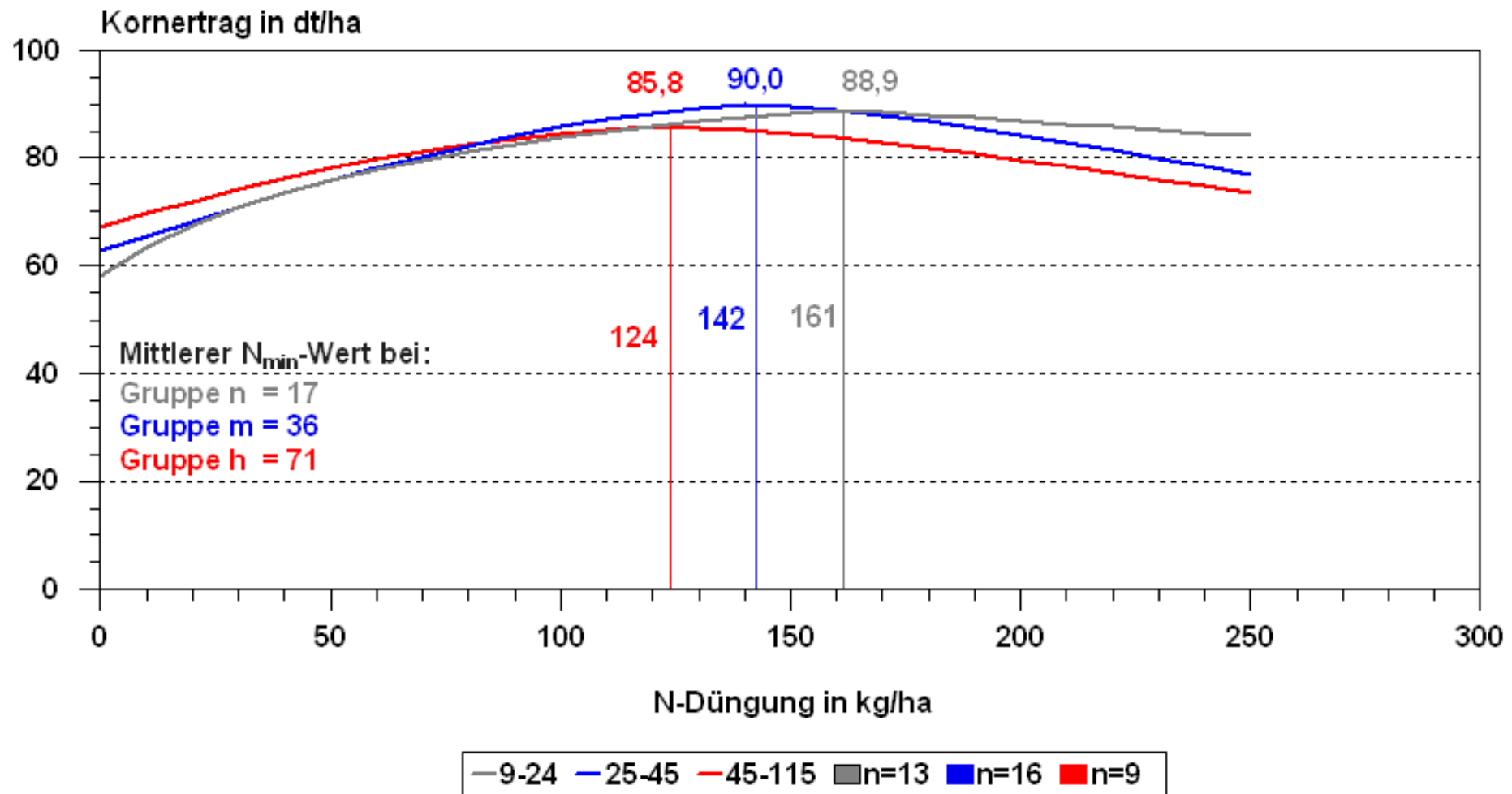
38/32 Versuche mit Wi-Roggen 1998-2009:

## Qualitätseigenschaften in Abhängigkeit von der N-Düngung



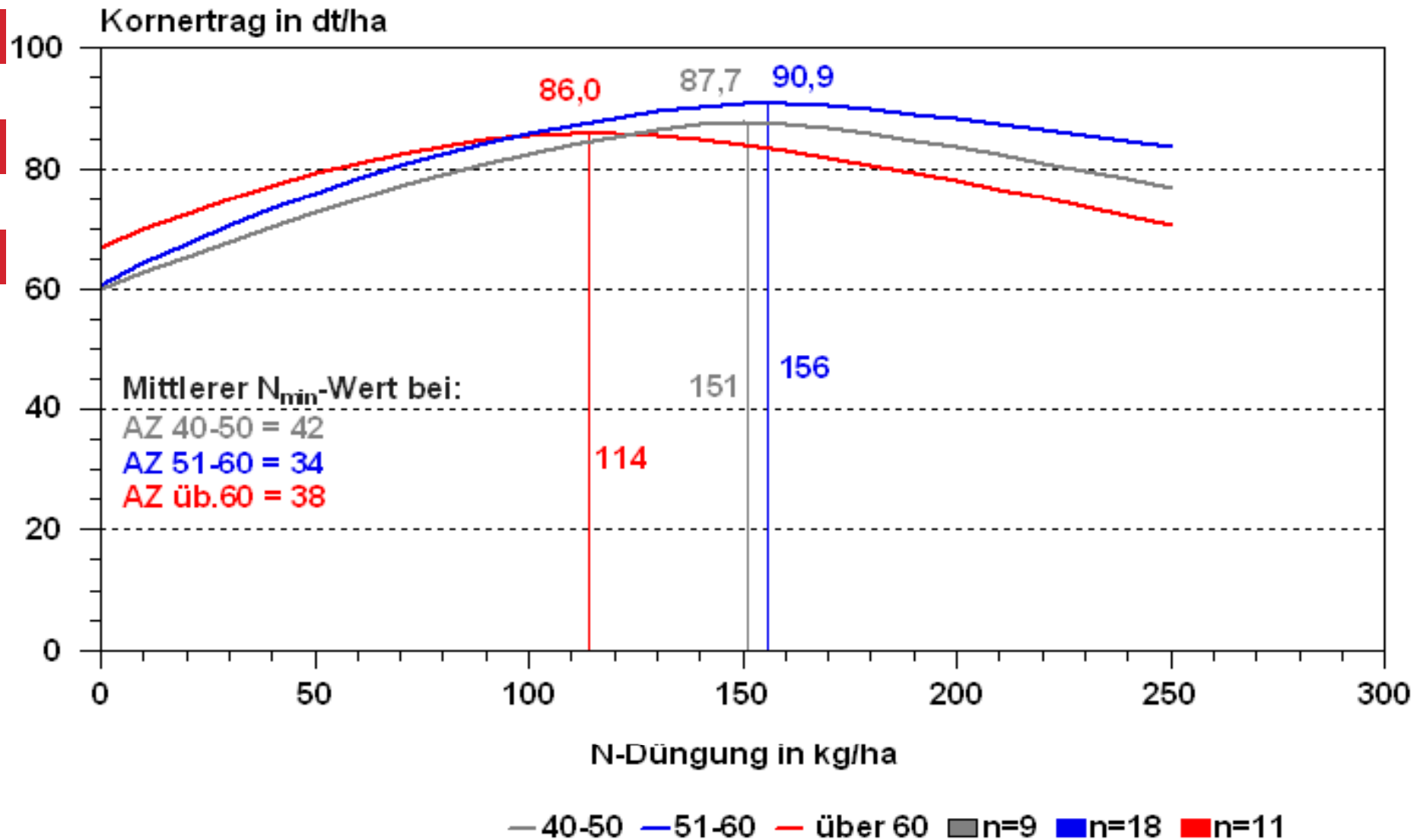
38 Versuche mit Wi-Roggen 1998-2009:

## Kornertrag bei unterschiedlichen $N_{min}$ -Gehalten



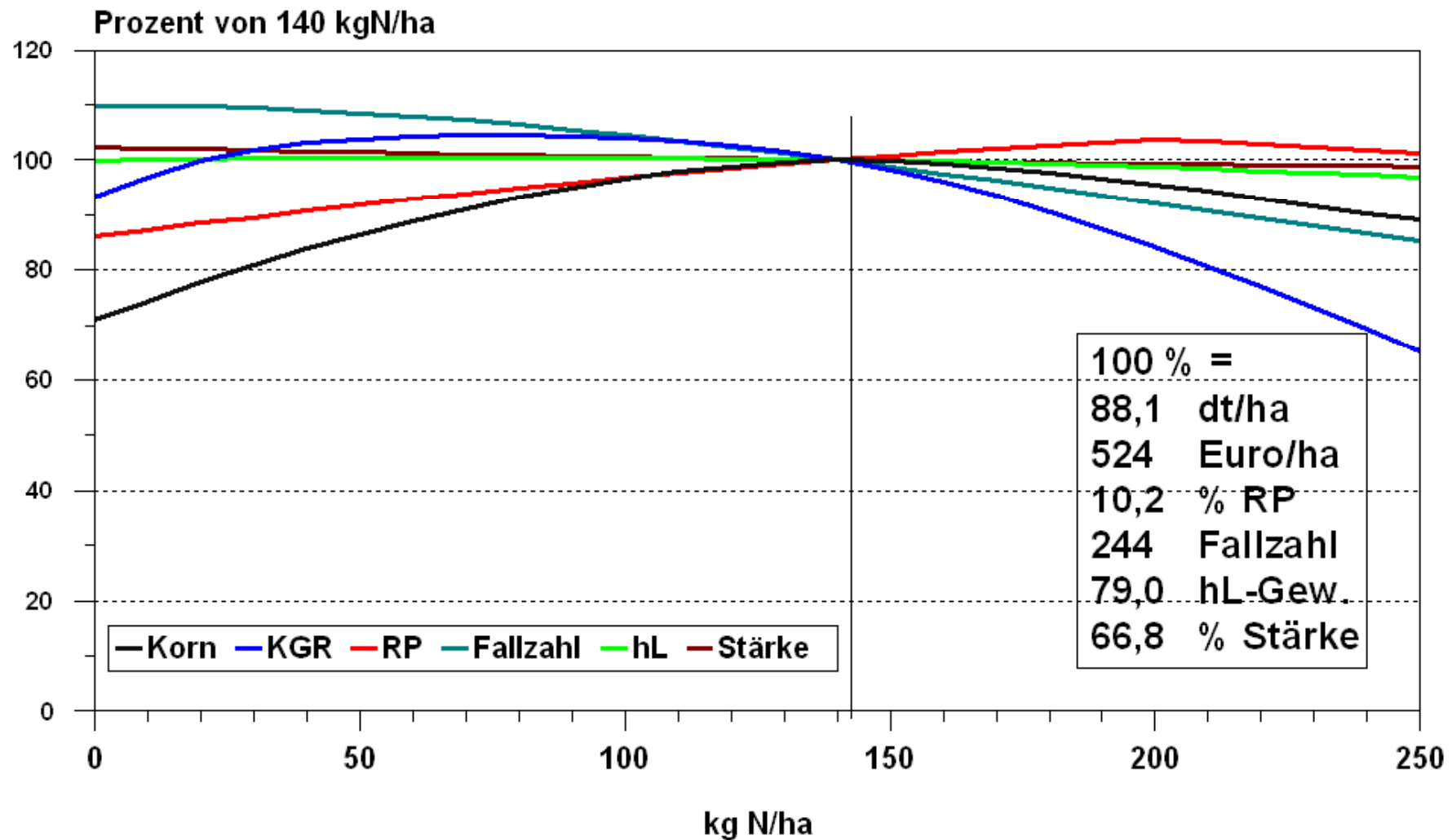


## Kornertrag bei unterschiedlichen Ackerzahlen



38 Versuche mit Wi-Roggen 1998-09:

# Relative Merkmalsänderungen in Abhängigkeit von der N-Düngung

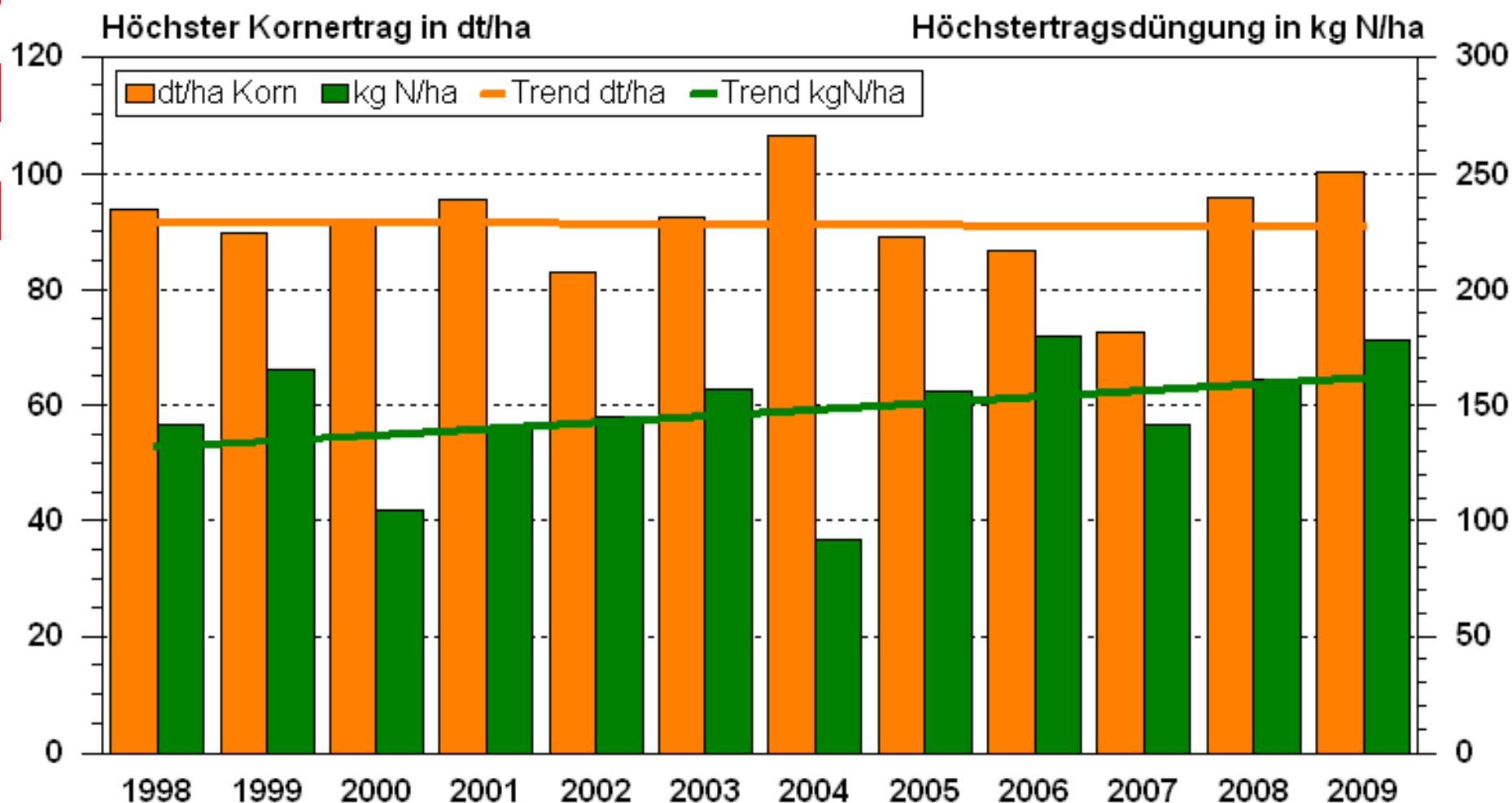






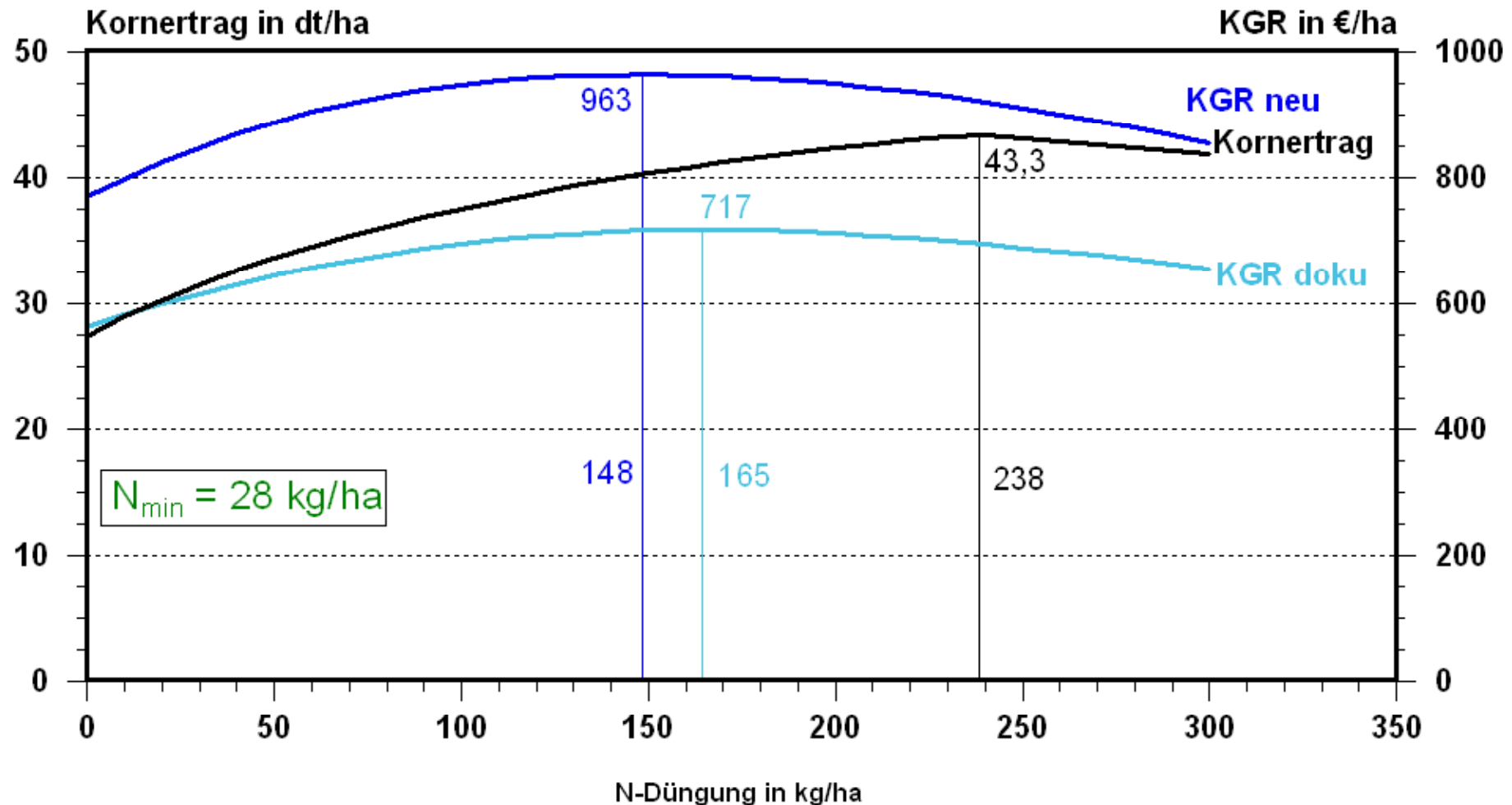
38 Versuche mit Wi-Roggen 1998-2009:

## Höchsterttrag und Höchsterttragsdüngung als Jahresmittelwerte





# Kö-Raps

**48 Versuche mit Kö-Raps 1998-2009:****Kornertrag und korrigierter Geldrohertrag in Abhängigkeit von der N-Düngung**

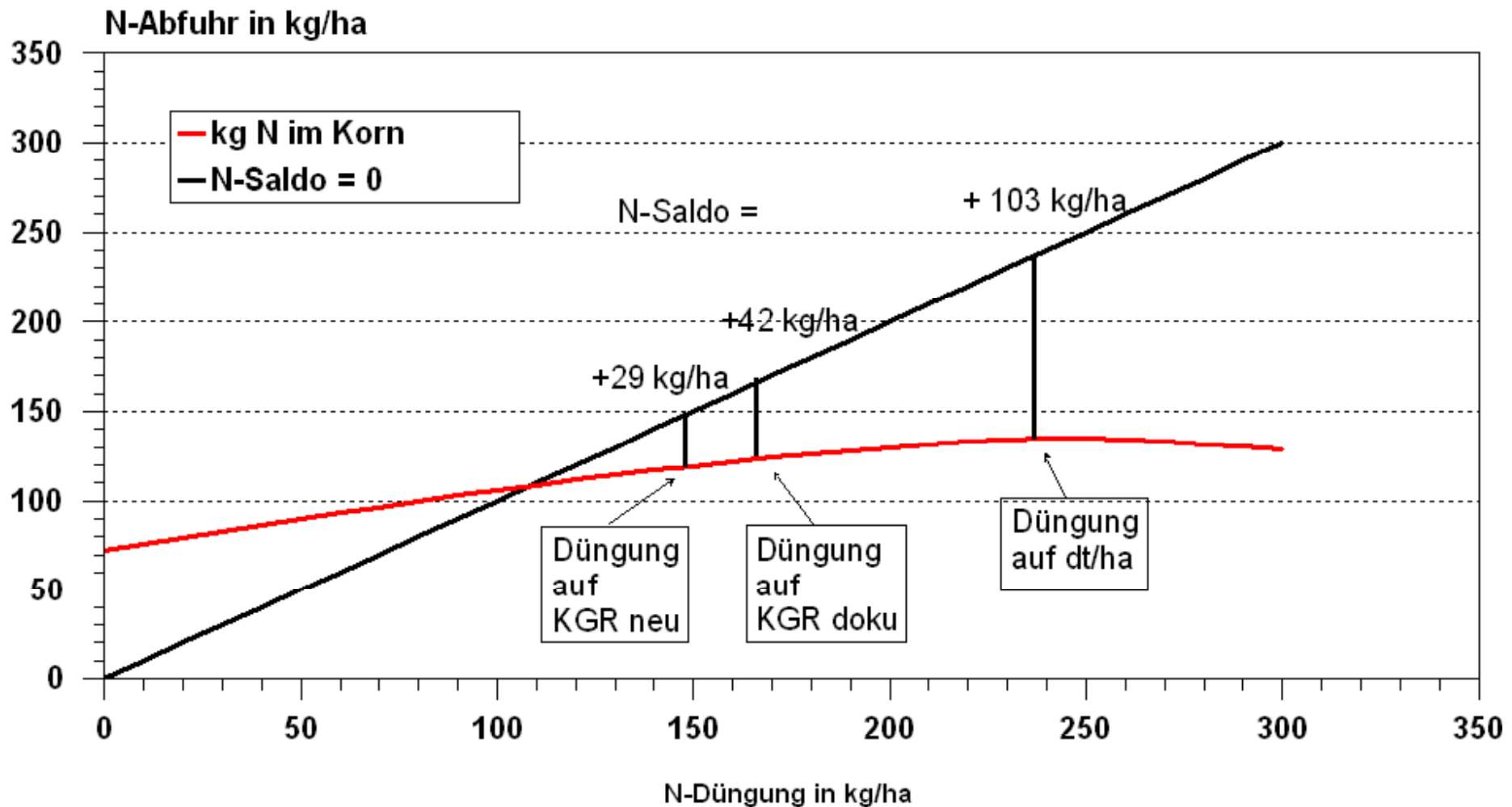


### Überprüfung der SBA-Empfehlung zu **Kö-Raps**:

Laut Versuchsserie	zu KGR neu:	zu Kornertrag:
	148 kgN/ha	238 kgN/ha
zuzüglich kgN <sub>min</sub> /ha	28 kgN/ha	28 kgN/ha
= Summe	176 kgN/ha	<b>266 kgN/ha</b>

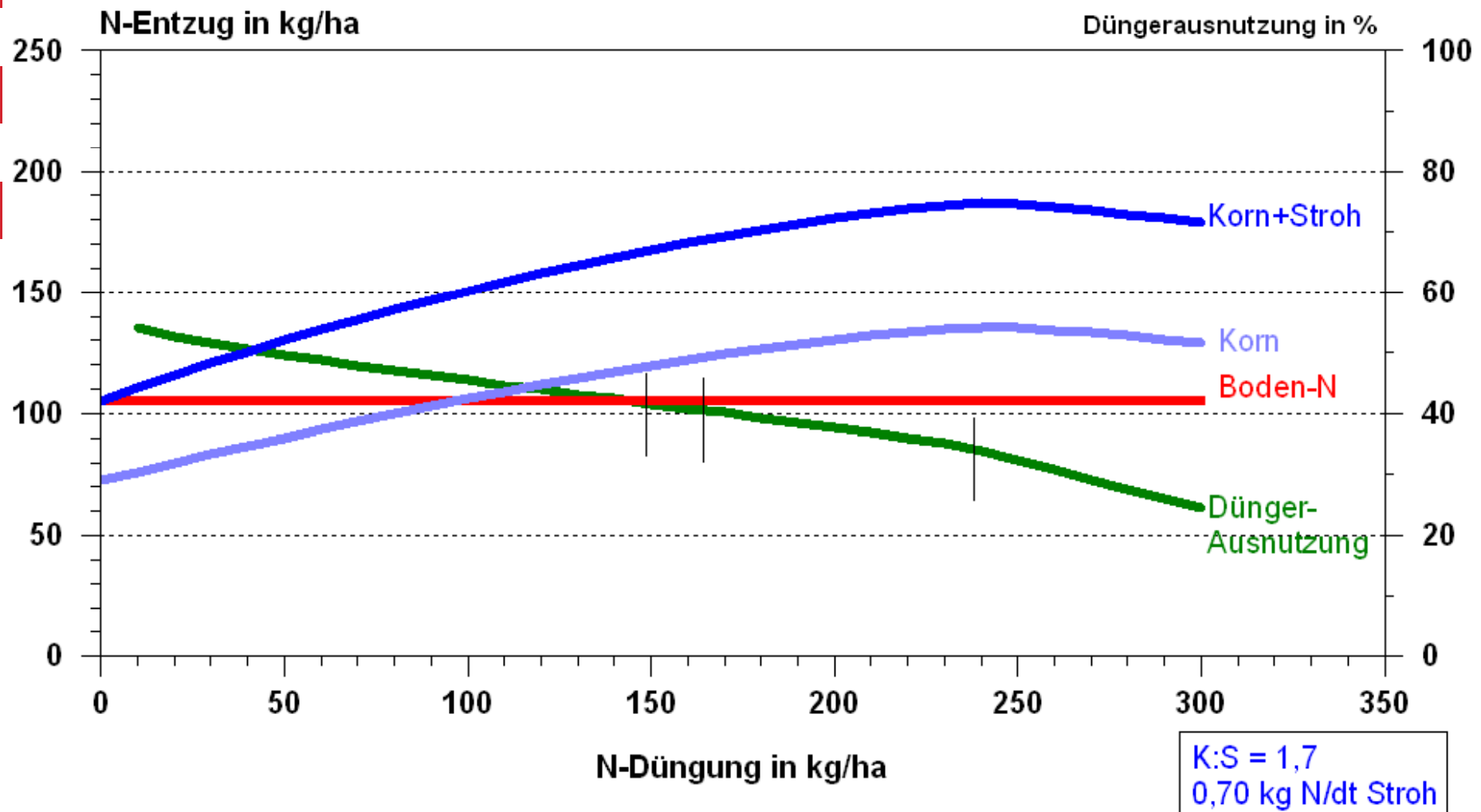
SBA-Empfehlung =  
bei Ertrag ca. 45 dt/ha

Gesamt-S = 290 kgN/ha  
abzüglich  
N-Bestand im Mittel ca. 50 kgN/ha  
= Boden-Sollwert = **240 kgN/ha**

**48 Versuche mit Kö-Raps 1998-2009:****N-Abfuhr im Korn und N-Bilanz in Abhängigkeit von der N-Düngung**

48 Versuche mit Kö-Raps 1998-2009:

## N-Entzug in Korn und Stroh und Ausnutzung des Dünger-N in Abhängigkeit von der Höhe der Düngung





## N-Düngebedarfsermittlung zu Wi-Raps anhand dieses Beispiels: (Werte gerundet, Angaben in kgN/ha)

$N_{\text{Boden}}$  (N-Null-Variante) ..... = 105

$N_{\text{min}}$  bei Vegetationsbeginn..... = 28

$N_{\text{min}}$  bei Vegetationsende (geschätzt)..... = 18

= nutzbares  $N_{\text{min}}$ ..... = 10

nutzbare Netto-N-Nachlieferung aus Boden  
(= 105 minus nutzbares  $N_{\text{min}}$ )..... = 95

optimale N-Düngung lt. Versuchsserie ..... = 238

davon ausnutzbar 40 % ..... = 95

Summe des Angebotes aus Boden und Düngung ..... = 200

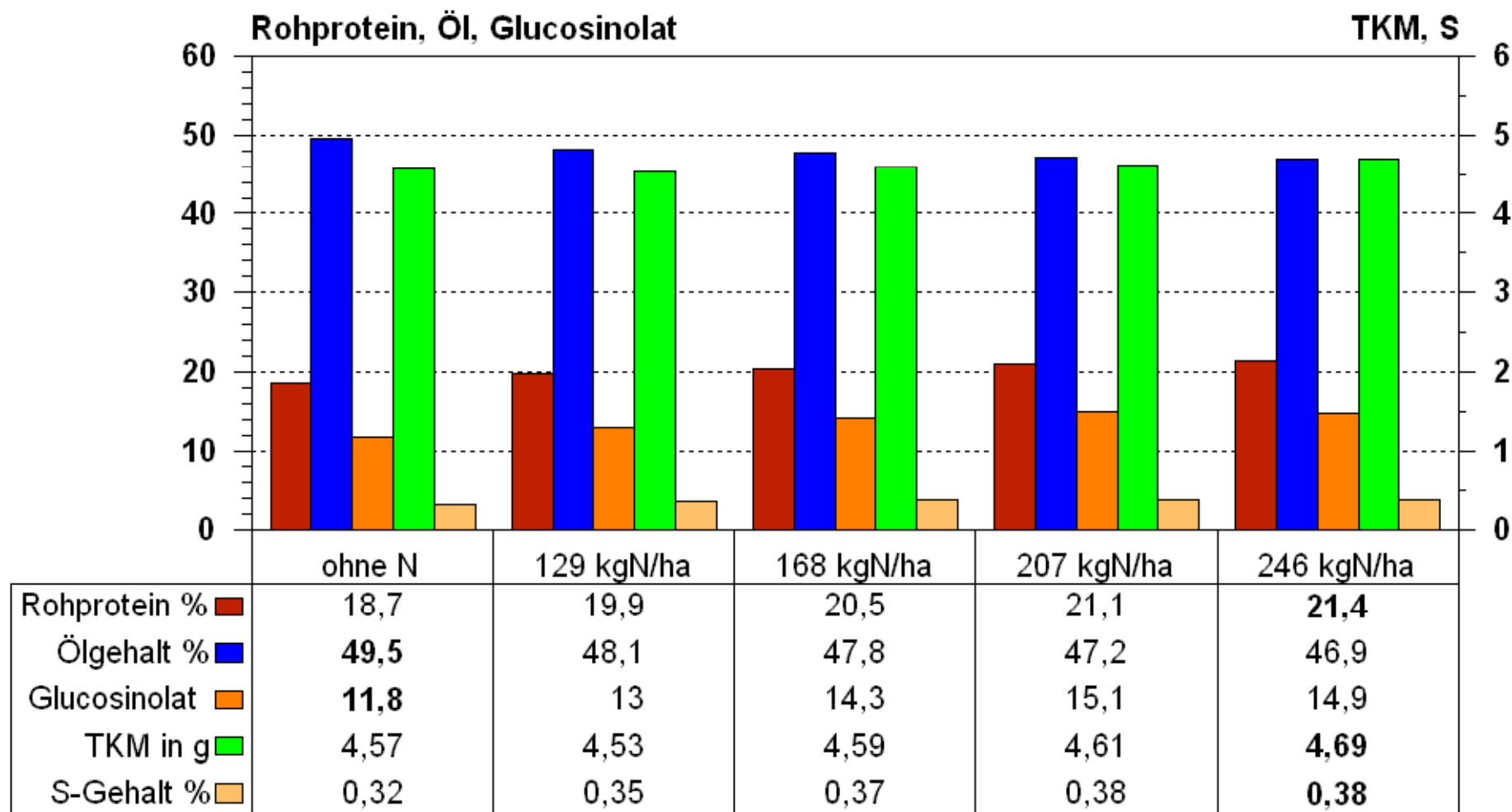
Bedarf für Korn und Stroh (44 x 4,54)..... = 200





## 48 Versuche mit Kö-Raps 1998-2009:

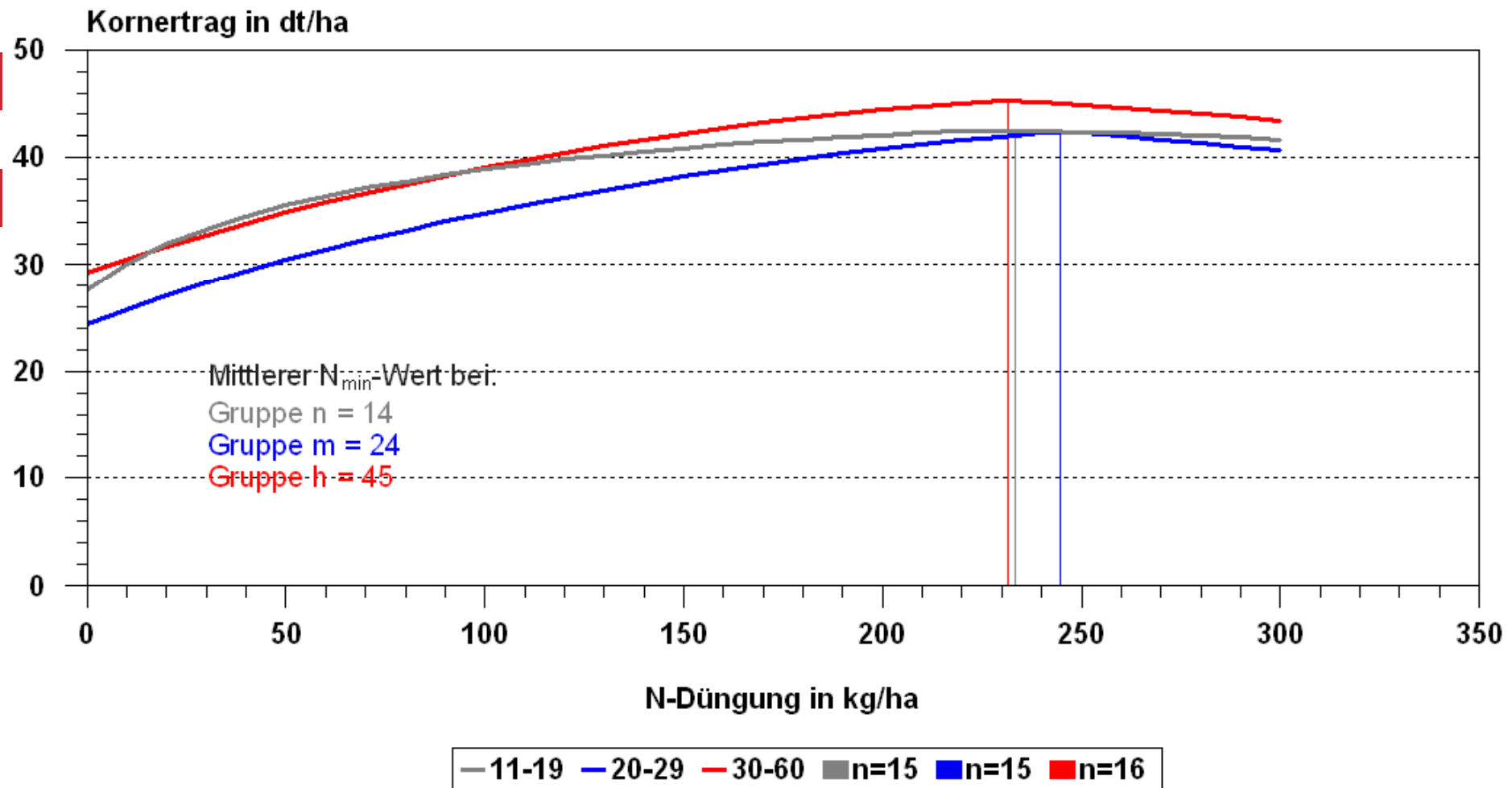
## Einfluss der N-Düngung auf Qualitätsmerkmale



%-Angaben bezogen auf TM; Glucosinolat in mikromol/g TM

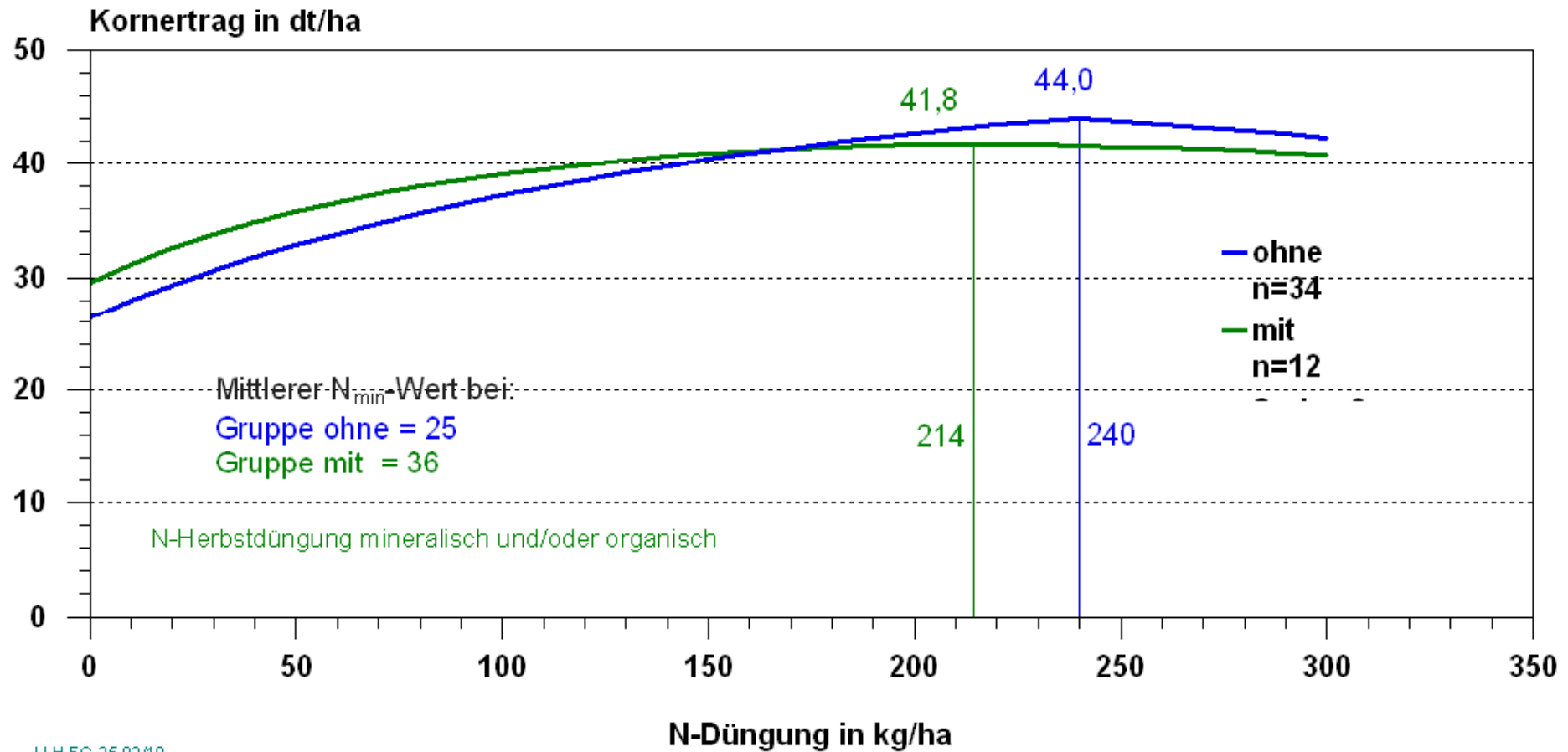
46 Versuche mit Kö-Raps 1998-2009:

## Kornertrag bei unterschiedlichen $N_{\min}$ -Gehalten



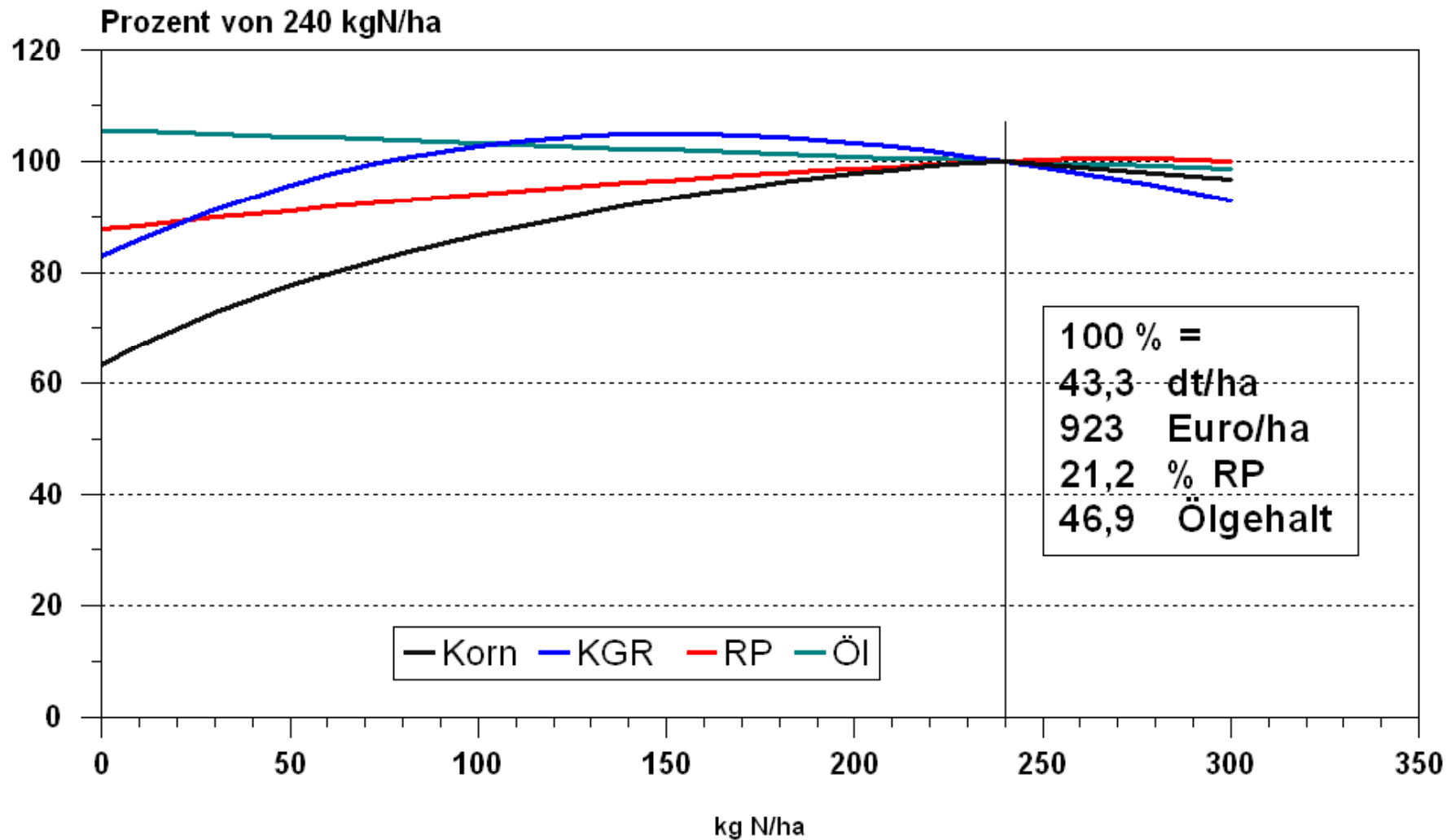
46 Versuche mit Kö-Raps 1998-2009:

## Kornertrag ohne und mit N-Herbstdüngung



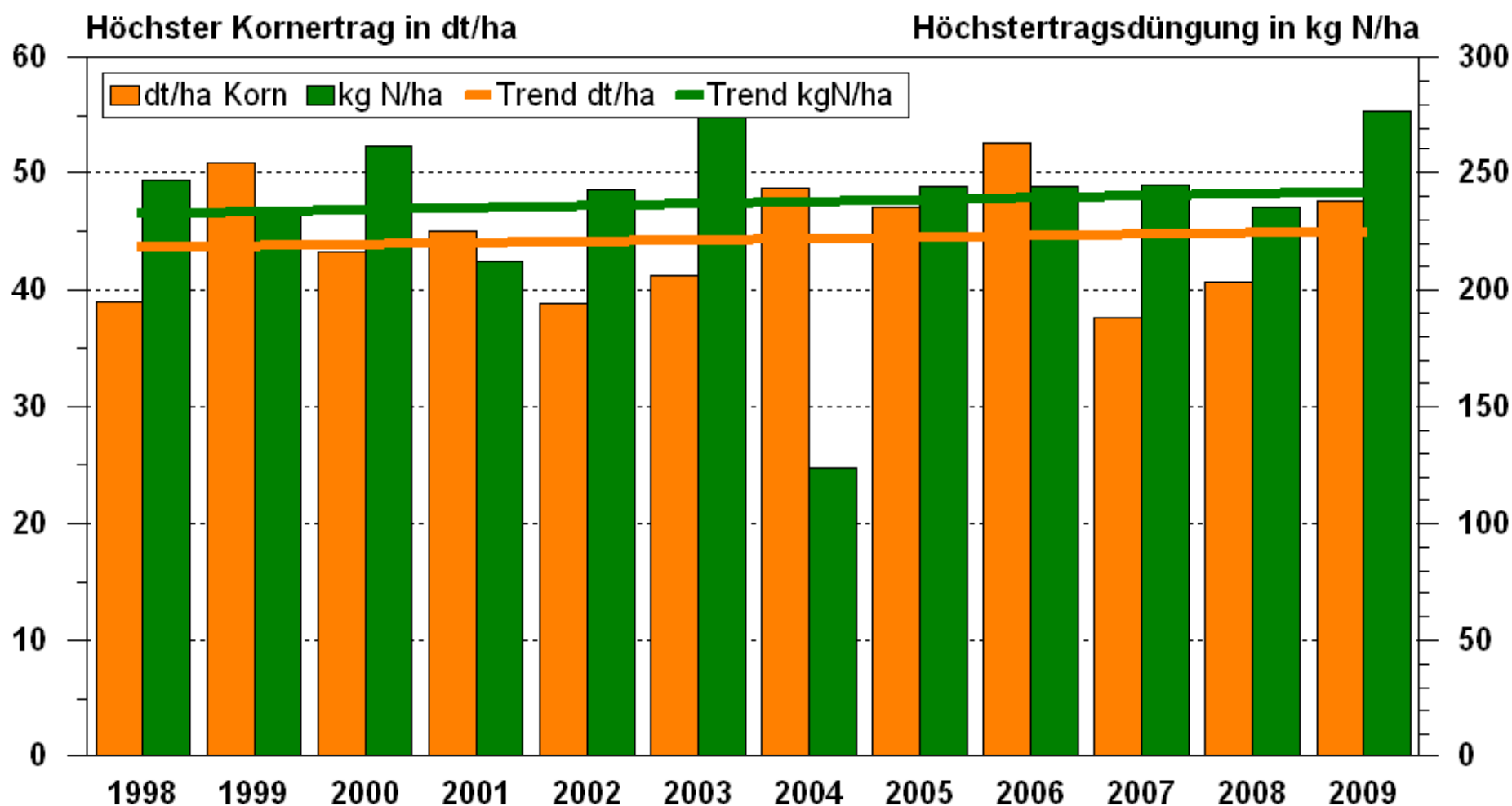
48 Versuche mit Kö-Raps 1998-2009:

## Relative Merkmalsänderungen in Abhängigkeit von der N-Düngung



48 Versuche mit Kö-Raps 1998-2009:

## Höchsterttrag und Höchstertragsdüngung als Jahresmittelwerte





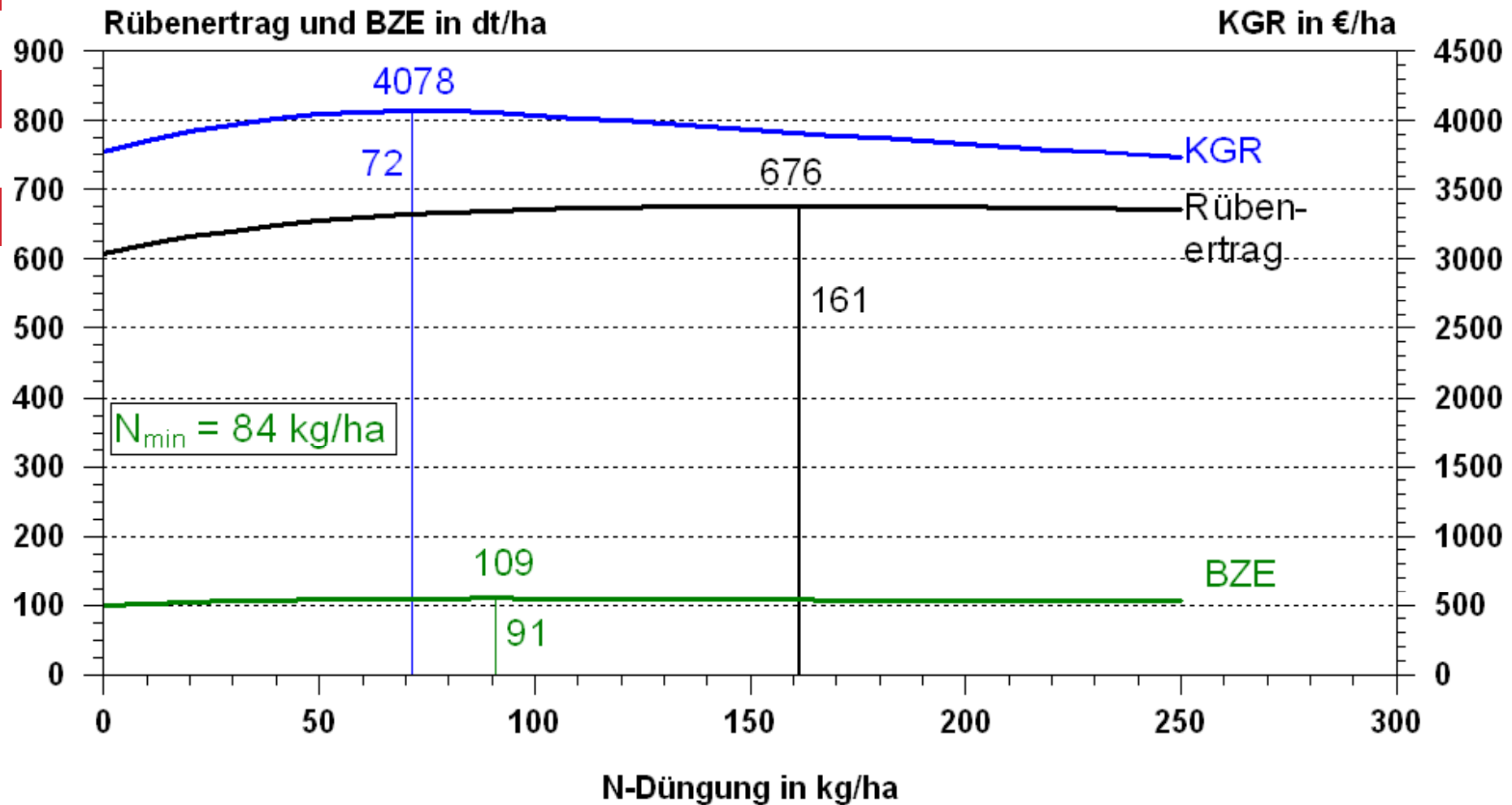
**Zu-Rübe**





41 Versuche mit Zu-Rübe 1996-2009:

## Rüben-ertrag, BZE und korrigierter Geldrohertrag in Abhängigkeit von der N-Düngung



KGR berechnet nach jährlichem Abrechnungsmodus der Zuckerfabrik Wabern



## Überprüfung der SBA-Empfehlung zu **Zu-Rübe**:

Laut Versuchsserie	zu KGR:	zu BZE:
	72kgN/ha	91 kgN/ha
zuzüglich kgN <sub>min</sub> /ha	84 kgN/ha	84 kgN/ha
= Summe	<b>156 kgN/ha</b>	<b>175 kgN/ha</b>

SBA-Empfehlung =  
bei < 600 dt RE/ha  
bei > 600 dt RE/ha

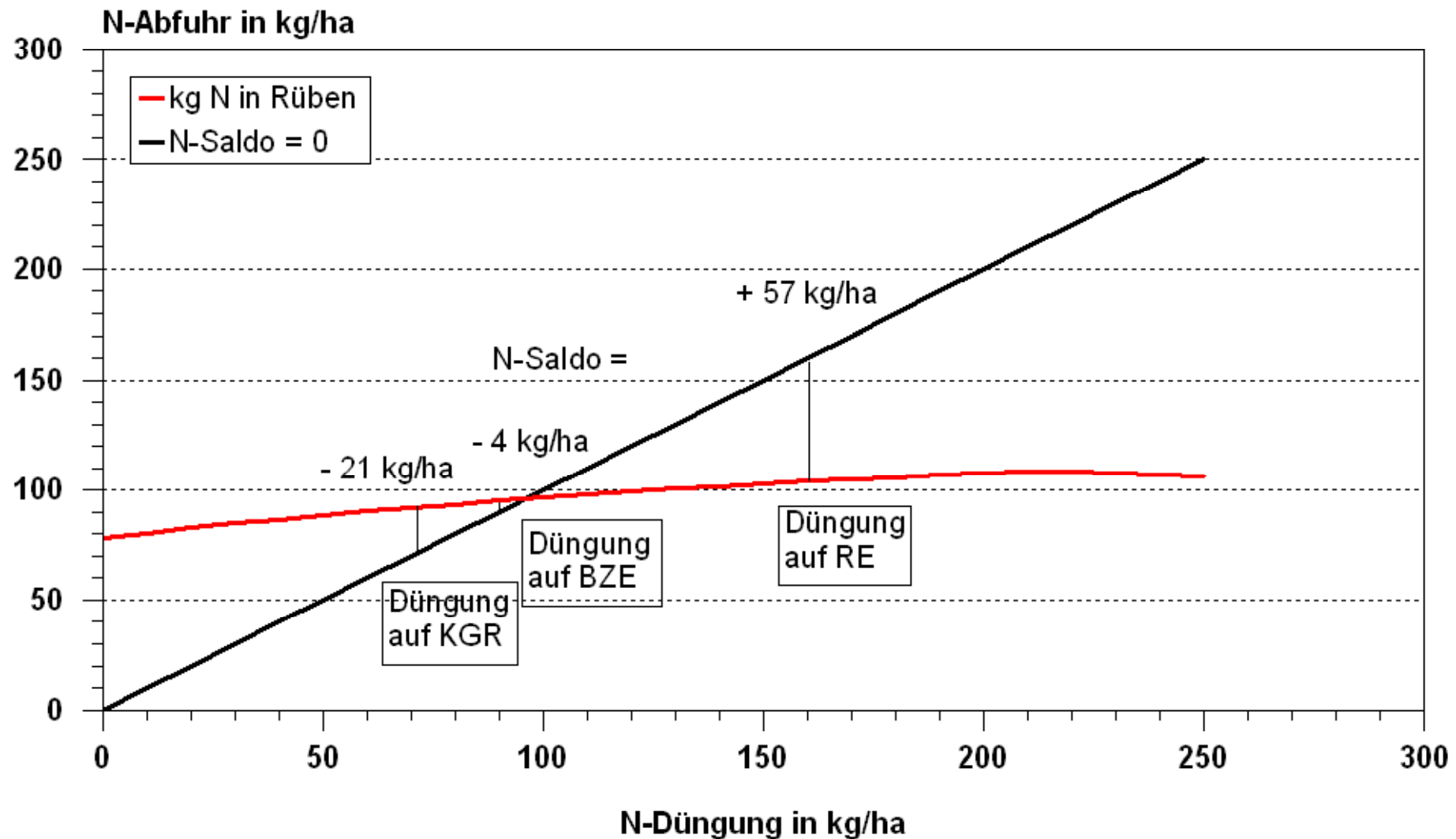
**S 160 kgN/ha**

**S 180 kgN/ha**



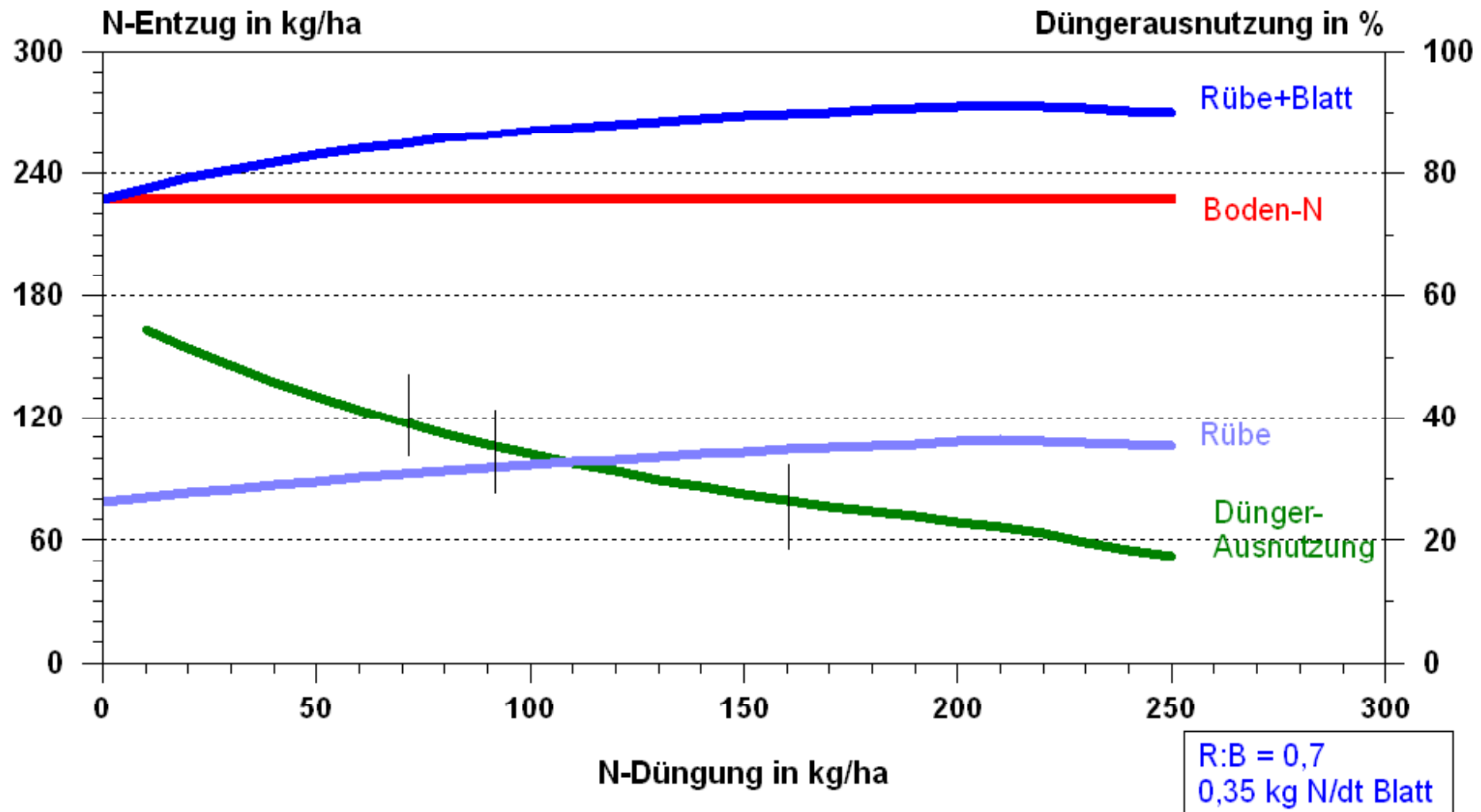
40 Versuche mit Zu-Rübe 1996-2009:

## N-Abfuhr in Rüben und N-Bilanz in Abhängigkeit von der N-Düngung



40 Versuche mit Zu-Rübe 1996-2009:

## N-Entzug in Rübe und Blatt und Ausnutzung des Dünger-N in Abhängigkeit von der Höhe der Düngung





## N-Düngebedarfsermittlung zu Zu-Rübe anhand dieses Beispiels: (Werte gerundet, Angaben in kgN/ha)

$N_{\text{Boden}}$  (N-Null-Variante) ..... = 227

$N_{\text{min}}$  bei Vegetationsbeginn..... = 84

$N_{\text{min}}$  bei Vegetationsende. (geschätzt)..... = 44

= nutzbares  $N_{\text{min}}$ ..... = 40

Netto-N-Nachlieferung aus Boden

(= 227 minus nutzbares  $N_{\text{min}}$ )..... = 187

optimale N-Düngung lt. Versuchsserie (BZE)..... = 91

davon ausnutzbar 35 % ..... = 32

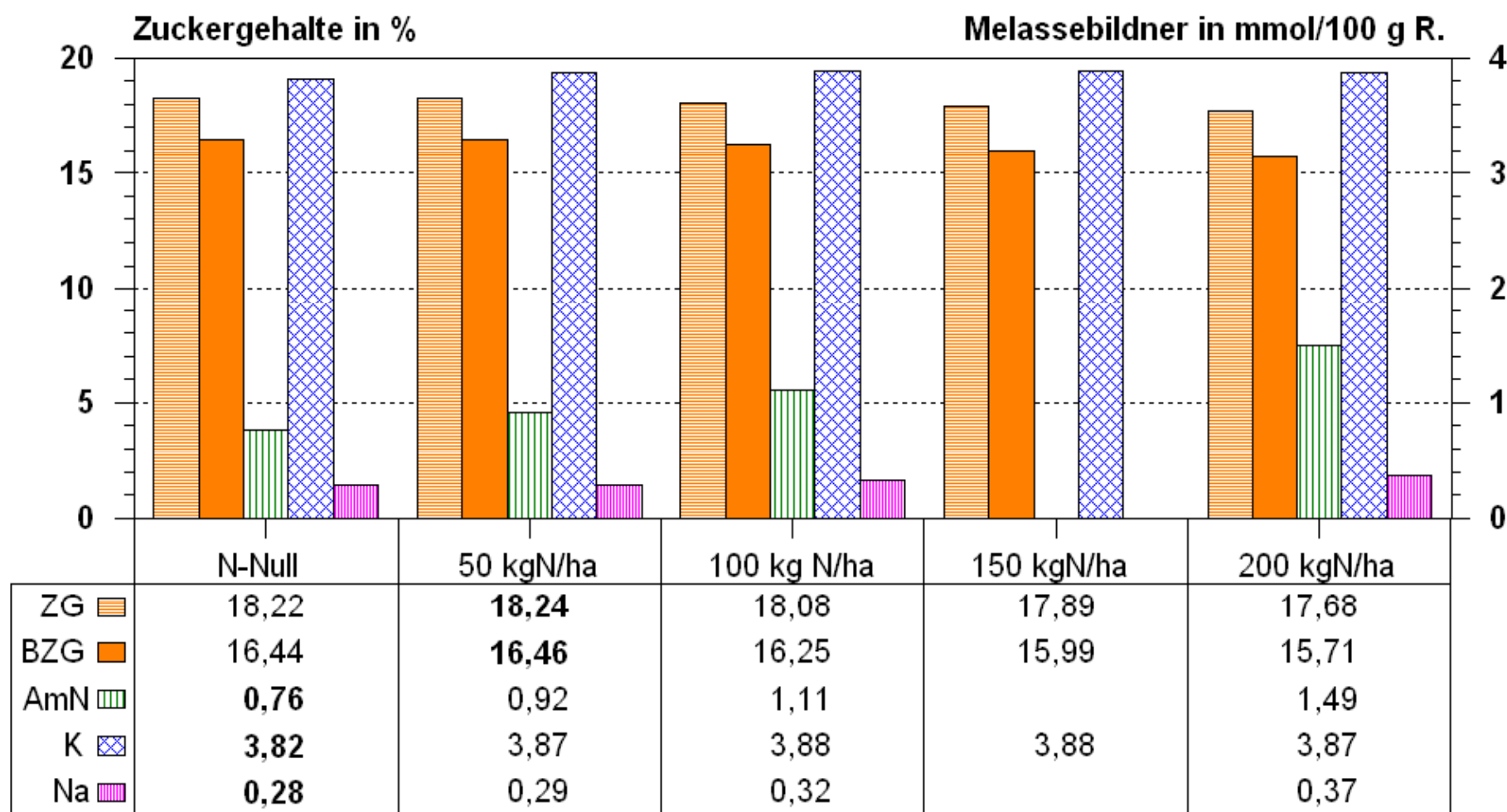
Summe des Angebotes aus Boden und Düngung ..... = 259

Bedarf für Rübe und Blatt ( $675 \times 0,35$ ). ..... = 237



41 Versuche mit Zu-Rübe 1996-2009:

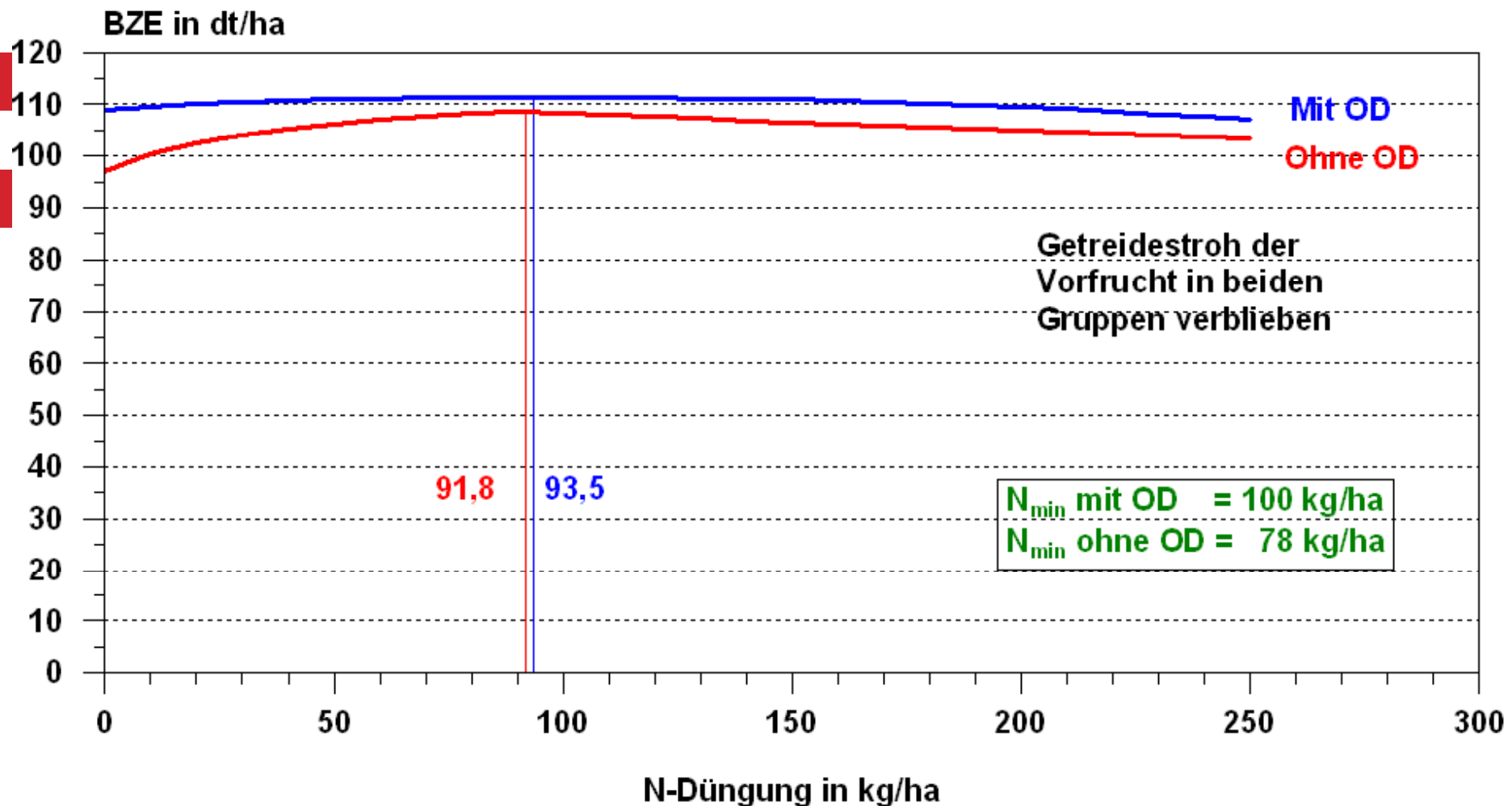
## Qualitätseigenschaften in Abhängigkeit von der N-Düngung





41 Versuche mit Zu-Rübe 1996-2009:

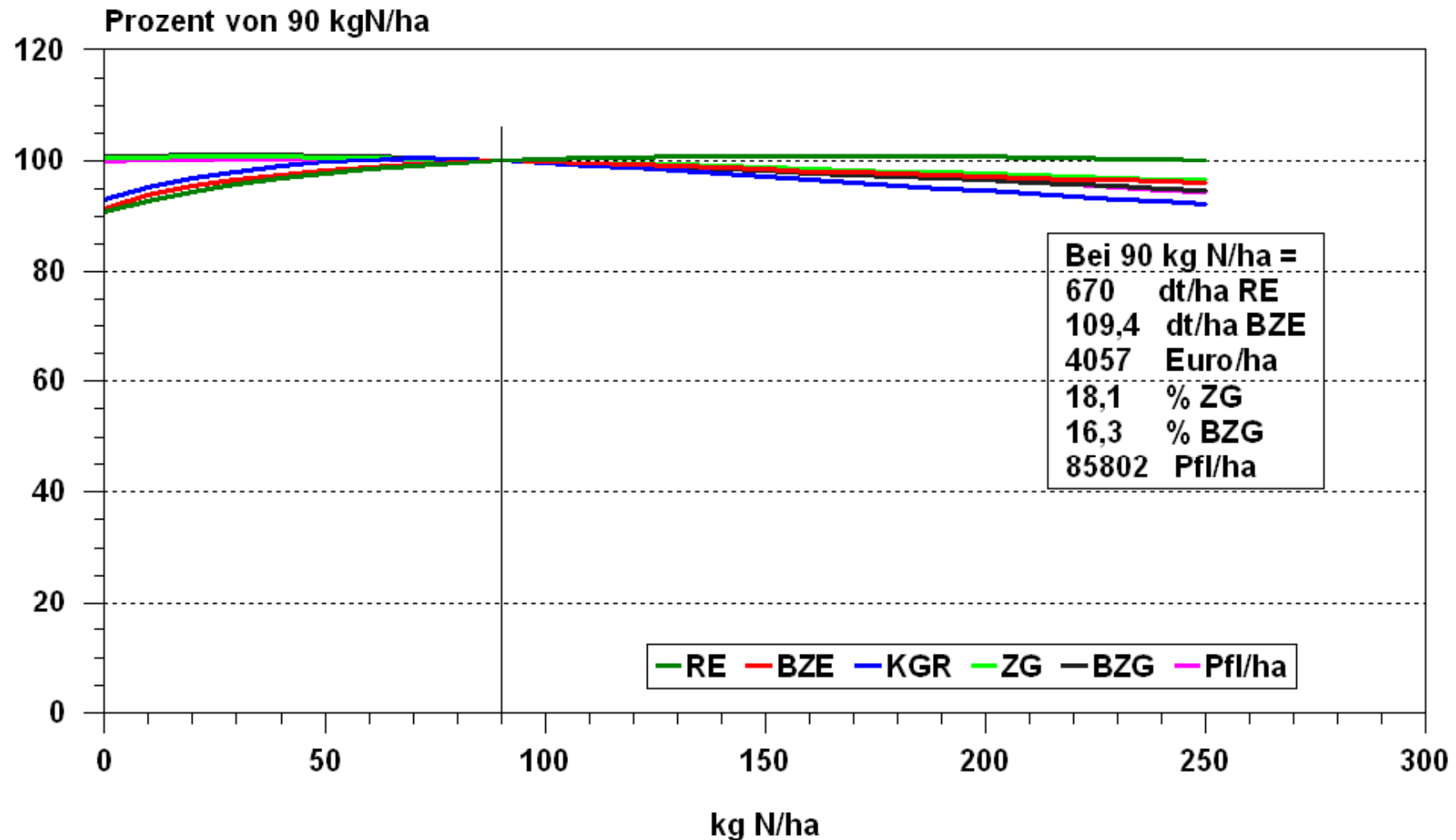
## BZE in Abhängigkeit von der N-Düngung bei Versuchen ohne (31 Versuche) und mit (10 Versuche) organischer Düngung





41/40 Versuche mit Zu-Rübe 1996-2009:

## Relative Merkmalsänderungen in Abhängigkeit von der N-Düngung





# Alle Früchte zusammen

Hier werden einzelne Ergebnisse aus den Fruchtartserien noch einmal aufgegriffen und fruchtartübergreifend miteinander verglichen.

Der erste Vergleich zeigt den relativen Kurvenverlauf bei N-Düngung zum höchsten Naturalertrag und danach zum höchsten korrigierten Geldrohertrag.

Es folgen 2 Folien die die unterschiedlichen Auswirkungen der ertrags- oder rentabilitätsorientierten N-Düngung auf den korrigierten Geldrohertrag, den N-Saldo und die N-Ausnutzung zeigen.

Eine weitere Folie gibt für jede Fruchtart die N-Düngermenge an, bei der der N-Saldo Null beträgt.

Es folgen 2 Gegenüberstellungen zur Ableitung von N-Düngeempfehlungen. Zunächst die Empfehlung nach der SBA-Methode und danach eine an die DüV angelehnte Bedarfsermittlung.

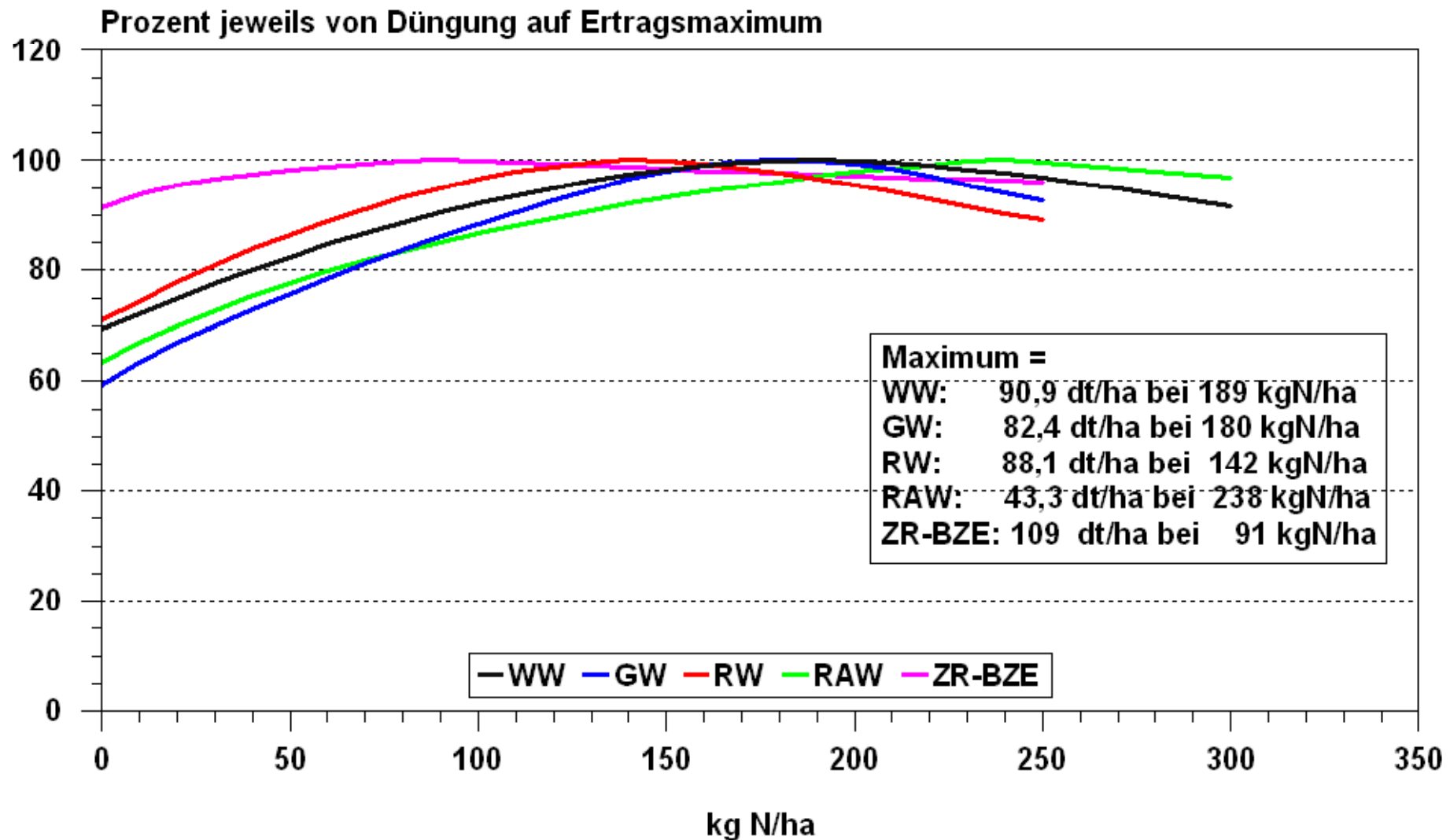
Abschließend sind in einer Tabelle die Korrelationskoeffizienten  $r$  zur Kennzeichnung der Beziehung zwischen dem  $N_{\min}$ -Gehalt bei Vegetationsbeginn und ausgewählten Ertragskennzahlen bzw. dieser Merkmale untereinander aufgeführt.

Die letzte Tabelle zeigt die Abhängigkeit dieser wichtigsten Ertragsmerkmale von einzelnen Witterungsdaten.



Hessische N-Steigerungsversuche 1998-2009:

Relative Ertragssänderungen bei unterschiedlichen Fruchtarten  
in Abhängigkeit von der N-Düngung

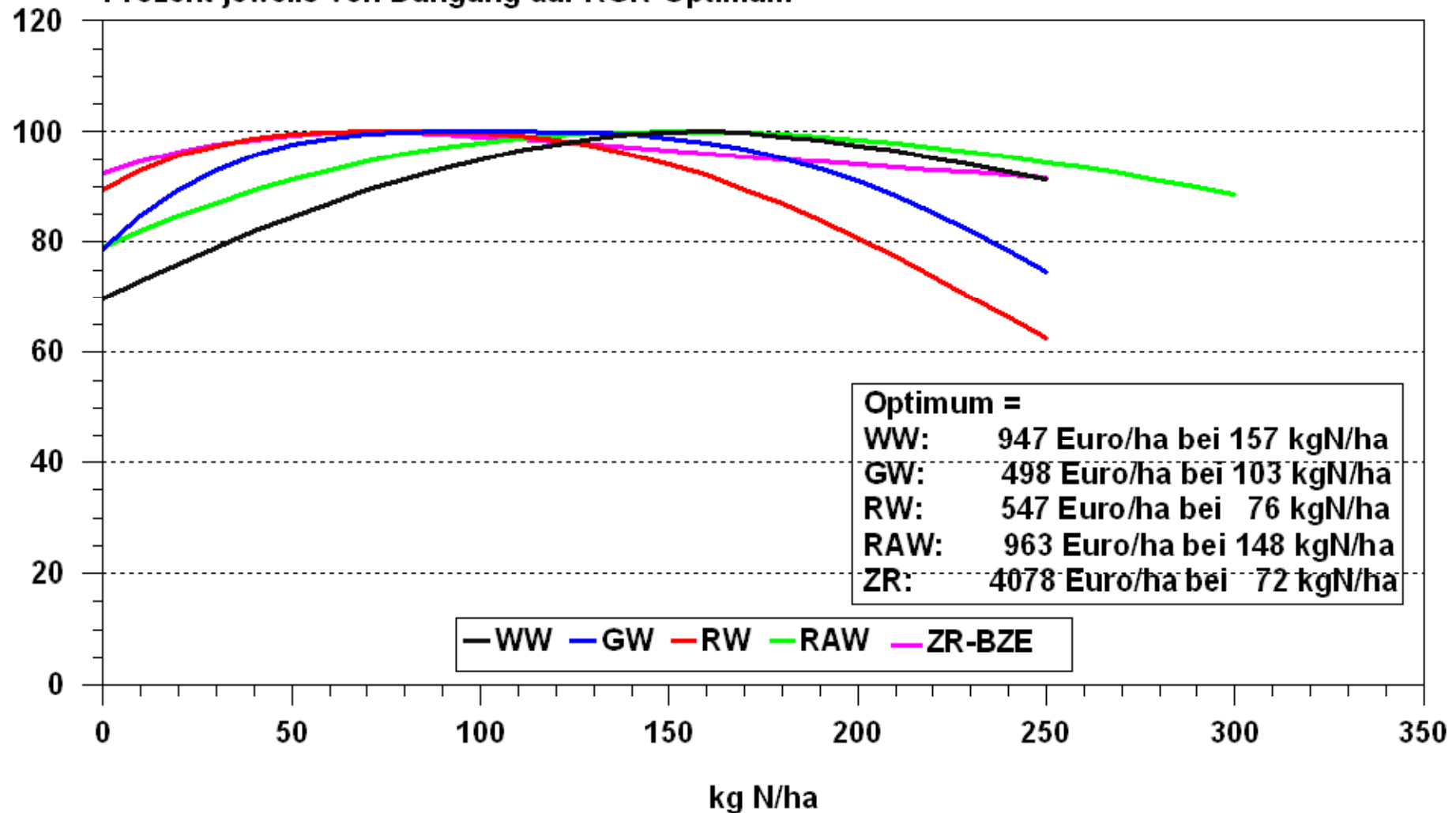


# Hessische N-Steigerungsversuche 1998-2009:

## Relative Änderungen des KGR bei unterschiedlichen Fruchtarten in Abhängigkeit von der N-Düngung



Prozent jeweils von Düngung auf KGR-Optimum





## Konsequenzen der Düngung auf "KGR neu" gegenüber der Düngung auf "Naturalertrag":

Fruchtart	Naturalertrag in dt/ha	KGR in €/ha	N-Saldo in kgN/ha
Wi-Weizen	-1,2	15	-24
Wi-Gerste	-9	24	-51
Wi-Roggen	-6,8	25	-48
Kö-Raps	-3,1	42	-74
Zu-Rübe, BZE	-0,3	28	-17



# N aus dem Boden und Ausnutzung der mineralischen N-Düngung bei "praxisrelevanter" Düngungshöhe

Fruchtart	Boden-N kg/ha	Optimale Natural- ertrags- düngung kg/ha	% Dünger- aus- nutzung	Optimale KGR- düngung kg/ha	% Dünger- aus- nutzung
Wi-Weizen	118	189	50	157	55
Wi-Gerste	80,4	180	50	103	60
Wi-Roggen	103,8	142	43	76	50
Kö-Raps	105,2	238	34	148	42
Zu-Rübe*	227,2	91	36	72	39

\* Naturalertrag = BZE



Hessische N-Steigerungsversuche 1998 - 2009:

**Höhe der mineralischen N-Düngung,  
bei der der Saldo = Null ist**

	Saldo = 0 bei	
Zuckerrübe	96	kgN/ha
Kö-Raps	108	kgN/ha
Wi-Roggen	118	kgN/ha
Wi-Gerste	126	kgN/ha
Wi-Weizen	172	kgN/ha



## Hessische N-Steigerungsversuche 1998-2009:

Vergleich der SBA-Sollwerte mit der Summe aus  $N_{\min}$ -Wert plus optimaler N-Düngung für Naturalertrag (1. Wert) und KGR (2. Wert)

	Nmin	opt. N-Düngung	Summe	SBA- Sollwert*
Wi-Weizen	55	161 - 187	212-244	230
Wi-Gerste	36	141 - 185	139 - 216	200
Wi-Roggen	37	109 - 141	113 - 179	170
Kö-Raps	28	181 - 233	176 - 266	240
Zu-Rübe**	84	75 - 100	156 - 175	180

\*\* = KGR und BZE

\* = incl. Spätgabe  
und angepasst an Ertragshöhe



Hessische N-Steigerungsversuche 1998-2009:

## Abschätzung von N-Angebot aus Boden und Düngung und N-Bedarf der Bestände

Fruchtart	Boden-N kg/ha	Optimale Natural- ertrags- düngung kg/ha	% Dünger- aus- nutzung	N- Angebot kg/ha	N-Bedarf kg/ha
Wi-Weizen	118	189	50	213	218
Wi-Gerste	80	180	50	170	173
Wi-Roggen	104	142	45	168	172
Kö-Raps	105	238	40	200	200
Zu-Rübe*	227	91	35	259	237

\* Naturalertrag = BZE



## Signifikante Korrelationskoeffizienten r zwischen Merkmalen:

Datenbasis jeweils alle Einzelversuche einer Serie

WW n = 54 GW n = 47 RW n = 38 RAW n = 48	N <sub>min</sub> , kg/ha	N-Entzug bei N-0; kg/ha	Opt. N-Düngg.; kg/ha	Höchsterttrag; dt/ha	Mehr-N-Entzug bei Höchsterttrag; kg/ha
N <sub>min</sub> ; kg/ha	1				
N-Entzug bei N-0; kg/ha	WW = 0,46 GW = ----- RW = 0,49 RAW = -----	1			
Opt. N-Düngg.; kg/ha	WW = 0,32 GW = ----- RW = -0,38 RAW = -----	WW = -0,46 GW = -0,39 RW = -0,54 RAW = -0,38	1		
Höchsterttrag; dt/ha	WW = ----- GW = ----- RW = ----- RAW = -----	WW = 0,38 GW = 0,49 RW = 0,33 RAW = 0,29	WW = 0,29 GW = ----- RW = ----- RAW = -----	1	
Mehr-N-Entzug bei Höchsterttrag; kg/ha	WW = -0,29 GW = -0,33 RW = -0,39 RAW = -----	WW = -0,55 GW = ----- RW = -0,65 RAW = -0,84	WW = 0,75 GW = 0,46 RW = 0,61 RAW = 0,38	WW = 0,45 GW = 0,64 RW = 0,44 RAW = -----	1

Rot =  
Sehr  
hoch  
signifi  
kant

Blau =  
hoch  
signifi  
kant

Grün =  
signifi  
kant

N-Entzug berechnet für Korn + Stroh. Bei ZR häufig keine Ertragskurven zu berechnen, daher hier nicht aufgeführt





Rot =  
Sehr  
hoch  
signifikant

Blau =  
hoch  
signifikant

Grün =  
signifikant

N-Entzug  
berechnet  
für Korn +  
Stroh

## Signifikante Korrelationskoeffizienten $r$ zwischen Witterungsdaten und Merkmalen:

Datenbasis: 12 Jahresmittelwerte (WW, GW, RW, RAW jeweils 12 Jahre, ZR 14 Jahre)

	$N_{\min}$	N-Entzug bei N-0	Opt. N-Düngung	Höchsterttrag	Mehr-N-Entzug bei Höchstertrag
NS Dez/Jan		RW 0,66	RW -0,73		RW -0,67
NS Feb/Mär	WW - 0,59 RAW -0,66				
NS Apr/Mai/Jun				RW -0,74	
NS Jul/Aug			WW -0,65		
NS Apr					
NS Mai		GW -0,60 RW -0,68		RW -0,69	
NS Jun					RW -0,66
NS Jul					WW -0,72
NS Aug					
Temp. Dez/Jan					RW -0,67
Temp. Feb/Mär		RAW -0,73		RAW -0,75	RAW -0,70
Temp. Apr/Mai/Jun			RAW 0,65	GW -0,70	
Temp. Jul/Aug					
Temp. Apr		WW 0,64			
Temp. Mai					
Temp. Jun				GW -0,82	GW -0,60
Temp. Jul			RW 0,75	RAW 0,63	
Temp. Aug					



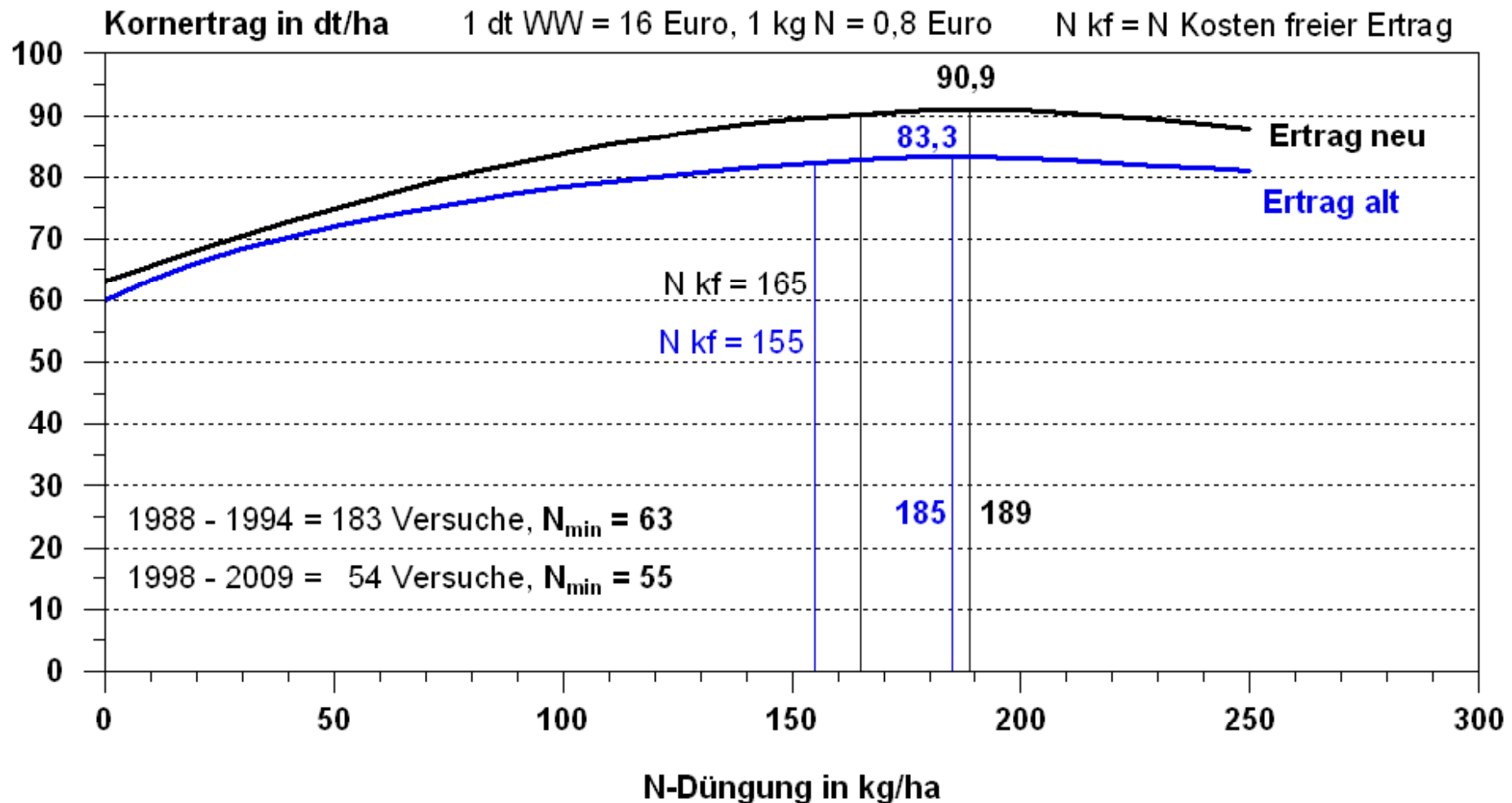
**Hat sich der N-Düngeanspruch dieser  
Früchte in den letzten 10-20 Jahren  
verändert?**

**Ein Vergleich aktueller mit älteren Versuchsserien**



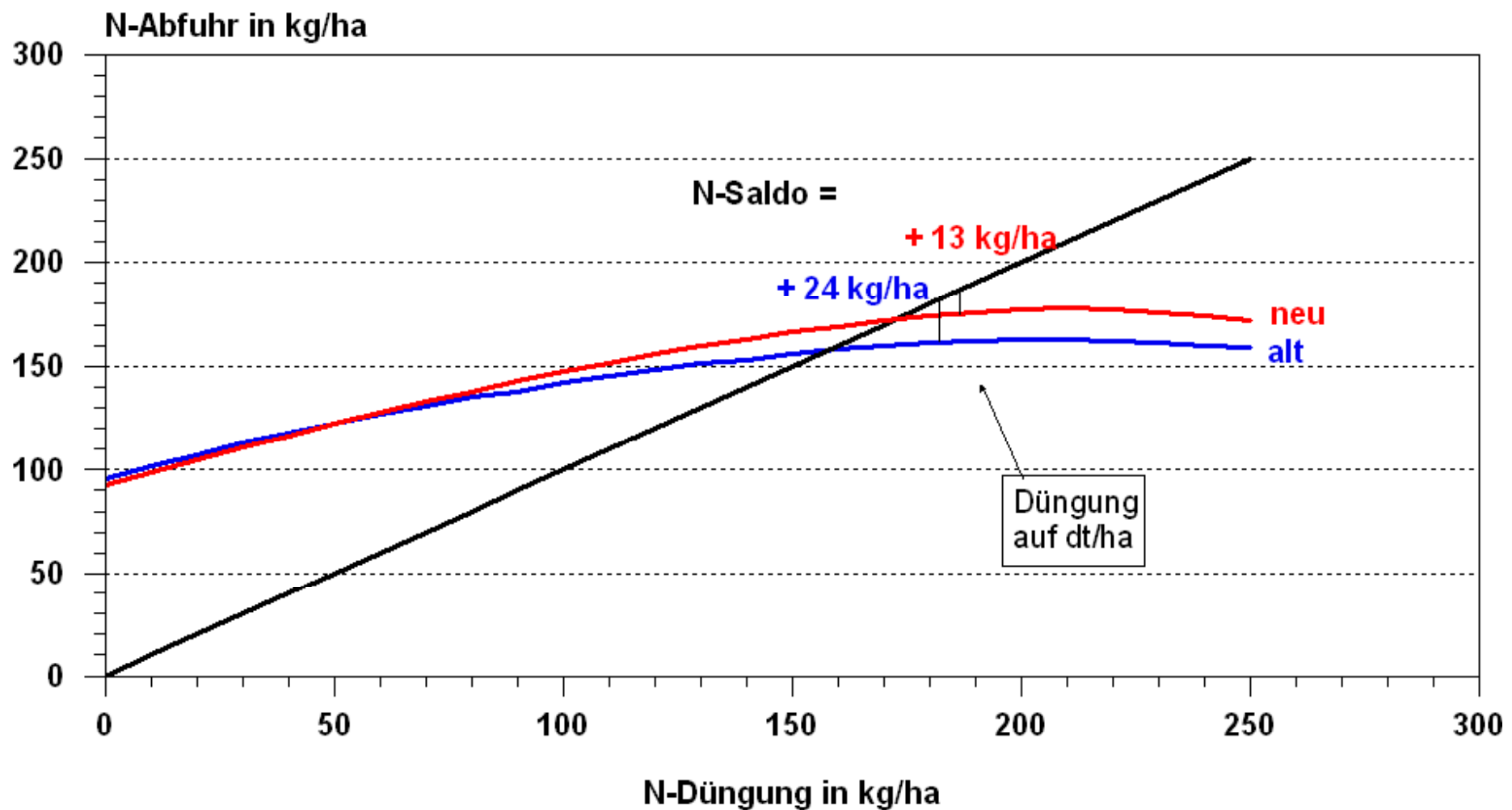
Vergleich älterer und aktueller Versuchsserien:

## Wi-Weizen: Kornertrag



Vergleich älterer und aktueller Versuchsserien:

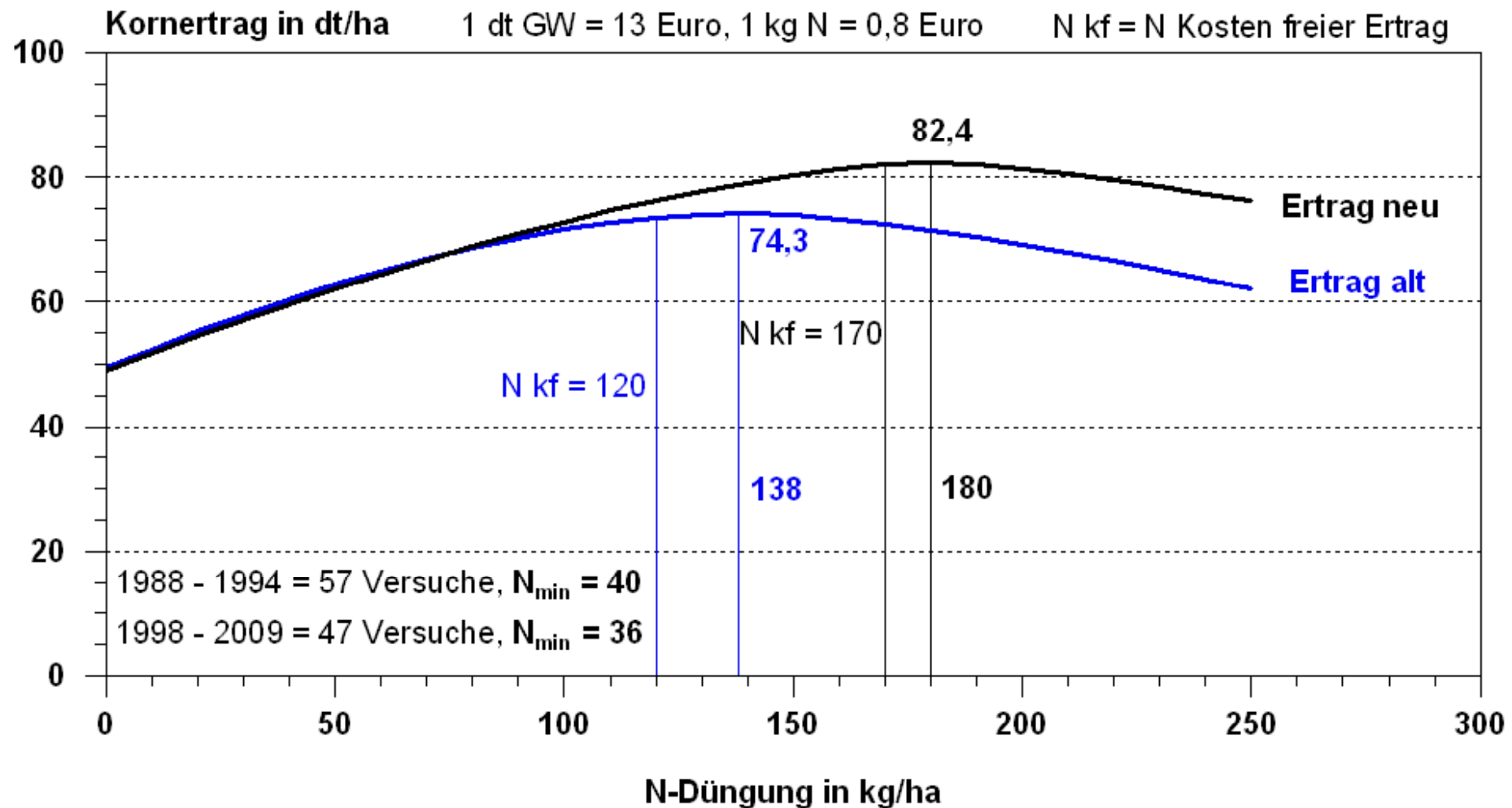
## Wi-Weizen: N-Abfuhr im Korn und N-Saldo





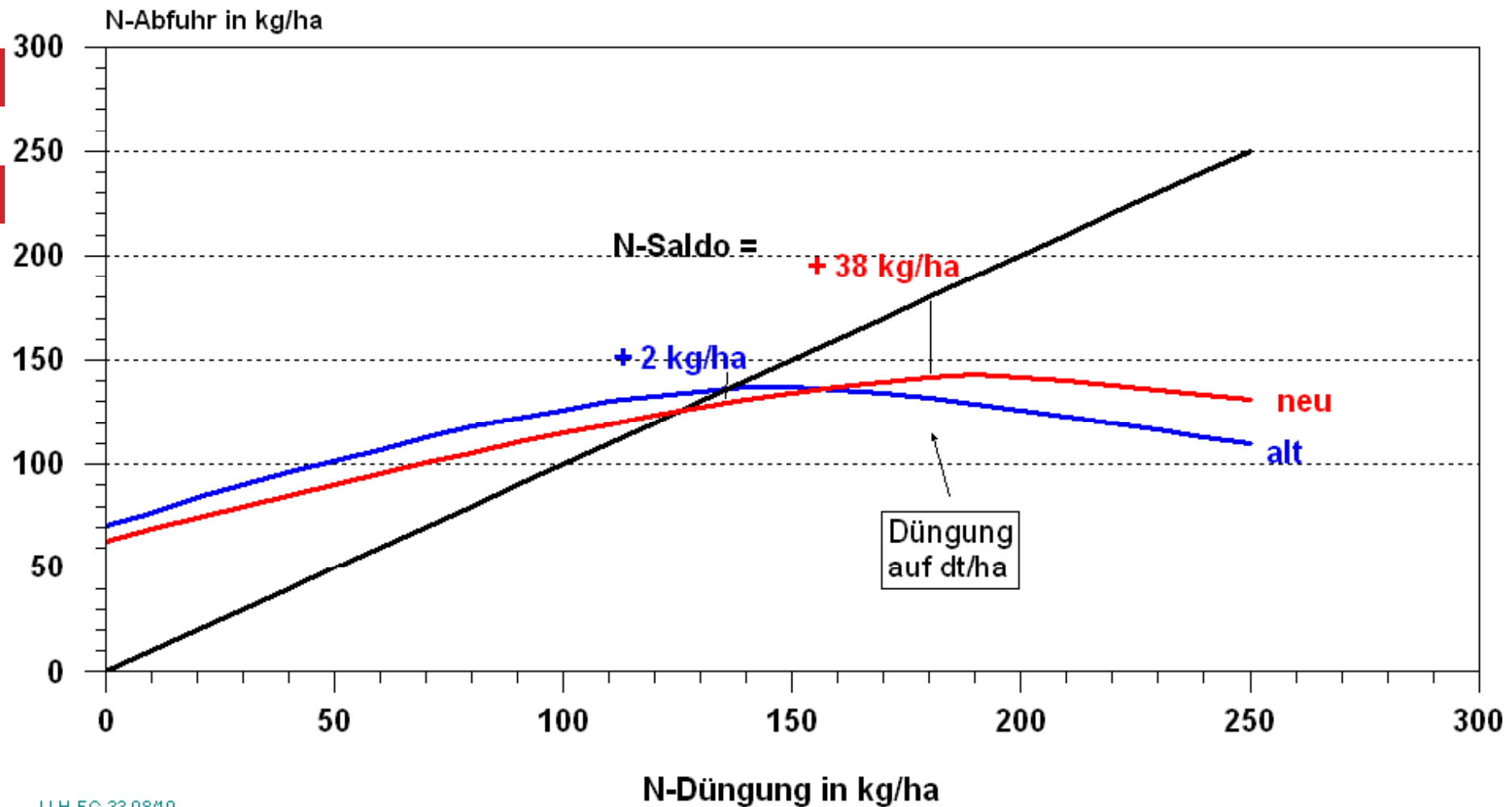
Vergleich älterer und aktueller Versuchsserien:

## Wi-Gerste: Kornertrag



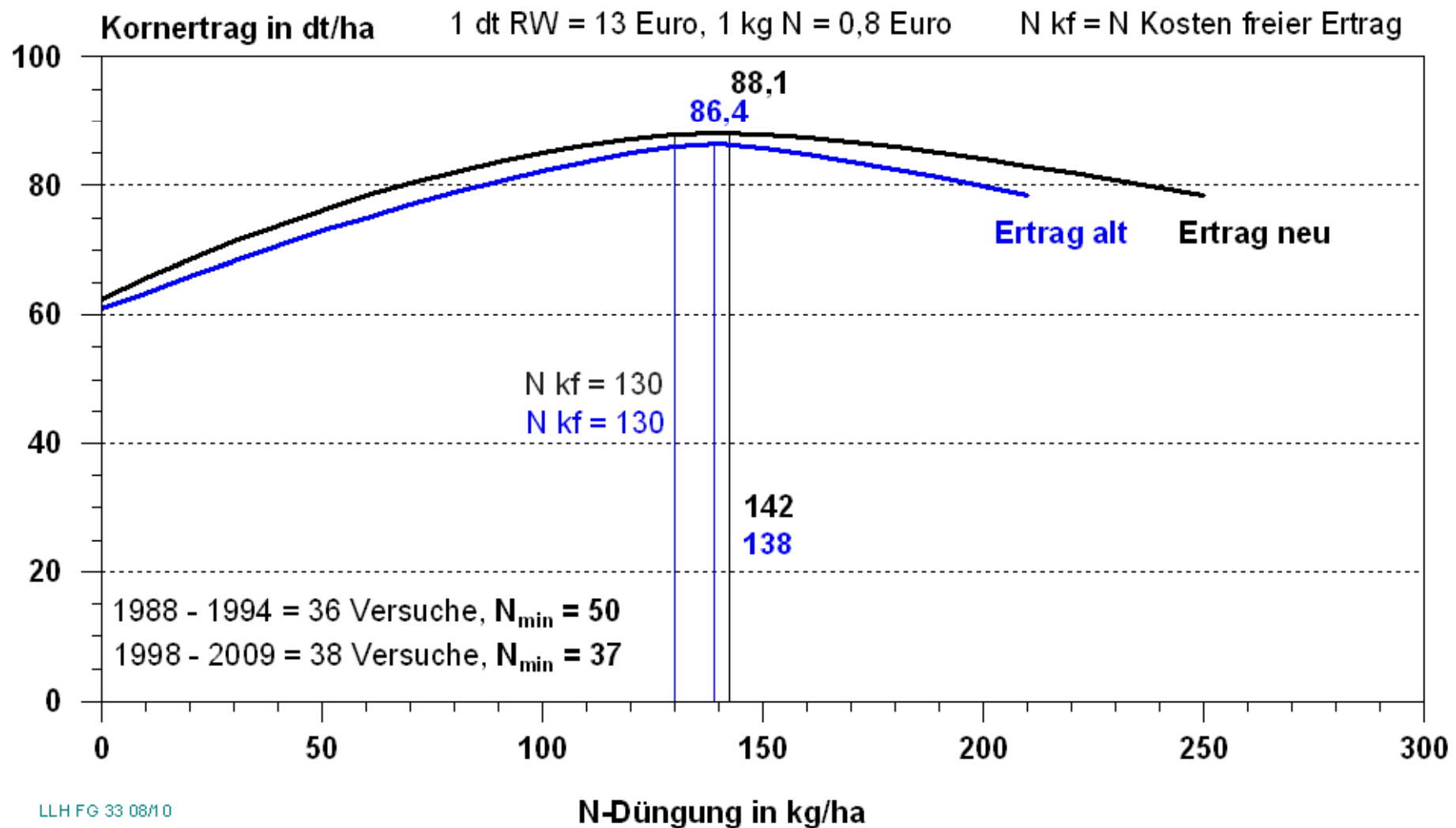
Vergleich älterer und aktueller Versuchsserien:

## Wi-Gerste: N-Abfuhr im Korn und N-Saldo



Vergleich älterer und aktueller Versuchsserien:

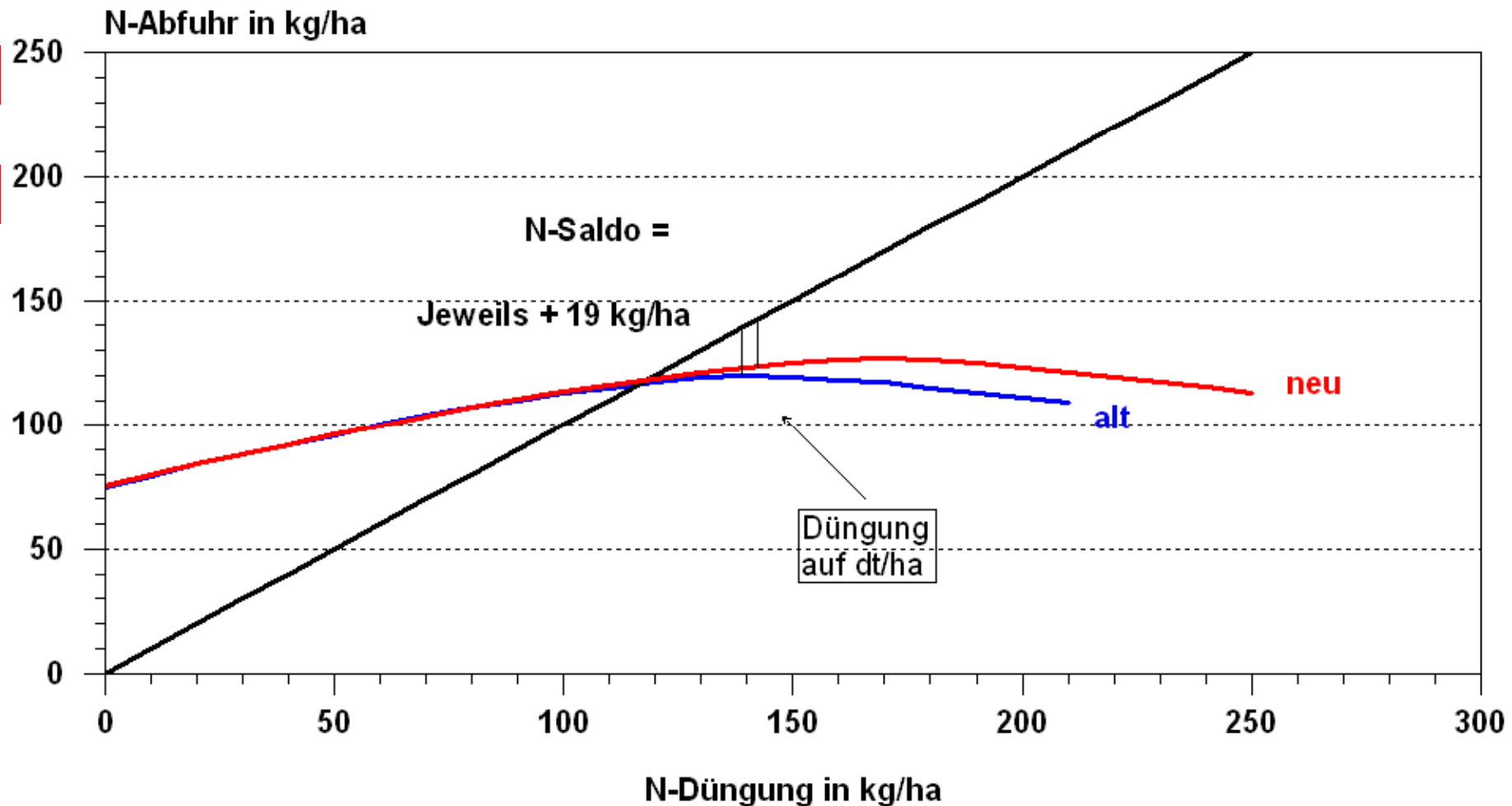
# Wi-Roggen: Kornertrag





Vergleich älterer und aktueller Versuchsserien:

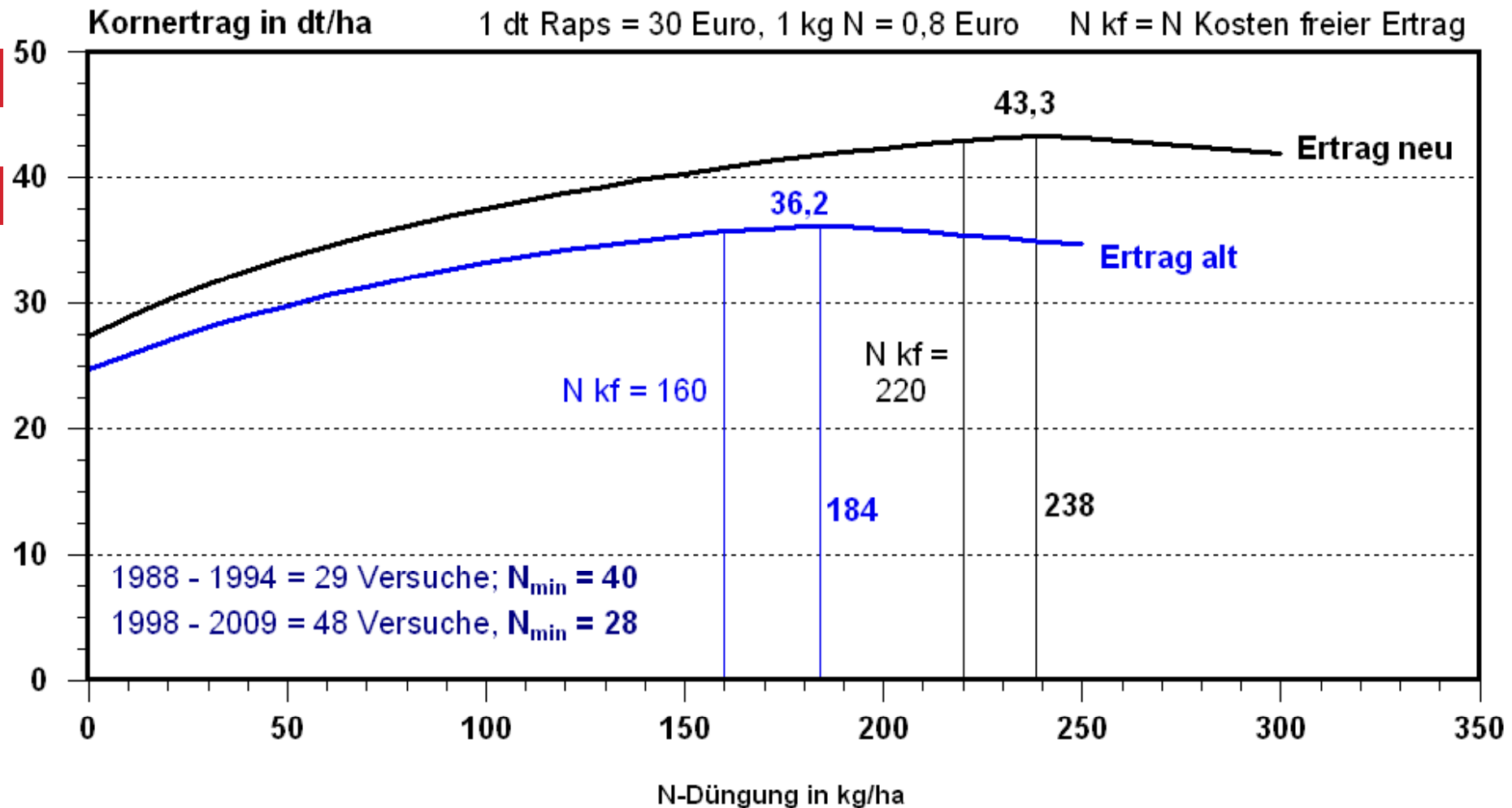
## Wi-Roggen: N-Abfuhr im Korn und N-Saldo





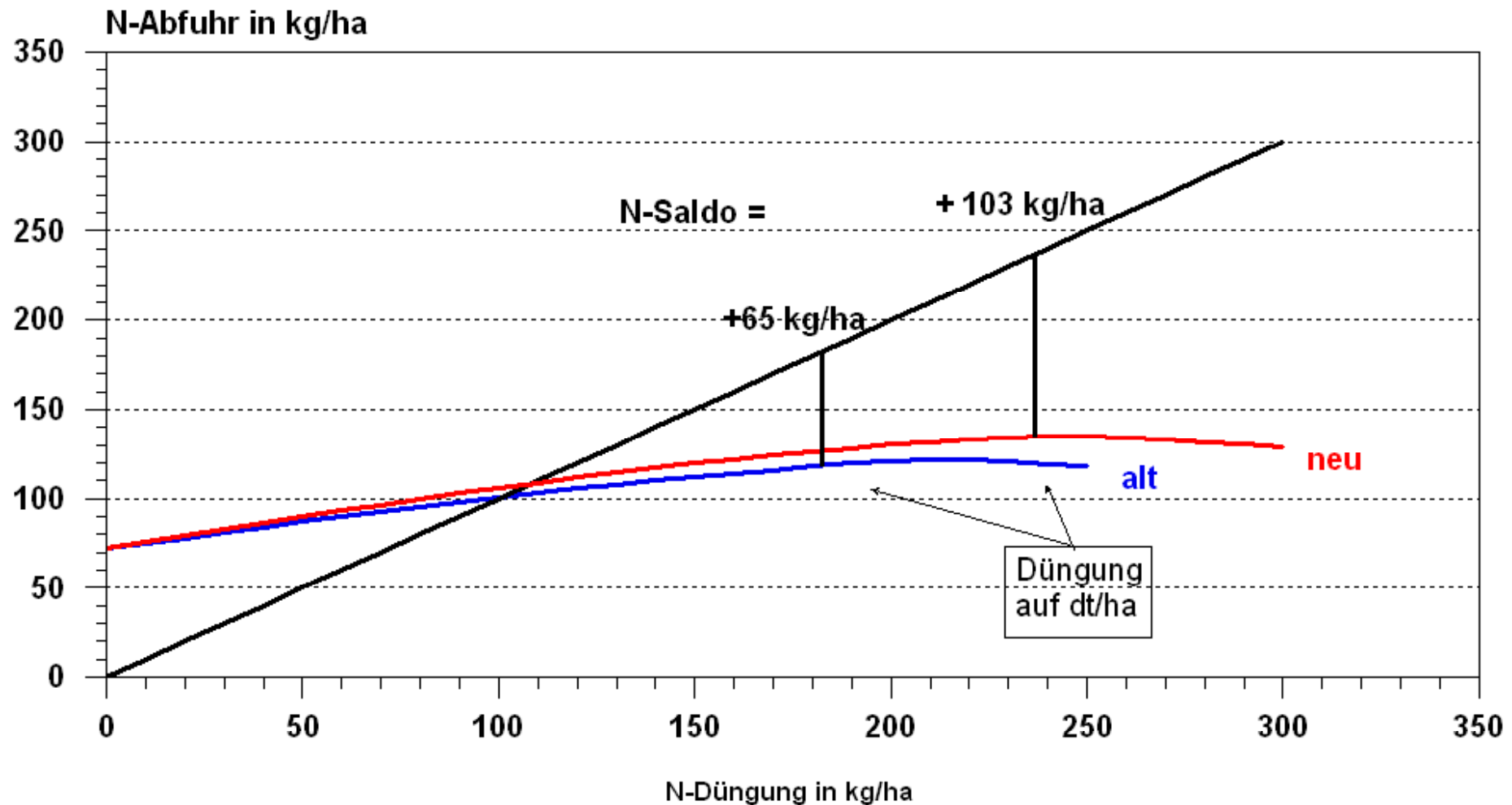
Vergleich älterer und aktueller Versuchsserien:

## Kö-Raps: Kornertrag



Vergleich älterer und aktueller Versuchsserien:

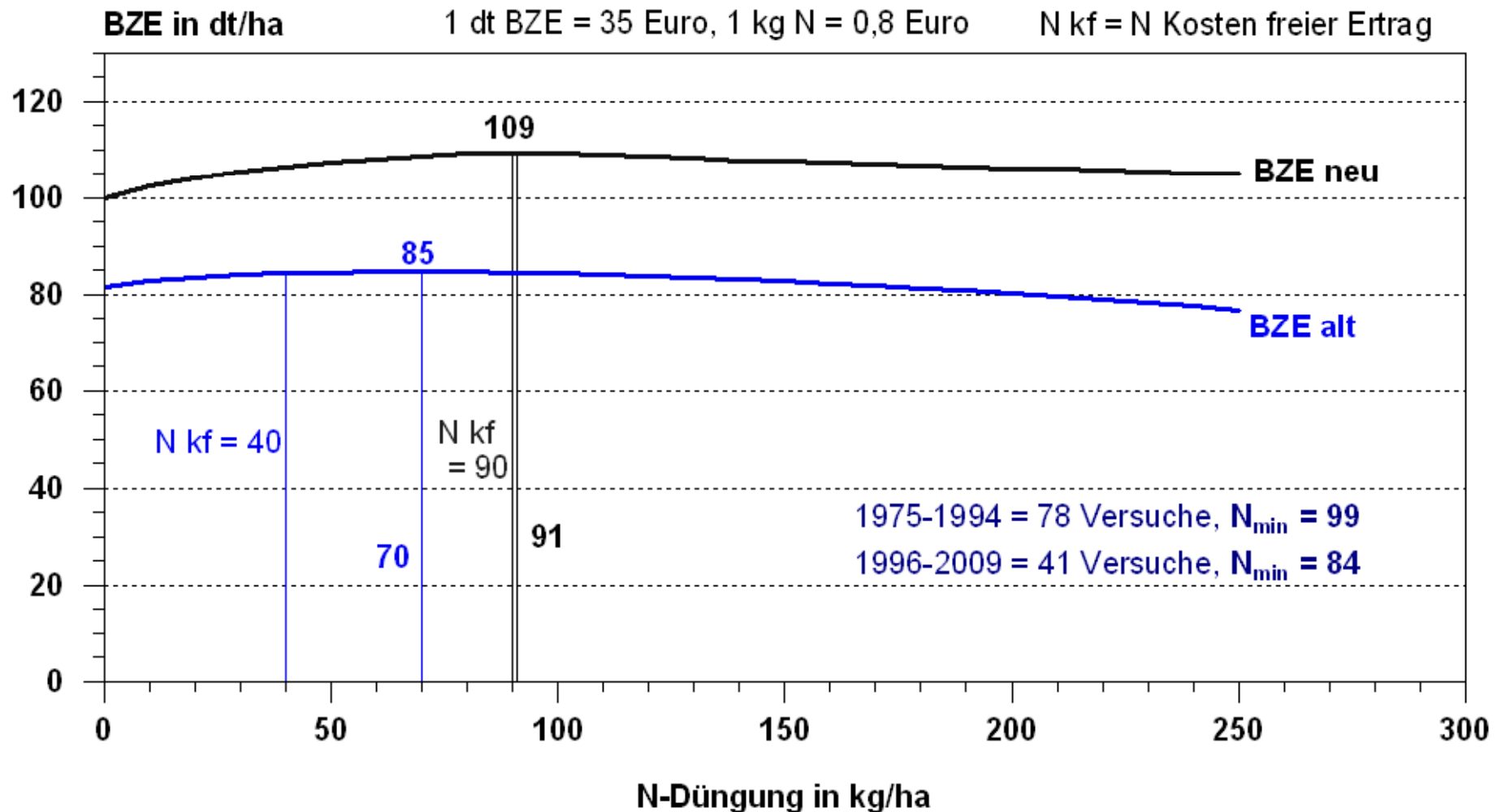
## Kö-Raps: N-Abfuhr im Korn und N-Saldo





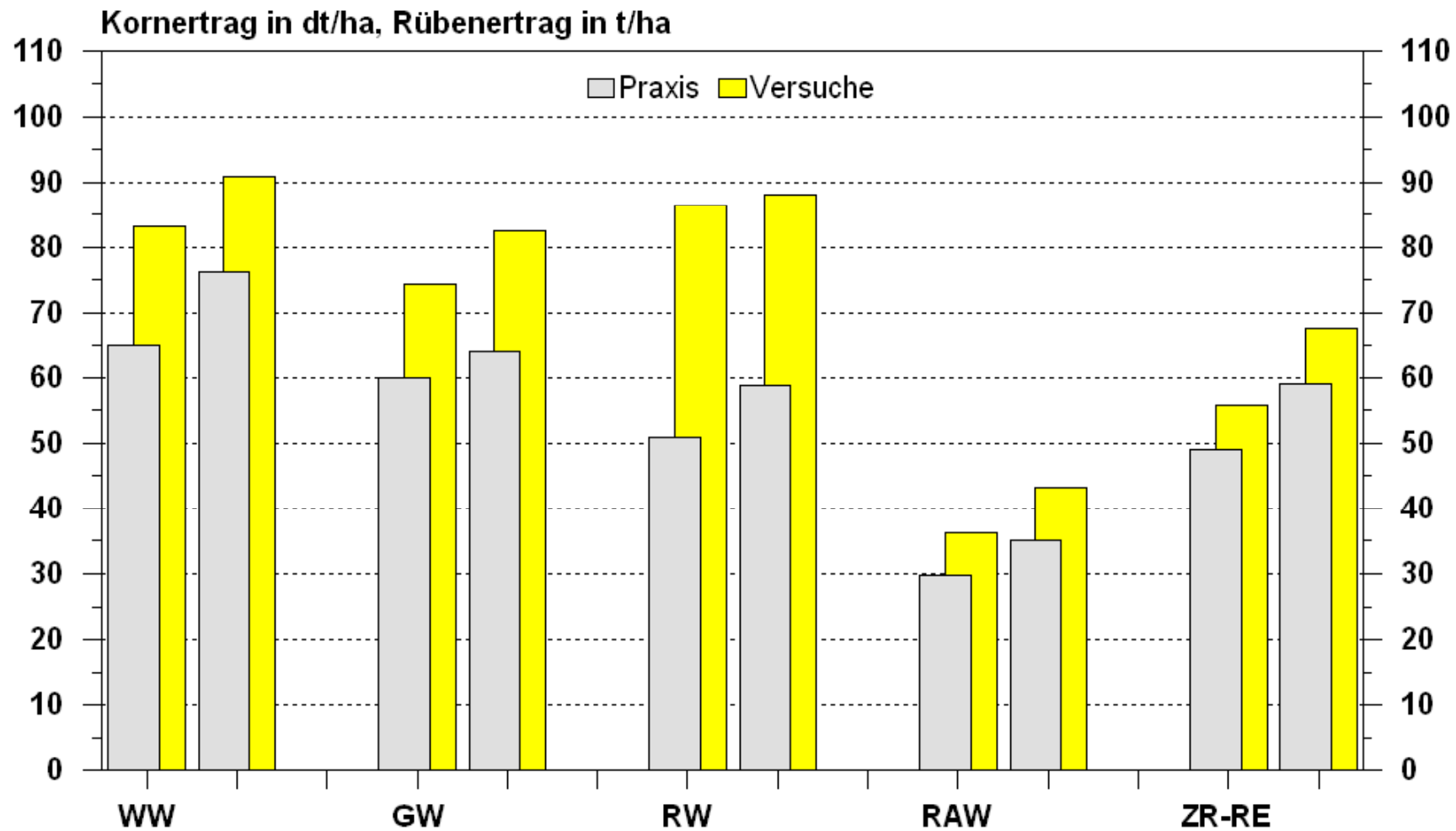
Vergleich älterer und aktueller Versuchsserien:

## Zu-Rübe: Bereinigter Zuckerertrag





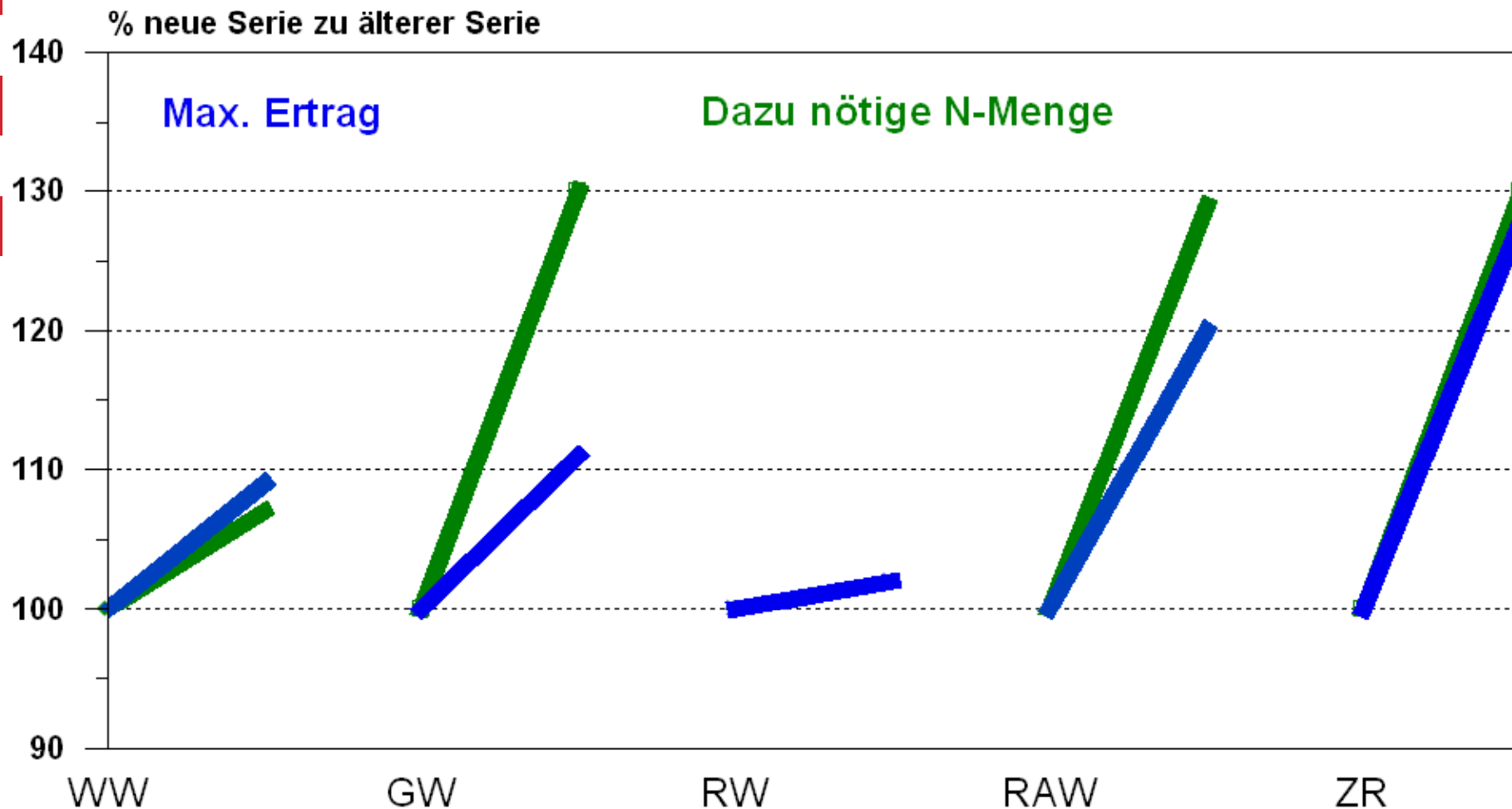
## Vergleich der Ertragsoptima aus den Versuchsserien und dem mittleren Praxisertrag im Vergleichszeitraum 1988-94 und 1998-2009 (ZR 1975-94 und 1996-2009)



Jeweils linke Säule aus 1988-94 und rechte Säule aus 1998-2009

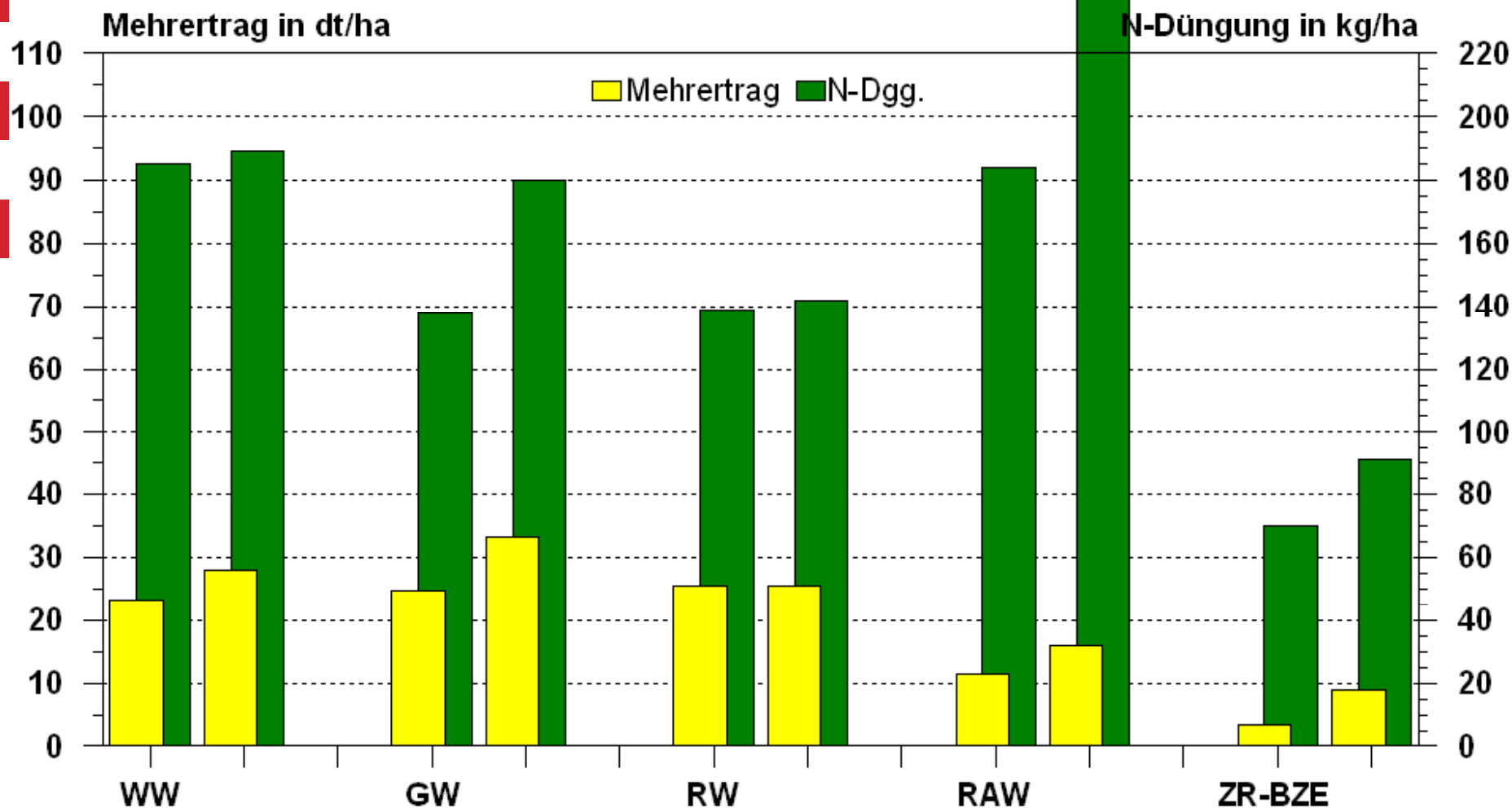
Vergleich älterer zu aktuellen Versuchsserien:

## Relative Veränderung von Maximalertrag und dazu nötiger N-Menge





## Vergleich des Mehrertrages und der dazu nötigen N-Düngermenge in Versuchsserien 1988-94 und 1998-2009 (ZR 1975-94 und 1996-2009)

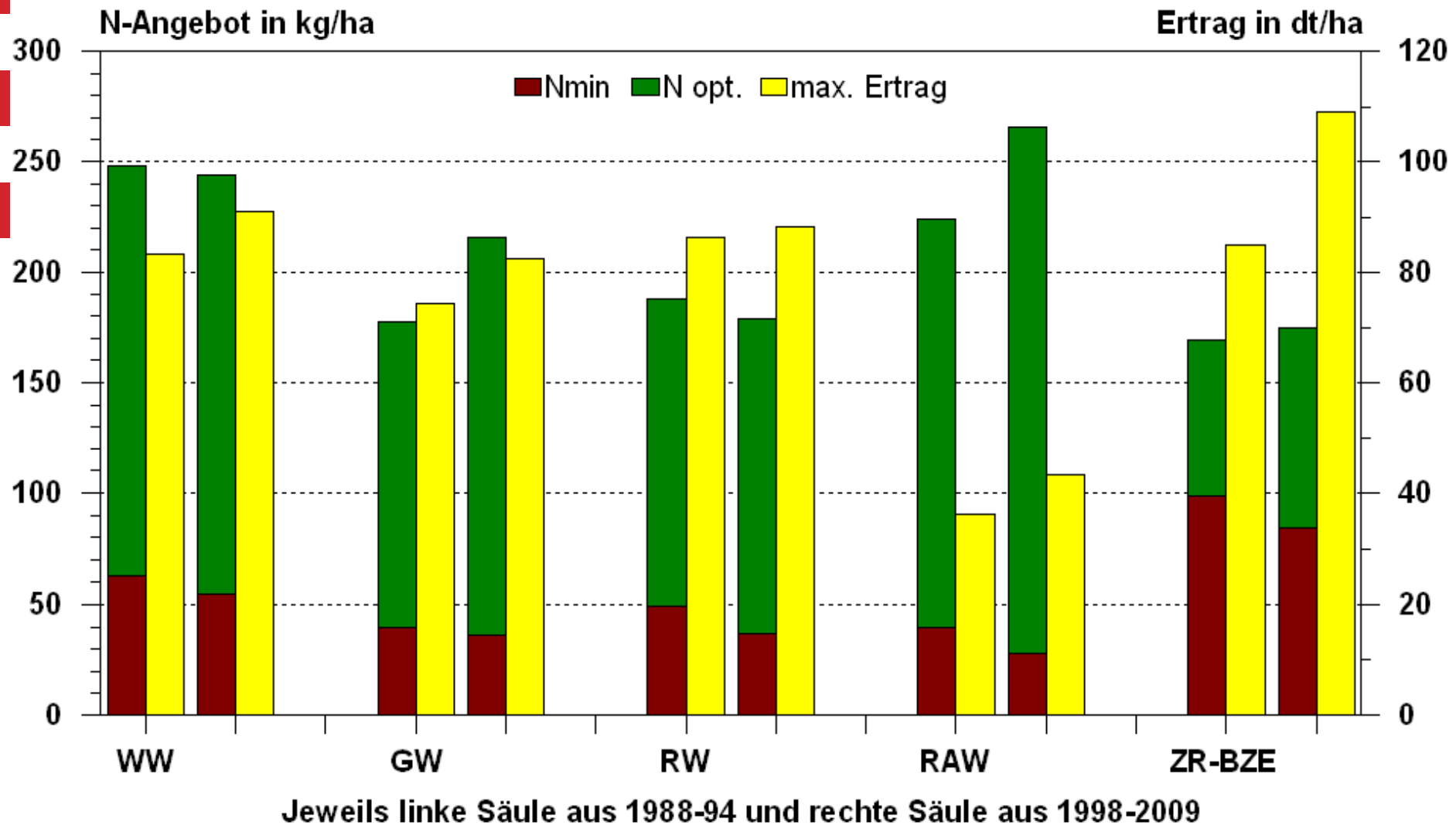


Jeweils linke Säule aus 1988-94 und rechte Säule aus 1998-2009



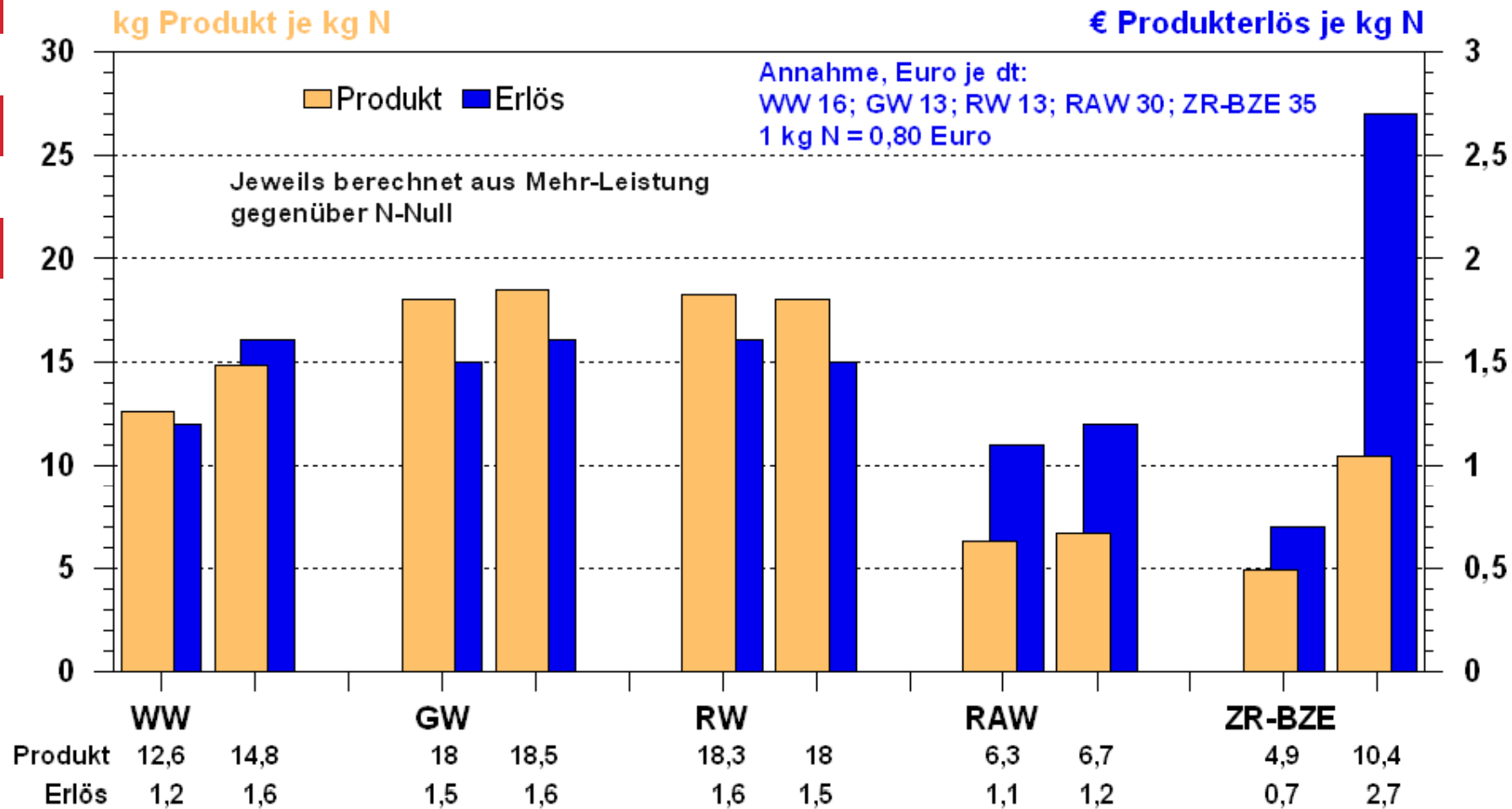


## Vergleich des N-Angebotes aus $N_{\min}$ -Wert und optimaler N-Düngermenge und des maximalen Ertrages in älteren und aktuellen Versuchsserien





## Vergleich der N-Produktivität und der Rentabilität der N-Düngung in Versuchsserien 1988-94 und 1998-2009 (ZR 1975-94 und 1996-2009)



Jeweils linke Säule aus 1988-94 und rechte Säule aus 1998-2009



## Zusammenfassung:

### Allgemein und Ertrag (1):

- Auswertung von mehrjährigen hessischen N-Steigerungs-Versuchsserien zu den wichtigsten Ackerfrüchten  
Wi-Weizen, Wi-Gerste, Wi-Roggen, Kö-Raps und Zu-Rübe  
im Hinblick auf:  
Naturalertrag, Düngungsrentabilität, N-Saldo, N-Dünger-Ausnutzung, Ertragskomponenten, Qualitätseigenschaften und Ableitung von Düngeempfehlungen.
- Insgesamt wurden hohe Erträge und gute Qualitäten geerntet.
- Die Auswertung über Ertragskurvenberechnung führte zu folgenden N-Aufwandmengen, die zum Erreichen des höchsten Naturalertrages nötig waren: zu Wi-Weizen 189, zu Wi-Gerste 180, zu Wi-Roggen 142, zu Kö-Raps 238 und zu Zu-Rübe (BZE) 91 kgN/ha. Diese Mengen stellen die Summen aller Teilgaben dar, einschließlich der Spätgaben bei Getreide, jedoch ohne Einbeziehung der  $N_{\min}$ -Bodengehalte bei Vegetationsbeginn.
- Ergänzende Abbildungen zeigen den Zusammenhang zwischen N-Düngung und Naturalertrag in Abhängigkeit von:  
unterschiedlichem  $N_{\min}$ -Gehalt (Weizen, Gerste, Roggen, Raps)  
Ackerzahl (Weizen, Roggen)  
Vorfrucht (Weizen)  
Sorten (Weizen)  
Herbst-N-Gabe (Raps)  
Organischer Düngung (Zu-Rübe)



## Zusammenfassung:

### Ertragskomponenten und Qualitätseigenschaften:

- Der Einfluss steigender N-Düngung auf die Ertragskomponenten bei Getreide und auf die Qualitätseigenschaften der Produkte ist prinzipiell bekannt und wird durch die hier gefundenen Zahlen nur bestätigt.
- Für jede Fruchtart werden Ertrag, korrigierter Geldrohertrag und die wichtigsten Qualitätseigenschaften anhand düngungsabhängiger Kurven vergleichend dargestellt. Die Kurvenpunkte sind als Relativwerte bezogen auf den Wert, der bei der zum höchsten Naturalertrag führenden N-Düngermenge erreicht wird.
- Diese Art der Darstellung machen die prinzipiellen Unterschied zwischen den Merkmalen deutlich:  
eine höhere N-Menge als zum Naturalertrag erforderlich benötigen: Rohproteingehalt, Rüben-ertrag (wenn Basis der BZE ist)  
weniger N als der Naturalertrag erfordern: neben dem korr. Geldrohertrag die Qualitätsmerkmale: Fallzahl, Vollkornanteil, Stärkegehalt, Ölgehalt, Zucker- und bereinigter Zucker-gehalt, Pflanzenzahl/FE bei Zu-Rübe.  
Die Kurve für den Sedimentationswert bei Weizen erreicht bei der gleichen N-Menge ihren Höhepunkt wie die Ertragskurve. Das Hektolitergewicht gestaltet sich bei Gerste und Roggen weitgehend unabhängig von der N-Düngungshöhe.
- Die stärksten Ausschläge der Relativkurven sind bei Gerste und Raps zu verzeichnen, die mit Abstand geringsten bei Zu-Rübe.

## Zusammenfassung:



### Geldrohertrag und Rentabilität:

- Die Düngung auf den höchsten Geldrohertrag (KGR doku) lag bei Wi-Weizen um 32, bei Wi-Gerste um 77, bei Wi-Roggen um 66, bei Raps um 90 und bei Zu-Rübe um 19 kgN/ha niedriger als zum Erreichen des höchsten Naturalertrages.
- Bei Annahme eines N-Preises von 1 €/kg N und aktueller Erlöse aus dem Herbst 2009 ergibt sich eine mehr oder weniger deutliche Differenzierung zwischen Naturalertrags- und Düngungsrentabilitätsoptimum (KGR neu). Bei Annahme eines niedrigeren N-Preises oder höherer Produkterlöse läge das Düngungsoptimum höher, bei höherem N-Preis oder niedrigeren Produkterlösen niedriger.
- Prinzipiell führt eine an der Rentabilität orientierte N-Düngung immer dann zu verringerter Aufwandmenge, wenn die Mehrkosten nicht durch höhere Produkterlöse aufgrund besserer Qualität ausgeglichen oder übertroffen werden (z. B. Back-, Qualitäts-, Eliteweizen). Damit ist sie sowohl aus ökonomischer Sicht als auch aus ökologischen Gründen gegenüber der in der Praxis weit verbreiteten Höchstertragsdüngung unbedingt vorzuziehen.



## Zusammenfassung:

### N-Salden und Ausnutzung der aktuellen N-Düngung:

- Bei am Naturalertrag und an der Rentabilität orientierter N-Düngung kam es jeweils im Optimum zu unterschiedlichen N-Salden. Bei Wi-Gerste verringert sich der N-Saldo bei einer Düngung auf höchsten KGR um 49 kgN/ha, bei Roggen um 51 und bei Raps um 74 kgN/ha. Bei Weizen und Zu-Rübe fiel die Reduktion deutlich geringer aus.
- Die unter den beschriebenen Annahme errechneten N-Salden sind unter Wi-Weizen, Wi-Roggen und Zu-Rübe als völlig unproblematisch anzusehen. Unter Wi-Gerste liegt der Saldo etwas höher, bei Kö-Raps verbleibt ein hoher N-Saldo, der aber in der Fruchtfolge auszugleichen ist.
- In N-Null-Varianten wurden folgende bodenbürtige N-Mengen festgestellt: Wi-Weizen 117, Wi-Gerste 82, Wi-Roggen 104, Kö-Raps 107 und Zu-Rübe 225 kg/ha. Der niedrigen aktuellen Ausnutzung des Dünger-N (ca. 50 – 60 % bei Weizen und Gerste, ca. 43-50 % bei Roggen und ca. 35 - 40 % bei Raps und Rüben) steht damit eine hohe Nachlieferung aus dem Boden gegenüber. Beide Erscheinungen bedingen einander.

## Zusammenfassung:



### N-Düngeempfehlungen:

- Berechnet mit den Mittelwerten der jeweiligen Versuchsserien lag die N-Düngeempfehlung nach SBA stets innerhalb der Bandbreite der N-Düngung auf höchsten Naturalertrag und höchsten KGR. Lediglich bei Zu-Rübe ergäbe sich eine um 5 kgN/ha zu hohe Düngeempfehlung, wenn mit einem Ertragsniveau > 600 dt/ha gerechnet würde.
- Bei einer zweiten Art der Düngebedarfsermittlung wurden die bodenbürtige N-Lieferung und der ausnutzbare Anteil der optimalen N-Düngermenge addiert. Die so errechnete Angebotsmenge wurde der anhand der Vorgaben der Düv errechneten Bedarfsmenge gegenüber gestellt. Dabei wurden erstaunlich gute Übereinstimmungen festgestellt, mit Ausnahme der Zu-Rübe wo die Summe des N-Angebotes um ca. 20 kgN/ha zu hoch lag.



## Zusammenfassung:

### Korrelationen zwischen Merkmalen untereinander:

- Auf Basis der Einzelversuche wurden innerhalb jeder Versuchsserie Korrelationen zwischen Ackerzahl,  $N_{\min}$  bei Vegetationsbeginn und den maßgeblichen Ergebniskriterien berechnet. Hier nur die wesentlichen Aussagen:
- Zwischen  $N_{\min}$ -Wert und N-Entzug bei N-0 konnten nur bei Weizen und Roggen positive Beziehungen gefunden werden. Zum Mehr-N-Entzug bei Höchstertag bestand bei den Getreidearten jeweils eine schwach gesicherte negative Beziehung.
- Je höher der N-Entzug in der N-0-Variante, desto höher auch der maximal erreichbare Höchstertag und um so niedriger war die dazu nötige N-Düngermenge und der erreichbare Mehr-N-Entzug.
- Zwischen dem Höchstertag und der dazu nötigen N-Menge konnte so gut wie keine Beziehung gefunden werden .
- Der Mehr-N-Entzug in der Höchstertagsvariante war mit dem Höchstertag selbst und der Höhe der dazu nötigen N-Menge in fast allen Fällen hoch oder sehr hoch korreliert.





## Zusammenfassung:

### Korrelationen zwischen Merkmalen und Witterungsdaten:

- Zur Prüfung der Frage, inwieweit sich Niederschlag oder Temperatur einzelner oder mehrerer Monate auf die wichtigsten Ertragsmerkmale auswirken, wurden auf Basis der Jahresmittelwerte entsprechende Korrelationen berechnet. Die Ergebnisse zeigen wenig Übereinstimmung zwischen den Fruchtarten.
- Bei Weizen und Raps ist der  $N_{\min}$ -Wert im Frühjahr bei hohen Niederschlägen niedriger.
- Weizen reagiert mit einem niedrigeren Mehr-N-Entzug im Höchstertrag besonders auf hohe Niederschläge im Juli. Hohe April-Temperaturen kommen vor allem der N-0-Variante zu gute.
- Hohe Niederschläge im Dezember/Januar fördern Ertrag und N-Entzug in der N-0-Variante bei Roggen, reduzieren aber die Wirkung und erforderliche Höhe der N-Düngung. Hohe Niederschläge im Mai oder Juni wirken bei Roggen insgesamt negativ. In Jahren mit einem heißen Juli war eine hohe N-Düngung angebracht.
- Gerste zeigte mehr Abhängigkeit von der Temperatur als von Niederschlägen. Insbesondere hohe Junihitze verhinderte Spitzenerträge.
- Raps reagierte auf hohe Temperaturen im Februar/März mit niedrigerem Ertrag bei ungedüngt und gedüngt. Demgegenüber wirkten sich höhere Temperaturen in den weiteren Monaten in einem höheren Spitzenertrag und höherer erforderlicher N-Düngung aus.



## Zusammenfassung:

### Vergleich ältere und aktuelle Versuchsserien (1):

- Die Ergebnisse der aktuellen Versuchsserien wurden denen älterer Serien gegenüber gestellt. Die Standortbedingungen sind weit gehend vergleichbar, die Bewirtschaftung hat sich entwicklungsbedingt geändert, bei einzelnen Fruchtarten unterschiedlich deutlich.
- Insgesamt spiegeln die in den Versuchsserien erreichbaren Naturalertragsmaxima sehr gut die in der Praxis vollzogene Ertragsentwicklung wider, die allerdings auf mehr oder weniger niedrigerem Niveau verlief. Der überproportional deutliche Unterschied bei Roggen hat seine Ursache in der Flächenauswahl: Roggen wird in der Praxis auf ärmeren Böden angebaut als in den Versuchen.
- Der zeitliche Vergleich zeigte für die genannten Fruchtarten etwas unterschiedliche Entwicklungen.
- Den größten relativen Anstieg im maximalen Naturalertrag gab es bei ZR, dann folgten  $RAW > GW > WW > RW$ .
- Die dazu erforderliche N-Düngermenge nahm bei GW sehr deutlich und bei RAW weniger deutlich zu, bei WW, RW und ZR stieg sie annähernd um den gleichen Prozentsatz wie der Ertrag.
- Dadurch kam es bei GW und RAW zu einem Anstieg des N-Saldos, bei RW blieb er unverändert und bei WW nahm er auf einen niedrigen Überschusswert ab.



## Zusammenfassung:

### Vergleich ältere und aktuelle Versuchsserien (2):

- Der Ertragsfortschritt kann allgemein mit Züchtungsfortschritt und verbessertem Pflanzenschutz begründet werden. Dies dürfte hier vor allem für Zu-Rübe und Raps zutreffen. Der deutliche Zuwachs an Ertrag und dazu nötiger N-Düngung bei Gerste kann auch damit begründet werden, dass sich auch hier mittlerweile eine Wachstumsregulatorbehandlung als Standardmaßnahme etabliert hat.
- Auch unter Einbeziehung der aktuell niedrigeren  $N_{\min}$ -Mittelwerte zeigt sich, dass der Ertragszuwachs bei ZR, WW und RW auch bei einem gleich bleibenden oder schwach niedrigerem N-Angebot erreicht werden kann. Bei GW und Raps ist dazu ein erheblich höheres N-Angebot nötig.
- Die Produktivität je kg Dünger-N konnte bei ZR deutlich gesteigert werden, bei WW schwächer, sonst blieb sie nahezu unverändert.
- Zum Rentabilitätsvergleich je eingesetztem kg N wurden sowohl für die älteren als auch die jüngeren Versuchsserien einheitlich Kosten/Erlöse unterstellt. Das Ergebnis verläuft analog zu dem bei der Produktivität. Danach wurde die spezifische Rentabilität der N-Düngung bei ZR wesentlich verbessert, bei WW noch erkennbar und bei den anderen Früchten nicht.
- Wenn auch niedrigere  $N_{\min}$ -Gehalte die Wirkung der N-Düngung prinzipiell verbessern, so bleibt doch darüber hinaus hier in Ansätzen eine höhere Effizienz der N-Düngung erkennbar, zumindest bei ZR und WW. Ziel muss es sein, bei allen Fruchtarten diese Dünge-Effizienz (weiter) zu steigern.



**So nicht mehr!**





**ENDE**

*Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit und Geduld*

