

**N-Extensivierungsversuche der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen
- Günter Jacobs, Münster -**

1 Konzeption der Versuche

1.1 Versuchsfrage:

Stickstoffsollwertversuche werden in Nordrhein-Westfalen stets als einjährige Versuche auf jährlich wechselnden Flächen durchgeführt. Ziel solcher Versuche ist es, den N-Düngebedarf der jeweiligen Kulturen zu ermitteln, weshalb die Düngung ausgehend vom vermeintlichen Optimum stufenweise erhöht bzw. verringert wird. Da die Flächen ständig wechseln kann nicht geklärt werden, wie sich die Reduzierung der N-Düngung gegenüber dem Optimum langfristig auf Ertrag und die Qualität der angebauten Früchte und auf das N-Nachlieferungspotential des Standortes auswirkt. Diese Frage kann nur anhand von ortsfesten, statischen Versuchen beantwortet werden.

1.2 Versuchsaufbau

Die Versuche sind als randomisierte Blockanlage mit 4 Wiederholungen angelegt. Folgende Düngungsstufen werden geprüft:

N 1	ohne N-Düngung
N 2	optimal - 40 %
N 3	optimal - 20 %
N 4	optimal - 10 %
N 5	standorttypisch optimal
N 6	optimal + 20 %

Zur Ermittlung der standorttypisch optimalen Variante wird vom kulturartspezifischen Sollwert (bei allen Kulturen Gesamtsollwert für die gesamte Vegetationsperiode) ausgegangen. Dieser wird entsprechend der Beratungsempfehlungen der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen je nach Standort und Fruchtfolge mit Zu- oder Abschlägen versehen, so dass sich ein korrigierter Sollwert ergibt.

Die prozentualen Zu- bzw. Abschläge in den einzelnen Düngungsstufen beziehen sich auf diesen korrigierten Sollwert, so dass sich für jede Variante ein anzustrebendes N-Angebot angeben lässt. Die in der jeweiligen Variante zu düngende N-Menge ergibt sich dann, indem von dem für die Variante vorgegebenen anzustrebenden N-Angebot der N_{\min} -Wert gezogen wird (s. Beispiel in Tabelle 1).

Tabelle 1: Beispiel für die Festlegung der zu düngenden N-Mengen in den einzelnen Varianten

Variante	anzustrebendes N-Angebot	N_{\min}	zu düngende N-Menge
N 1 ohne N	N_{\min}	26	0
N 2 optimal - 40 %	120	32	88
N 3 optimal - 20 %	160	32	128
N 4 optimal - 10 %	180	32	148
N 5 optimal	200*	37	163
N 6 optimal + 20 %	240	40	200

* standorttypisch korrigierter Sollwert

1.3 Versuchsstandorte

1. Haus Düsse
59505 Bad Sassendorf
Versuchsanlage: 1996
Pseudogley-Parabraunerde, lehmiger Schluff, Ackerzahl 67
70 m über NN
Bodenuntersuchung zu Versuchsbeginn:
Humus 2,14 %
Gesamt-N 0,085 %
C:N-Verhältnis 15
2. Rüthen
59602 Rüthen-Menzel
Versuchsanlage: 1995
Braunerde, Lehm, Ackerzahl 43
300 m über NN
Bodenuntersuchung zu Versuchsbeginn:
Humus 2,17 %
Gesamt-N 0,09 %
C:N-Verhältnis 14
3. Marienfeld
33428 Marienfeld
Versuchsanlage: 1995
Versuchsende: 2006
Braunerde, Sand, Ackerzahl 28
68 m über NN
Bodenuntersuchung zu Versuchsbeginn:
Humus 4,23 %
Gesamt-N 0,10 %
C:N-Verhältnis 25
4. Salzkotten
33154 Salzkotten
Versuchsanlage: 1995
Versuchsende: 2005
Pseudogley-Braunerde, schluffiger Lehm, Ackerzahl 42
100 m über NN
Bodenuntersuchung zu Versuchsbeginn:
Humus 1,97 %
Gesamt-N 0,07 %
C:N-Verhältnis 16
5. Meerhof
34431 Udorf-Leitmar
Versuchsanlage: 1994
Versuchsende: 2003
Pseudogley-Braunerde, sandiger Lehm, Ackerzahl 60
410 m über NN
Bodenuntersuchung zu Versuchsbeginn:
Humus 2,67 %
Gesamt-N 0,103 %
C:N-Verhältnis 15

Abgesehen vom Standort Haus Düsse (Versuchsfeld der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen) stehen die Versuche auf Praxisflächen in den betriebsüblichen Fruchtfolgen (s. Tabelle 2). An allen Versuchsstandorten sind sämtliche Nebenernte-
produkte auf der Fläche verblieben.

Tabelle 2: Anbaufolge in den Versuchen

Haus Düsse			Rüthen			Marienfeld			Salzkotten			Meerhof		
Jahr	Versuchs- jahr	Frucht	Jahr	Versuchs- jahr	Frucht	Jahr	Versuchs- jahr	Frucht	Jahr	Versuchs- jahr	Frucht	Jahr	Versuchs- jahr	Frucht
1996	1	MS	1995	1	WW	1995	1	TIW	1995	1	WW	1994	1	WW
1997	2	WW	1996	2	GW	1996	2	GW	1996	2	GW	1995	2	GW
1998	3	GW	1997	3	RaW	1997	3	TIW	1997	3	Ka	1996	3	RaW
1999	4	RaW	1998	4	WW	1998	4	GW	1998	4	WW	1997	4	WW
2000	5	WW	1999	5	GW	1999	5	Ha	1999	5	GW	1998	5	GW
2001	6	GW	2000	6	RaW	2000	6	TIW	2000	6	ZR	1999	6	GW
2002	7	KM	2001	7	WW	2001	7	GW	2001	7	WW	2000	7	RaW
2003	8	WW	2002	8	GW	2002	8	TIW	2002	8	Ka	2001	8	WW
2004	9	GW	2003	9	RaW	2003	9	GW	2003	9	WW	2002	9	GW
2005	10	RaW	2004	10	WW	2004	10	Zwiebeln	2004	10	GW	2003	10	GW
2006	11	WW	2005	11	GW	2005	11	WW	2005	11	GW			
2007	12	Ha	2006	12	RaW	2006	12	GW						
2008	13	WW	2007	13	WW									
2009	14	GW	2008	14	GW									
			2009	15	RaW									

WW = Winterweizen , GW = Wintergerste, TIW = Wintertriticale, Ha = Hafer, Ra W = Winterraps, MS = Silomais, KM = Körnermais, ZR = Zuckerrüben, Ka = Kartoffeln

2 Versuchsergebnisse

2.1 Erträge

Die in den einzelnen Jahren an den jeweiligen Standorten angebauten Kulturen, die Naturalerträge (bei Rüben: bereinigter Zuckerertrag) sowie die Relativerträge sind den Tabellen A1 bis A3 im Anhang zu entnehmen.

In der Tabelle 3 sind die Erträge relativ zur Optimalvariante im Mittel über die Versuchsdauer dargestellt. Wegen extremen Lagers in allen gedüngten Varianten wurden die Versuche Haus Düsse 2007 (Hafer) und Salzkotten 2004 (Wintergerste) von dieser Auswertung ausgenommen. An den Standorten Haus Düsse, Rüthen und Meerhof waren durch die Steigerung der N-Gaben über das vermeintliche Optimum hinaus noch geringfügige Ertragssteigerungen zu realisieren. In Marienfeld wurde der höchste Ertrag in der Stufe „optimal“ erreicht, während in Salzkotten im Mittel über die Jahre bereits ab der um 20 Prozent reduzierten N-Gabe keine weitere Ertragssteigerung mehr eingetreten ist.

Tabelle 3: Relativerträge im Mittel über die Versuchsdauer

Ort	ohne N	optimal -40%	optimal -20%	optimal -10%	standorttypisch optimal	optimal +20 %
Haus Düsse	55	91	97	98	100	100
Rüthen	52	87	92	97	100	102
Marienfeld	50	88	96	98	100	97
Salzkotten	82	98	101	100	100	99
Meerhof	48	85	94	97	100	103
Mittel	57	90	96	98	100	100

Der Versuch in Salzkotten fällt darüber hinaus durch die hohe Ertragsleistung der ungedüngten Kontrolle auf, die bei über 80 % der Optimalvariante lag, während in den übrigen Versuchen lediglich Relativerträge zwischen 48 und 55 % erreicht wurden. Ein Erklärungsansatz könnte darin liegen, dass hier zweimal Kartoffeln und einmal Rüben gestanden haben. Diese Kulturen können erfahrungsgemäß den Bodennstickstoff besonders effektiv nutzen (s. Tabelle 4). Allerdings schnitt auch das Wintergetreide (Winterweizen und Wintergerste) im Vergleich zu den anderen Standorten relativ gut ab. Der Standort weist also offenbar ein sehr hohes N-Nachlieferungsvermögen auf, das sich allerdings nicht aus dem vor Versuchsbeginn ermittelten Humus- und den Stickstoffgehalt des Bodens erklären lässt.

Tabelle 4: Ertragsleistung der Kulturen im Mittel über alle Versuche

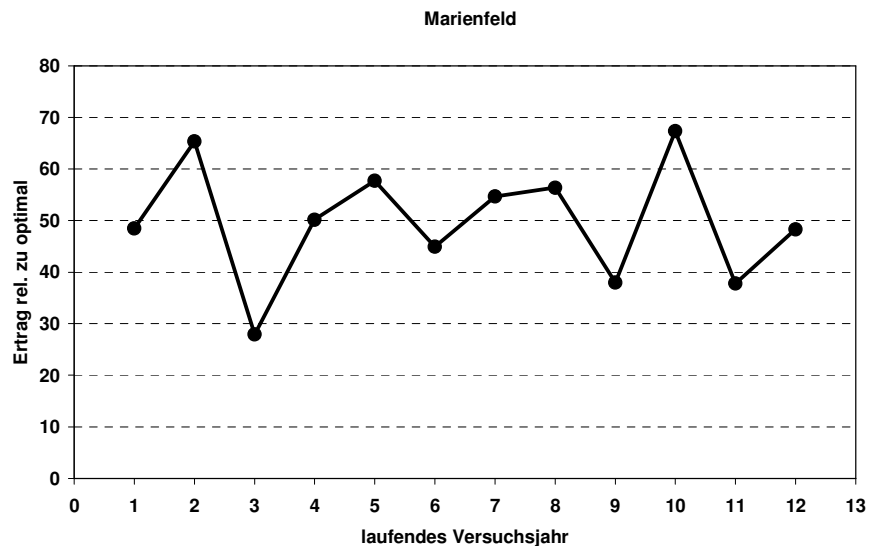
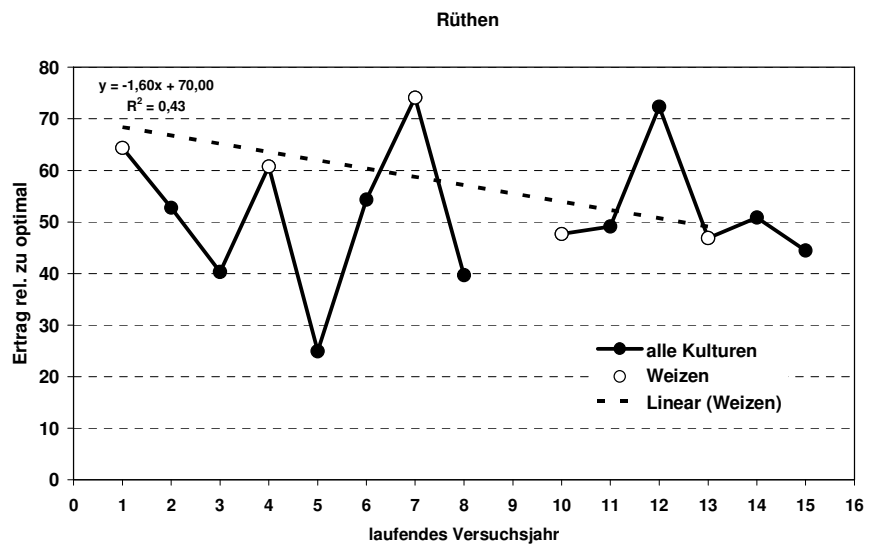
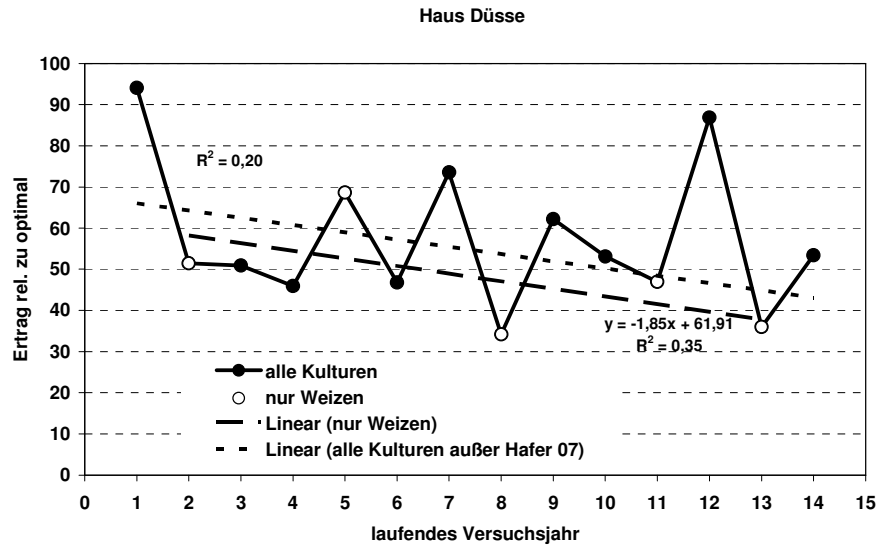
Art	Anzahl Versuche	Relativertrag in ungedüngt
Winterweizen	18	59
Wintergerste	23	52
Mais, Kartoffeln, Rüben	5	90
Raps	8	53

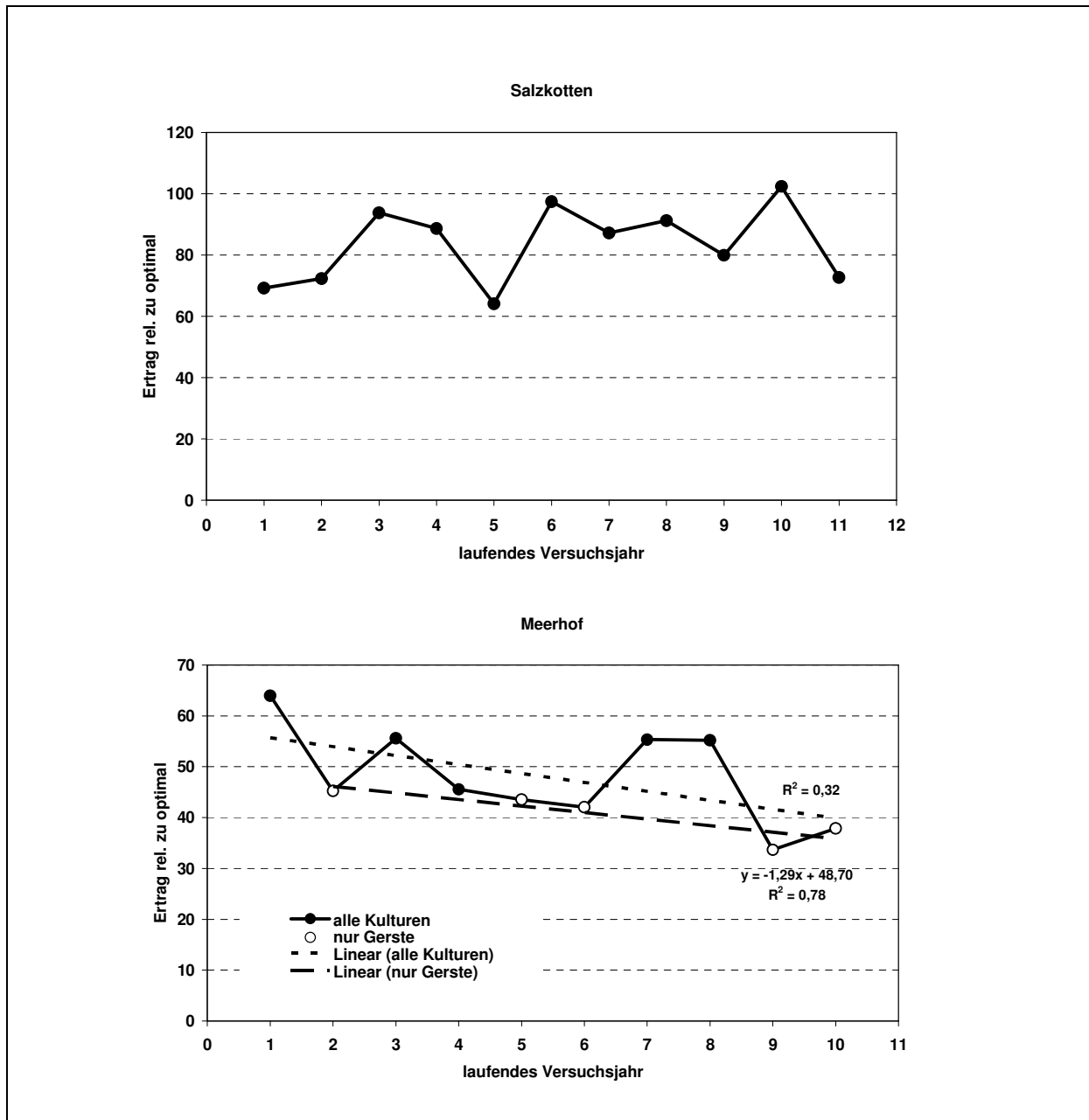
Entsprechend der Versuchsfrage interessiert weniger das Abschneiden der geprüften Varianten in den einzelnen Jahren sondern die Frage, wie sich die Ertragsunterschiede zwischen der Optimalvariante und den unterdüngten Varianten im Laufe der Versuchsdauer verändern. Es ist zu erwarten, dass die Reduzierung der Düngung gegenüber der Sollwertvariante auf Dauer über die Abschöpfung von Bodennstickstoff zu einem Verlust an Bodenfruchtbarkeit führt. Am deutlichsten dürften solche Effekte an den ungedüngten Parzellen zu erkennen sein, weshalb in der Abbildung 1 die Ertragsentwicklung in den in den ungedüngten Varianten (Kontrollvarianten) in Relation zur Leistung der Sollwertvarianten dargestellt werden.

Am Standort Haus Düsse sind die Relativerträge der ungedüngten Varianten von Jahr zu Jahr extrem unterschiedlich. Ein Teil der Schwankungen lässt sich auf die angebauten Kulturen zurückführen, zum Beispiel die hohen Relativerträge im ersten (Silomais) und im siebten (Körnermais) Versuchsjahr. Auch schnitt der Weizen aufgrund der späteren Abreife meist besser ab als die Wintergerste (s. auch Tabelle 4). Als Besonderheit ist der Hafer in 2007 zu nennen, wo es aufgrund von extremen Niederschlägen mit zunehmender Düngungsintensität zu zunehmendem Lager gekommen ist, so dass die Kontrollvariante relativ gut abgeschnitten hat. Wenn man dieses Jahr von der Auswertung ausnimmt, ergibt sich ein mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,20 schwach abgesicherter Trend abnehmender Erträge. Etwas besser wird die Absicherung, wenn die Kulturarteffekte ausgeblendet werden, indem nur die Weizenerträge betrachtet werden ($B = 0,35$). Aus dem Kurvenverlauf lässt sich dann ein jährlicher Ertragsrückgang um 1,85 Prozentpunkte ableiten.

In Rüthen ist bei Betrachtung aller Kulturen keinerlei Trend nachzuweisen. Greift man auch hier nur die Weizenjahre heraus, ergibt sich ein dem Standort Haus Düsse vergleichbares Ergebnis (-1,6 Prozentpunkte jährlich). Wintergerste und Winterraps reagieren nicht gerichtet so dass unterstellt werden muss, dass eventuelle Aushagerungseffekte derzeit noch von den unterschiedlichen Wachstumsbedingungen in den einzelnen Jahren überdeckt werden.

Abbildung 1: Ertragsentwicklung mit fortschreitender Versuchsdauer (Erträge der ungedüngten Varianten relativ zur Optimalvariante)





Solche Jahreseffekte dominieren offenbar auch in Marienfeld und Salzkotten die Ergebnisse, wo auch die Zusammenfassung der Ergebnisse nach Kulturen keine Trends ergibt.

Am Höhenlagen-Standort Meerhof lässt sich im Mittel über alle Kulturen eine sinkende Ertragsleistung der ungedüngten Varianten mit fortschreitender Versuchsdauer nachweisen. Begrenzt man sich hier nur auf die Gerste, wird der Trend noch deutlicher ($B = 0,78$, $-1,29$ Prozentpunkte). Leider musste dieser Versuch nach einer Laufzeit von 10 Jahren wegen Umstellung des Betriebes auf Ökolandbau aufgegeben werden.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Unterlassung der N-Düngung im Laufe der Zeit zu einem Absinken der Ertragsleistung im Vergleich zur optimalen Düngung führt. Die Erträge der Einzeljahre werden stark beeinflusst von der Kulturart im Zusammenwirken mit den Wachstumsbedingungen des jeweiligen Jahres. Solche Effekte überlagern teilweise noch den Ertragsrückgang. Die beschriebenen Effekte können derzeit nur an den ungedüngten Kontrollvarianten nachgewiesen werden, für

einen nachweislichen Ertragsrückgang der reduziert gedüngten Varianten ist die bisherige Versuchslaufzeit noch zu kurz.

2.2 Produktqualität

Als einziges Qualitätsmerkmal ist in den Versuchen der Rohproteingehalt des Getreides ermittelt worden. Bei allen Getreidearten ist der Proteingehalt mit steigender N-Düngung bis zur höchsten Stufe angestiegen (s. Tabelle 5). Es ist jedoch noch nicht erkennbar, dass sich die Qualitätsunterschiede zwischen den Düngungsstufen mit zunehmender Laufzeit der Versuche vergrößern. Die Einzelwerte sind in der Tabelle A4 wiedergegeben.

Tabelle 5: Rohproteingehalt beim Getreide im Mittel über alle Versuche

Art	Anzahl	ohne N	optimal -40%	optimal -20%	optimal -10%	standortyp. optimal	optimal +20 %
Winterweizen	18	10,1	11,7	12,2	12,8	13,2	13,3
Wintergerste	23	9,7	10,7	11,6	11,8	12,4	13,0
Triticale	4	9,7	10,2	10,5	11,1	11,3	11,9
Mittel		9,9	11,1	11,8	12,1	12,6	13,0

2.3 Ökonomischer Ertrag

Der spezialkostenfreie Geldrohertrag in den Tabellen A5 und A6 wurde unter folgenden Annahmen berechnet:

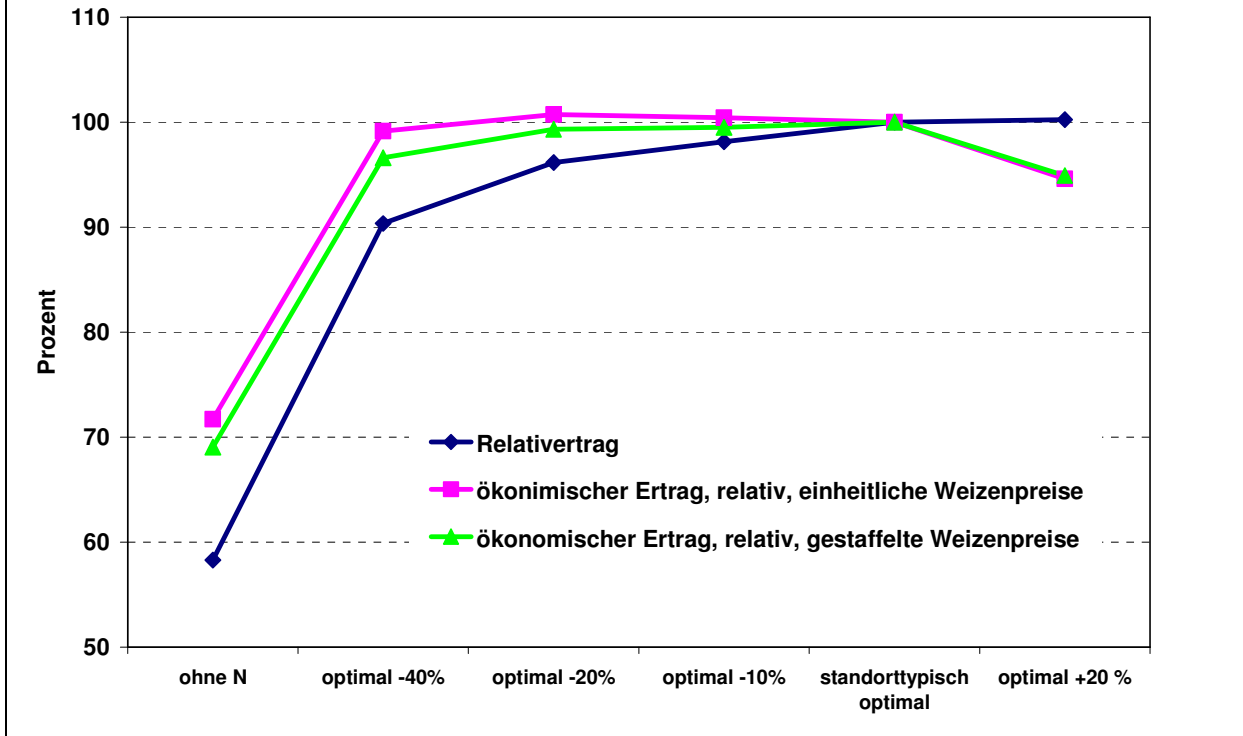
1 dt N	= 1,5 € (incl. Streuvorgänge)
1 dt Getreide, Körnermais, Korn	= 13 €/dt
1 dt Raps, Korn	= 30 €
1 dt Zuckerrübe, BZE	= 30 €
1 dt Silomais (32 % TS)	= 5 €
1 dt Kartoffeln	= 13,5 €
1 dt Zwiebeln	= 27 €

Auf eine Staffelung der Weizenpreise nach Proteingehalt wurde zunächst verzichtet, weil hauptsächlich B- und C-Sorten in den Versuchen standen und aufgrund der starken Nachfrage nach Futtergetreide in Nordrhein-Westfalen die Preisdifferenzen zwischen Brot- und Futterweizen außerordentlich gering sind. In den Auswertungen in der Abbildung 2 wurden ungeachtet dessen teilweise gestaffelte Weizenpreise unterstellt, um die Effekte der unterschiedlichen Proteingehalte aufgrund der reduzierten Düngung in die Auswertung einfließen zu lassen. Dabei wurde folgender Ansatz gewählt:

Rohprotein < 10,3 %	= 13 €/dt
Rohprotein 10,3 - 12,5 %	= 14 €/dt
Rohprotein 12,51 - 14,0 %	= 15 €/dt
Rohprotein > 14,0 %	= 16 €/dt

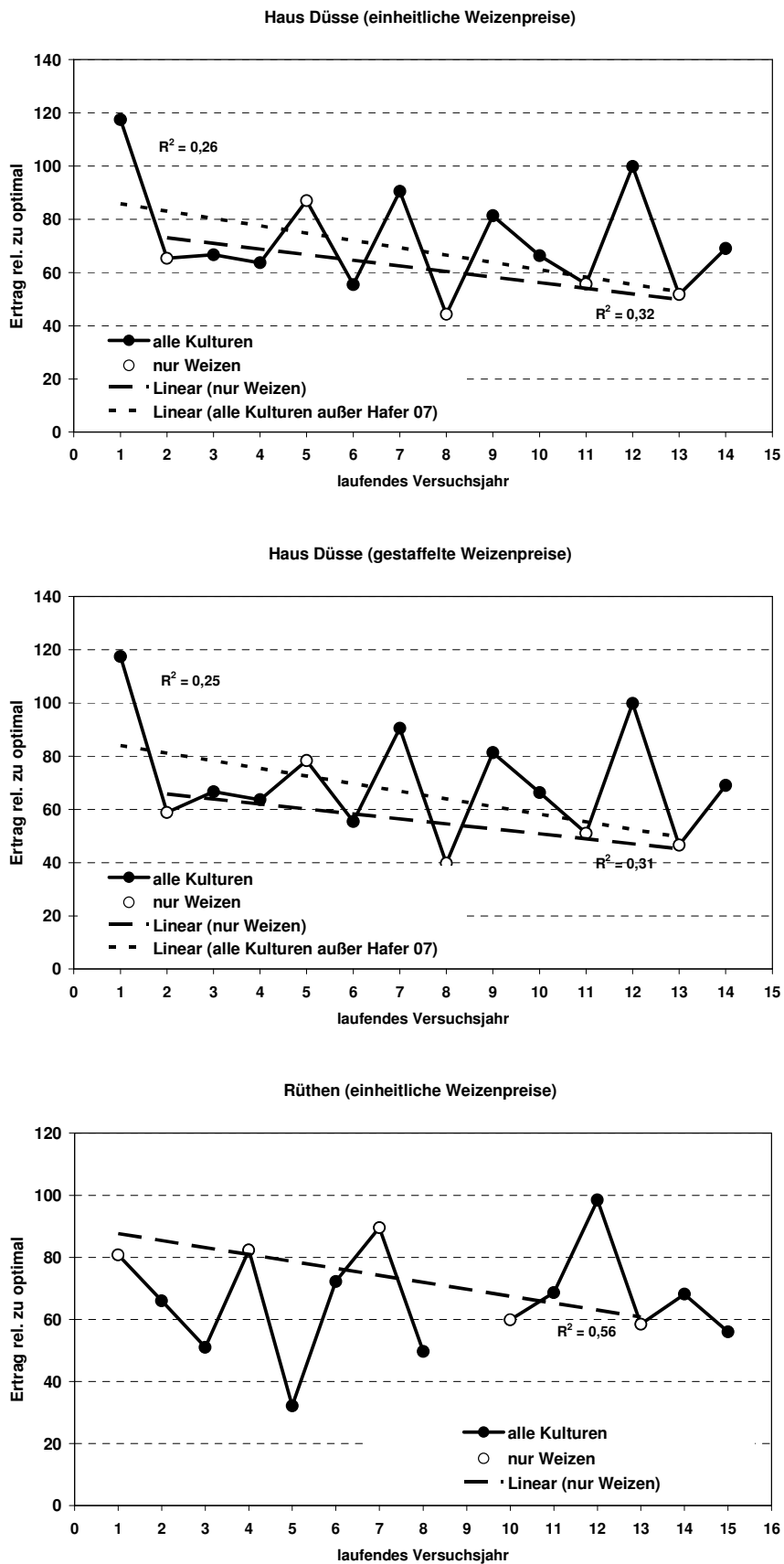
Die Einbeziehung der Düngungskosten in die Kalkulation führt erwartungsgemäß dazu, dass die reduziert gedüngten Varianten relativ besser abschneiden, wie dies in der Abbildung 2 im Mittel über alle Versuchsergebnisse dargestellt ist. Werden überdies die nach Proteingehalt gestaffelten Weizenpreise unterstellt, geht dies zu Lasten der reduziert gedüngten Varianten mit den niedrigeren Proteingehalten.

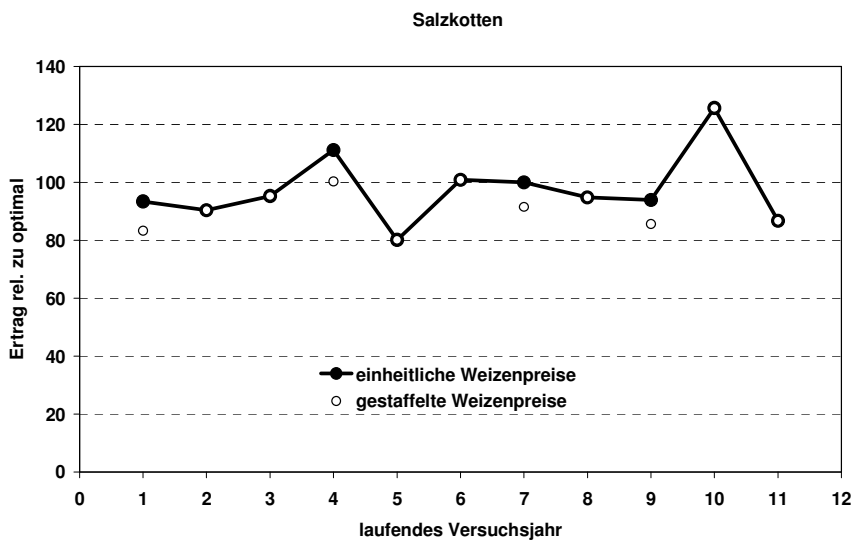
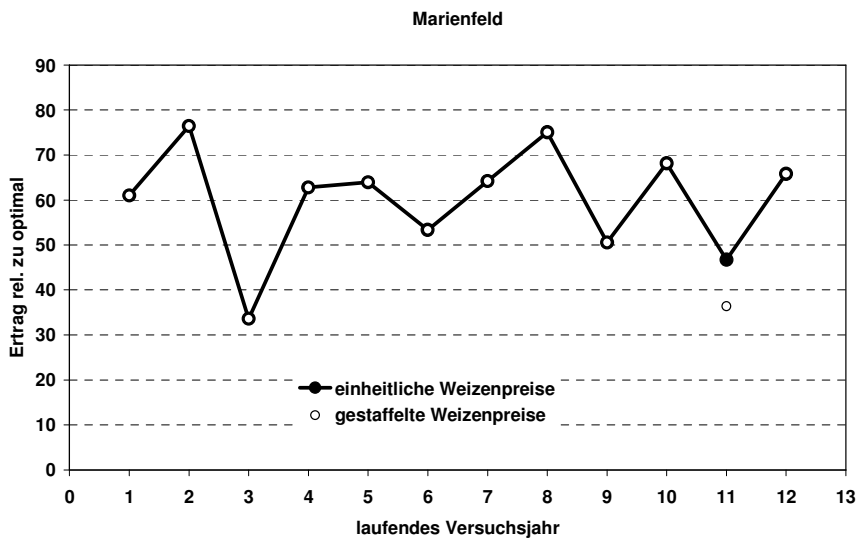
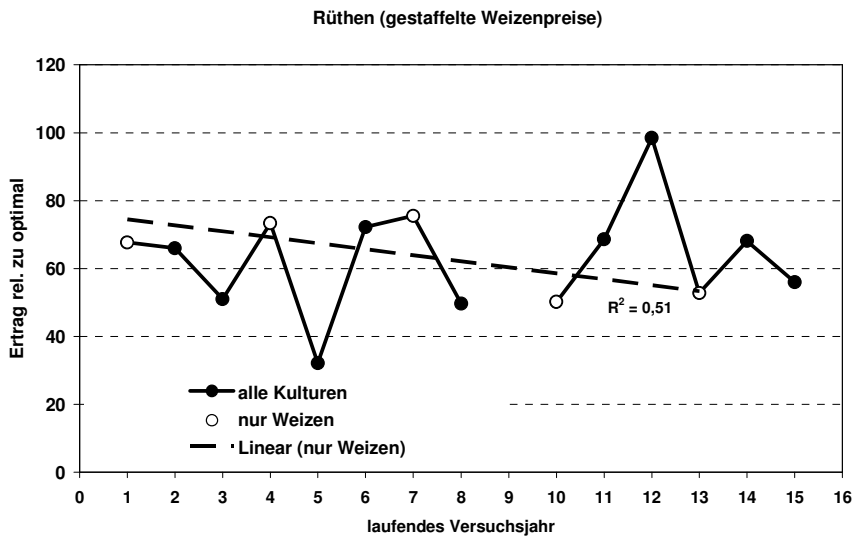
Abbildung 2: Relativertrag und ökonomischer Ertrag mit einheitlichen und gestaffelten Weizenpreisen (Mittel über die Versuche)

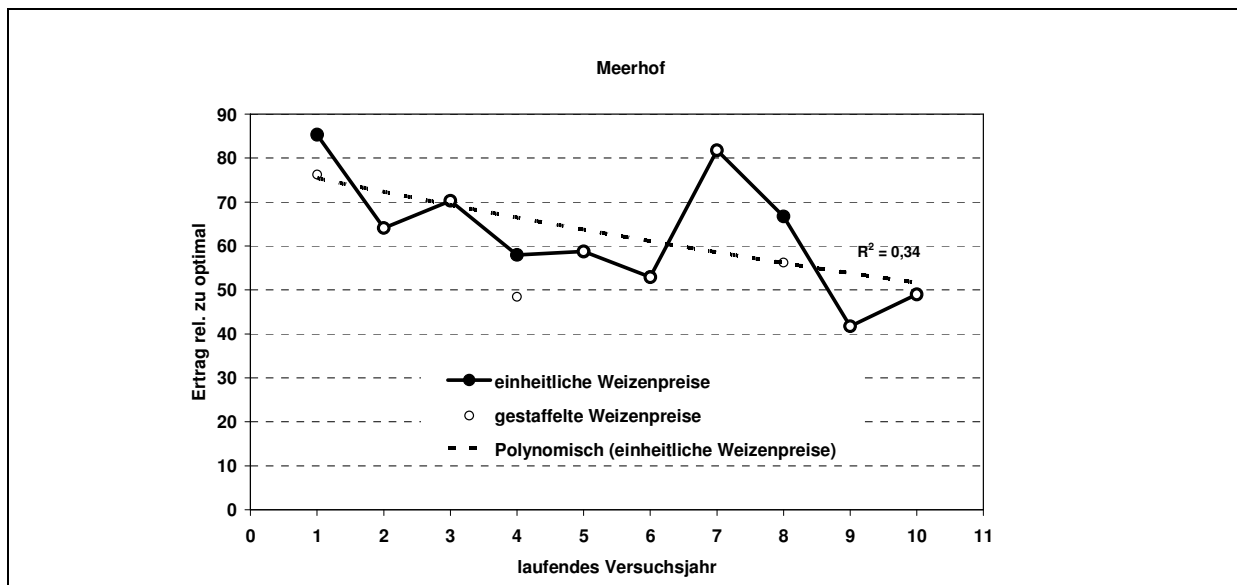


Bezüglich der Entwicklung des ökonomischen Ertrages mit zunehmender Laufzeit der Versuche ergeben sich wegen des bislang ausgebliebenen Effektes auf die Proteingehalte keine grundsätzlich anderen Aussagen als bei den Naturalerträgen beschrieben. In den beiden Versuchen in Marienfeld und Salzkotten, in denen bisher keine Abnahme der relativen Ertragsleistung der ungedüngten Kontrollvariante nachgewiesen werden konnte, zeigt sich auch bei den ökonomischen Erträgen noch keine Tendenz. In den übrigen Versuchen bleiben die Tendenzen, die sich in der Entwicklung der Naturalerträge gezeigt haben, bestehen (s. Abbildung 3).

Abbildung 3: Entwicklung der ökonomischen Erträge mit fortschreitender Versuchsdauer (Erträge der ungedüngten Varianten relativ zur Variante mit optimaler Düngung)







2.4 N-Bilanzen

Die N-Bilanzen wurden berechnet, indem von der gedüngten N-Menge die N-Abfuhr mit dem Erntegut (Ertrag x gemessenem N-Gehalt im Erntegut) abgezogen wurde. Einen erheblichen Einfluss auf den N-Saldo hat die angebaute Kulturart. Speziell Silomais und Kartoffeln weisen selbst in der Optimalvariante deutlich negative N-Bilanzen auf (s. Tabelle 6). Negativ waren auch die Salden bei Zwiebeln und Zuckerrüben, während der Anbau von Wintergetreide bei Düngung nach Sollwert zu nahezu ausgeglichenen N-Bilanzen führte. Durch hohe Bilanzüberhänge ist insbesondere der Winterraps aufgefallen.

Tabelle 6: Mittlerer jährlicher N-Saldo (kg/ha) nach Kulturen

Art	Anzahl Versuchsernten	ohne N	optimal -40%	optimal -20%	optimal -10%	standorttypisch optimal	optimal +20 %
Winterraps	8	-49	15	43	57	66	98
Körnermais	1	-75	-23	10	38	40	68
Triticale	4	-58	-22	-8	8	10	51
Wintergerste	23	-60	-25	-12	0	9	35
Winterweizen	18	-77	-46	-23	-15	-5	32
Hafer	2	-57	-58	-49	-40	-28	-12
Zwiebeln	1	-117	-64	-54	-87	-49	-54
Zuckerrüben	1	-107	-94	-66	-58	-50	-33
Kartoffeln	2	-158	-146	-122	-116	-107	-108
Silomais	1	-207	-196	-143	-129	-130	-81
Mittel	60	-71	-36	-16	-6	3	33

Es ist naheliegend, dass der mittlere jährliche N-Saldo eines Versuches erheblich von den angebauten Kulturen beeinflusst wird. So sind die höchsten jährlichen Salden in Rüthen zu finden. Hier standen ausschließlich Wintergetreide und Winterraps. Etwas niedriger fallen die Salden in Meerhof aus. Auch hier standen nur Wintergetreide und Raps, der Rapsanteil war mit 20 % aber geringer als in Rüthen (29 % Rapsanteil). Die absolut niedrigsten Salden wurden in Salzkotten realisiert, wo in den 11 Versuchsjahren zweimal Kartoffeln und einmal Zuckerrüben angebaut wurden. Beim kumulierten N-Saldo kommt die Versuchsdauer als wesentliche Einflussgröße hinzu.

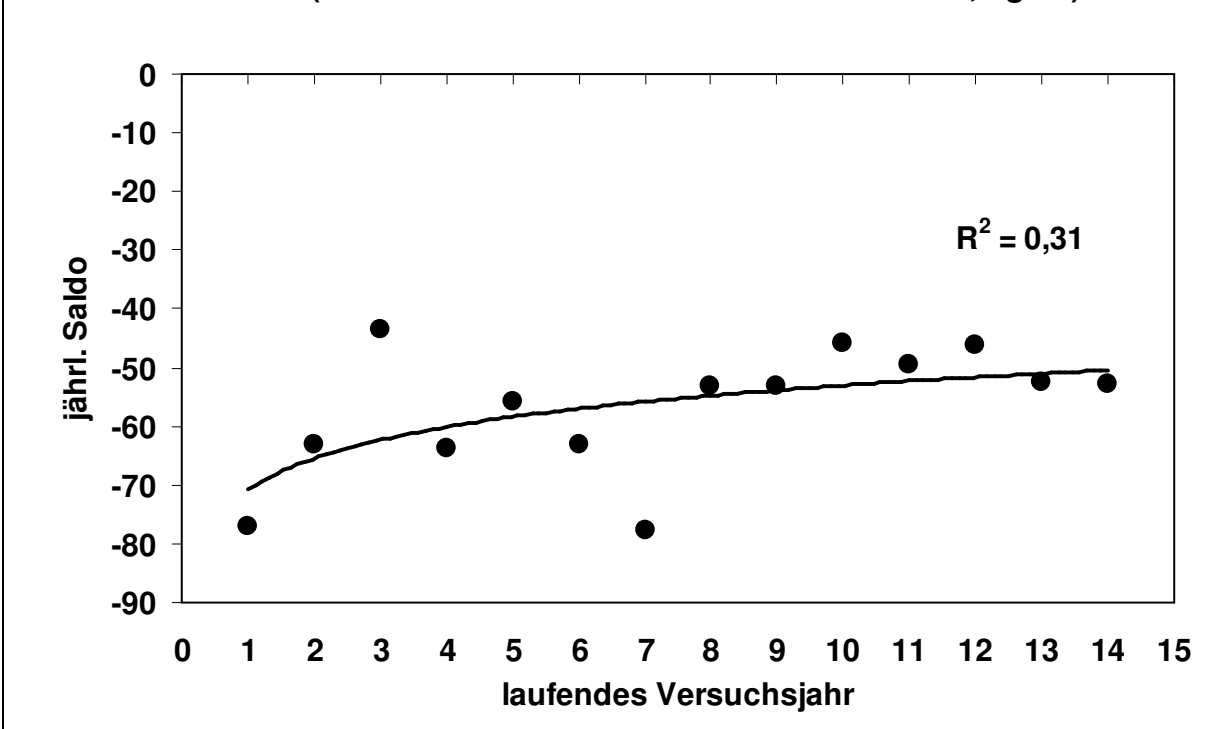
Tabelle 7: N-Saldo (kg/ha) nach Standorten

Standort	Anzahl Jahre	ohne N	optimal -40%	optimal -20%	optimal -10%	standorttypisch optimal	optimal +20 %
mittlerer jährlicher N-Saldo (kg/ha)							
Haus Düsse	14	-69	-31	-7	5	9	40
Rüthen	14	-57	-11	11	18	31	62
Marienfeld	12	-65	-40	-28	-19	-10	24
Salzkotten	11	-118	-90	-67	-55	-42	-20
Meerhof	10	-50	-11	4	17	24	53
kumulierter N-Saldo (kg/ha)							
Haus Düsse	14	-963	-432	-97	74	127	560
Rüthen	14	-698	-161	123	195	356	709
Marienfeld	12	-768	-471	-320	-224	-107	295
Salzkotten	11	-1300	-988	-732	-605	-459	-222
Meerhof	10	-501	-113	35	172	242	533

Bei der Analyse der Erträge bezüglich der Veränderung mit fortlaufender Versuchsdauer konnten Standort-, Kulturart- und Jahrsunterschiede in den absoluten Werten ausgeglichen werden, indem die Daten in Relation zur Optimalvariante dargestellt wurden. Diese Möglichkeit funktioniert bei den Salden nicht, da immer dann, wenn die Optimalvarianten Salden in der Nähe von Null aufweisen, die Relativwerte der ungedüngten Parzellen sehr groß werden, so dass die Streuung nicht verringert, sondern vergrößert wird.

Für die Trendanalyse wurde daher die Auswahl auf Wintergetreide begrenzt und es wurde der Standort Salzkotten wegen der ungewöhnlich hohen Relativerträge beim Getreide (s. Kap. 2.1) nicht einbezogen.

Abbildung 4: Mittlere jährliche N-Salden von Getreide in der ungedüngten Kontrolle (Mittel über alle Standorte außer Salzkotten; kg/ha)



Die so ausgewählten Werte für die ungedüngten Kontrollvarianten werden mit fortlaufender Versuchsdauer offenbar weniger negativ (s. Abb. 4). Da in diesen Varianten nicht gedüngt wird, entspricht Saldo der Abfuhr von der Fläche. Dieser Stickstoff

stammt aus dem Bodenvorrat. Ansteigende Salden sind also gleichzusetzen mit einer geringeren Stickstofffreisetzung aus dem Boden.

2.5 N_{min}-Werte

In den Versuchen wurden zu drei Terminen N_{min}-Untersuchungen durchgeführt: Im Frühjahr zu Vegetationsbeginn, nach der Ernte sowie im Herbst zu Vegetationsende. Bei Kulturen mit später Ernte wie Mais entspricht der Nacherntetermin dem Herbsttermin. Die Probenahmetiefe betrug außer in Rüthen (0 - 60 cm) jeweils 0 bis 90 cm.

Tabelle 8: N_{min}-Werte (kg/ha) im Mittel über die Versuchslaufzeit

Termin	ohne N	optimal -40%	optimal -20%	optimal -10%	standorttypisch optimal	optimal +20 %
Haus Düsse						
Frühjahr (F)	23	26	26	28	28	34
Ernte (E)	19	18	19	26	28	44
Herbst (H)	30	31	33	38	35	45
Rüthen						
Frühjahr (F)	28	27	29	29	28	29
Ernte (E)	27	28	30	40	39	62
Herbst (H)	54	53	51	61	61	67
Marienfeld						
Frühjahr (F)	31	28	33	28	32	31
Ernte (E)	43	38	46	43	53	59
Herbst (H)	60	65	73	65	79	82
Salzkotten						
Frühjahr (F)	44	43	47	45	49	54
Ernte (E)	34	35	38	44	53	70
Herbst (H)	74	79	87	80	95	115
Meerhof						
Frühjahr (F)	26	25	29	29	29	31
Ernte (E)	30	32	36	36	42	59
Herbst (H)	41	45	48	40	57	66

Die Tabelle 8 zeigt die N_{min}-Werte für die einzelnen Termine als Mittelwerte über die Versuchsjahre. Einheitlich in allen Versuchen ist das relativ einheitliche Niveau bei der Frühjahrsbeprobung. Zur Ernte bleiben die Gehalte mit steigender N-Intensität zunächst unverändert. Höhere Werte sind dann je nach Standort ab der Variante 4, 5 oder 6 festzustellen. In allen Versuchen sind die N_{min}-Werte vom Erntetermin bis zum Herbsttermin angestiegen.

In den Abbildungen 5 und 6 ist der Verlauf der N_{min}-Werte über die Versuchsdauer für die ungedüngte, die optimal gedüngte und die überdüngte Variante am Beispiel von zwei Versuchstandorten dargestellt. In dem Düsser Versuch fallen der Mais und der Raps durch hohe Nacherntewerte auf. Die Düngung über Optimum führte in der Regel bei allen Terminen zu den höchsten Werten, die Unterlassung der Düngung zu den niedrigsten. In vielen Jahren waren die Differenzen zwischen den Varianten äußerst gering, in anderen Jahren dagegen unterscheiden sich vor allem die Ernte- und die Herbstwerte zwischen den Varianten gravierend. Letzteres ist in den beiden Maisjahren der Fall und in 2005, als Raps angebaut wurde. Der Einfluss der Fruchtarten wird offenbar durch die jahresspezifischen Mineralisationsbedingungen überlagert, denn im Rapsjahr 1999 waren die Unterschiede relativ gering, während der Weizen aus 1997 zu sehr großen Unterschieden in den Nacherntewerten führte. So-

fern im Herbst noch unterschiedliche Werte zu finden waren, haben sie sich bis zum Frühjahrstermin in der Regel wieder angeglichen.

Abbildung 5: Verlauf der N_{\min} -Werte ausgewählter Varianten am Standort Haus Düsse

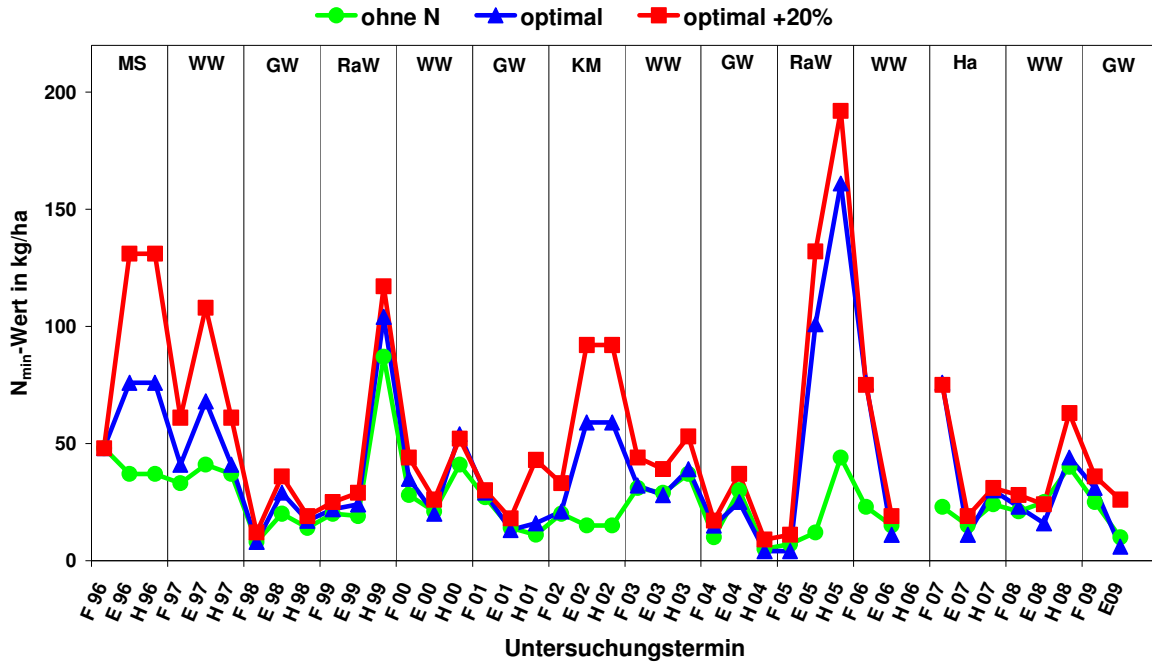
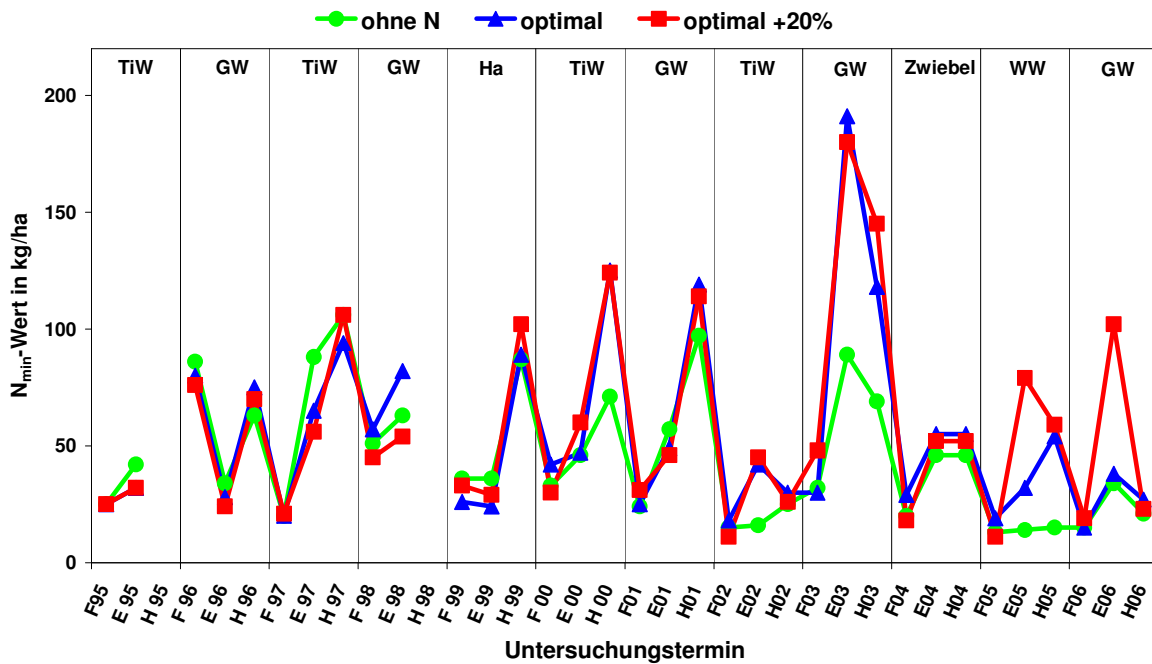


Abbildung 6: Verlauf der N_{\min} -Werte ausgewählter Varianten am Standort Marienfeld

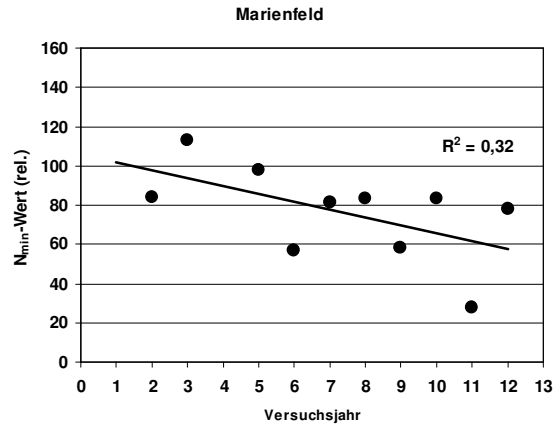
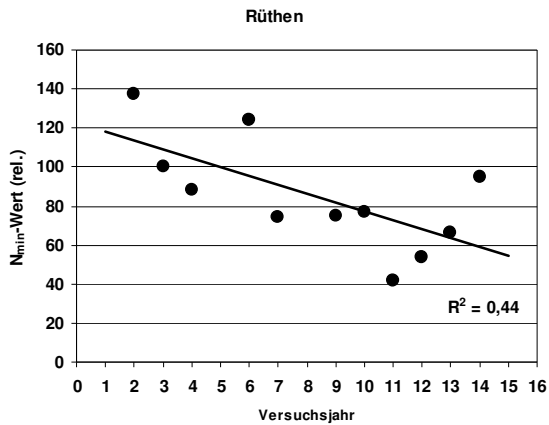


In Marienfeld unterscheiden sich die N_{\min} -Werte in den ersten Versuchsjahren kaum in Abhängigkeit von der Düngungsintensität. Die Differenzen scheinen aber gegen Versuchsende größer zu werden. Deutlicher als auf dem Schluffboden von Haus Düsse ist auf diesem Sandstandort in vielen Jahren die Abnahme der N_{\min} -Werte

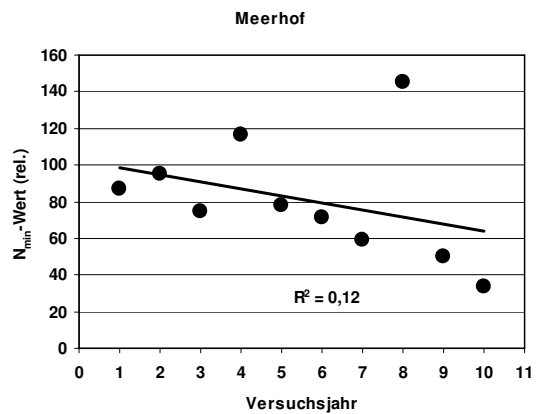
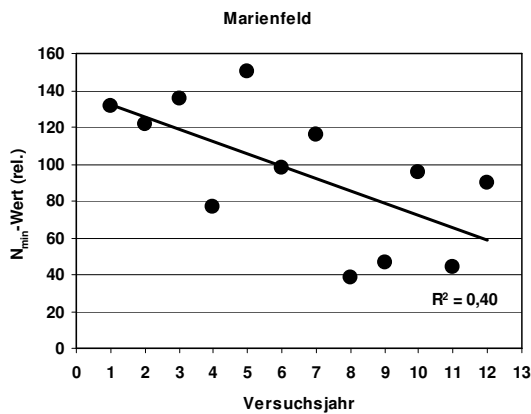
vom Herbsttermin bis zum Frühjahrstermin zu erkennen. Es liegt die Vermutung nahe, dass Stickstoff verlagert worden ist, da eine N-Aufnahme durch die Pflanzenbestände in diesen Größenordnungen auszuschließen sein dürfte.

Abbildung 7: Veränderung der N_{\min} -Werte in der ungedüngten Kontrolle im Versuchsverlauf (relativ zur Optimalvariante)

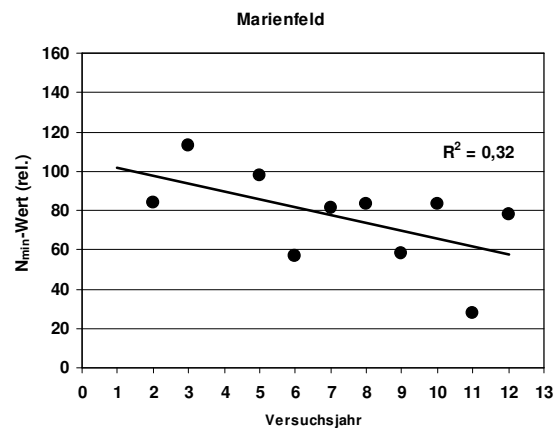
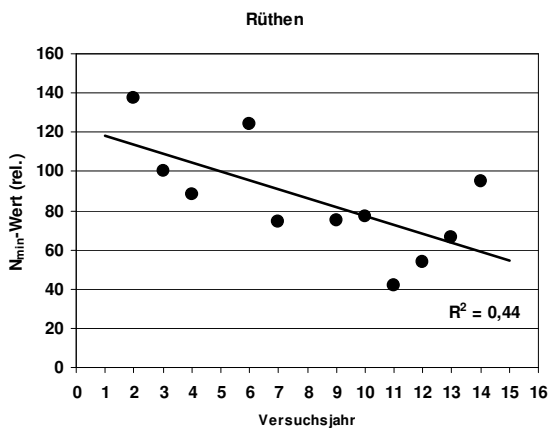
zu Vegetationsbeginn



zur Ernte



zu Vegetationsende



In den ungedüngten Parzellen sind zwischen 500 und 1.300 kg Stickstoff je ha entzogen worden. Es ist zu erwarten, dass eine solche Abmagerung des Bodenstickstoffvorrates sich im Nachlieferungsraten des Bodens niederschlägt, was zu niedrigeren N_{\min} -Gehalten führen könnte.

Um Jahres- und Kulturarteffekte auf die Höhe der N_{\min} -Werte auszuschalten, wurden die Werte aus der Kontrolle als Relativwerte zu den entsprechenden Werten aus der Optimalvariante berechnet.

Die Abbildung 7 enthält nur die Daten für diejenigen Standorte, für die für den jeweiligen Untersuchungstermin ein Trend festgestellt werden konnte. An den übrigen Standorten war keinerlei Tendenz in der Entwicklung der N_{\min} -Werte mit zunehmender Versuchsdauer gegeben. Demnach deuten sich in dem Versuch in Marienfeld zu allen drei Untersuchungsterminen rückläufige N_{\min} -Werte mit zunehmender Laufzeit des Versuches an. Auch am Standort Rüthen gehen die Werte zurück, allerdings nur für den Frühjahrs- und für den Herbsttermin. Zum Nacherntetermin gibt es keine gerichtete Entwicklung. In Meerhof zeigen die Nacherntewerte einen abnehmenden Trend, der eigentlich nur durch den Wert aus dem 8. Jahr (Winterweizen 2001) gestört wird. Die Werte waren an diesem Termin mit 16 kg/ha in der Kontrolle und 11 kg/ha in der Sollwertvariante allerdings durchweg sehr niedrig, so dass die relativ große Abweichung des Kontrollwertes nach oben in der Realität auf eine Abweichung von nur 5 kg/ha N zurückgeht, was sich im Rahmen der Untersuchungsgenauigkeit bewegen dürfte.

2.6 Netto-N-Nachlieferung

Der Berechnung der nachfolgend vorgestellten Netto-N-Nachlieferung liegt die Überlegung zu Grunde, dass die Differenz zwischen der N-Menge, die sich im Frühjahr auf der Fläche befindet plus der Menge, die während der Vegetation gedüngt wird und der N-Menge, die sich zur Ernte auf der Fläche befindet, aus der Bodenreserve geliefert worden ist. Rechengang:

$$\begin{aligned} & \text{Summe aus } N_{\min} \text{ nach der Ernte plus N im Erntegut} \\ & - \text{Summe aus } N_{\min} \text{ zu Vegetationsbeginn plus Düngung} \\ & = \text{Netto-Nachlieferung} \end{aligned}$$

Positive Werte als Ergebnis bedeuten, dass netto Stickstoff aus der Bodenreserve nachgeliefert wurde, während bei negativen Werten Stickstoff in der Bodenreserve gebunden wurde.

Anmerkungen zu den Berechnungen:

- Um tatsächlich die Nettonachlieferung berechnen zu können, müsste auch der Stickstoff berücksichtigt werden, der zu Vegetationsbeginn im Pflanzenbestand gebunden ist. Diese Größe ist in den Versuchen nicht bestimmt worden.
- Es wurde nur der im Erntegut enthaltene Stickstoff ermittelt, da bei den Ernteresten weder der Ertrag noch der N-Gehalt bestimmt wurden. Die Konsequenz, die sich aus dieser nicht ganz korrekten Berechnung ergibt, lässt sich aus dem Vergleich der Werte für Silomais und Körnermais in der Tabelle 9 erkennen. Demnach wäre beim Silomais deutlich mehr N nachgeliefert worden als beim Körnermais, obwohl die rechnerische Differenz im Wesentlichen darauf zurückzuführen ist, dass beim Körnermais nur die N-Menge im Korn, beim Silomais hingegen die N-Menge aus der Gesamtpflanze berücksichtigt worden ist. Die Netto-N-Nachlieferung beim Körnermais ist demzufolge höher als berechnet. Das gilt in gleicher Weise für die übrigen Kulturen, bei denen die Nachlieferung noch um die in den Ernteresten gebundene N-Menge zu erhöhen wäre.
- Die Netto-N-Nachlieferung nach dem aufgezeigten Muster kann nur für solche Versuchsjahre berechnet werden, für die sowohl die Frühjahrs- wie auch die Ern-

te- N_{\min} -Werte vorliegen. Wegen fehlender Ernte- N_{\min} -Werte konnten in Rüthen 4 Versuchsjahre nicht in die Auswertung einbezogen werden.

Tabelle 9: Netto-N-Nachlieferung im Mittel über die Versuche (kg/ha)

Ort	Anzahl	ohne N	optimal -40%	optimal -20%	optimal -10%	standortty- pisch optimal	optimal +20 %
nach Kulturen							
Silomais	1	196	193	137	146	158	164
Kartoffeln	2	170	163	156	160	164	173
Trticale	4	82	41	27	14	10	-26
Zuckerrüben	1	76	66	42	19	10	-12
Körnermais	1	70	30	6	-8	-4	-9
Winterweizen	17	70	38	14	14	4	-10
Wintergerste	22	66	30	19	8	6	-16
Winterraps	6	53	-1	-29	-37	-38	-43
Hafer	2	49	49	46	50	22	17
nach Standorten							
Haus Düsse	14	67	26	4	0	-4	-20
Mariensfeld	11	76	51	43	32	32	1
Meerhof	10	53	18	4	-10	-11	-25
Rüthen	10	57	19	-5	-1	-14	-26
Salzkotten	11	109	79	60	54	46	39
Mittel		73	39	21	15	10	-6

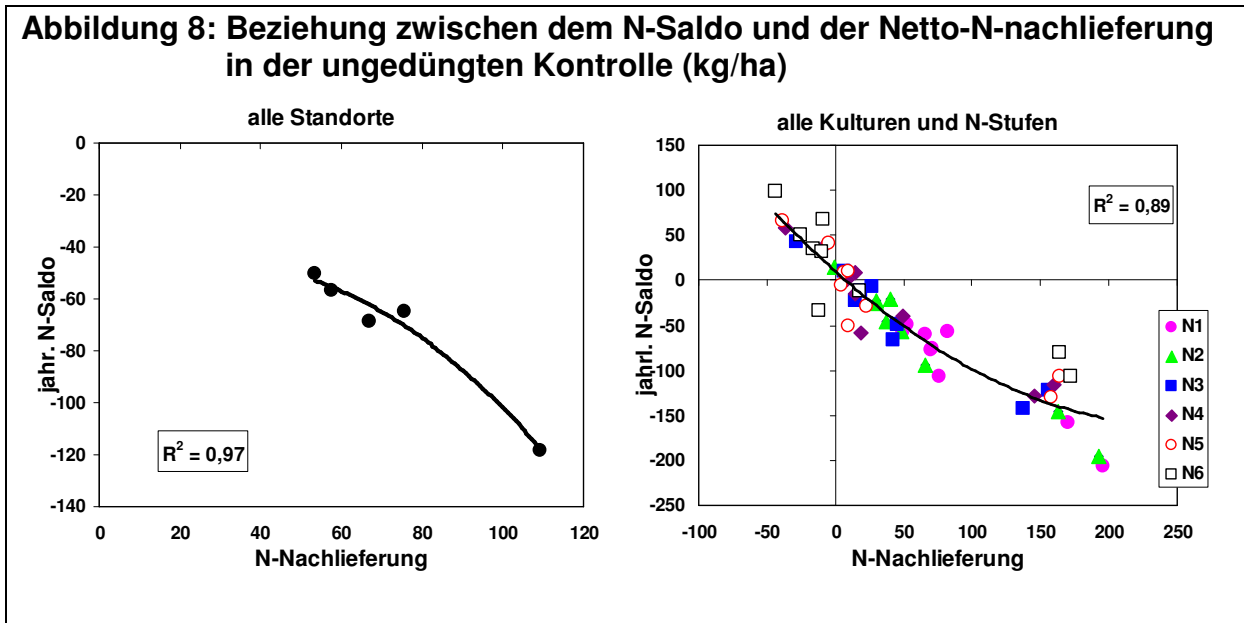
Die Tabelle 9 zeigt die so berechneten Nachlieferungswerte im Mittel über alle Versuche. Die kulturartspezifischen Unterschiede sollten angesichts des nicht berücksichtigten Stickstoffes in den Ernteresten nicht überbewertet werden, jedoch ist eindeutig zu erkennen, dass bei allen Kulturen die N-Nachlieferung mit zunehmender Düngungsintensität zurückgeht. Das gilt auch im Mittel über die Standorte.

Die Versuchsstandorte unterscheiden sich in der Größenordnung der Nachlieferung. Es fällt auf, dass sich hier die gleiche Rangfolge ergibt wie bei der Höhe der N-Salden (s. Tabelle 7). So zeigt sich auch in der Abbildung 8 eine hervorragende Beziehung zwischen dem mittleren jährlichen N-Saldo und der berechneten Netto-N-Nachlieferung in den ungedüngten Kontrollvarianten. Dies ist leicht nachvollziehbar, da die beiden Einflussgrößen auf den N-Saldo - die N-Düngung und die N-Abfuhr - ebenfalls in die Berechnung der Netto-N-Nachlieferung einfließen. Eine gute Beziehung besteht auch zwischen dem mittleren N-Saldo einzelner Kulturen und den dazugehörigen mittleren Nachlieferungsraten, und dies sogar bei allen N-Stufen. Auch hier ist die abnehmende Nachlieferung mit zunehmender Düngung erkennbar. Neben dem offenbar dominierenden Einfluss der N-Düngung und der N-Abfuhr auf das Ergebnis der Berechnungen der Netto-N-Nachlieferung spiegeln sich natürlich auch die unterschiedlichen N_{\min} -Werte zu Vegetationsbeginn und nach der Ernte in der Nachlieferung wieder.

Im Mittel über alle Kulturen und alle Standorte ist keinerlei Tendenz nachweisbar, dass sich die Netto-N-Nachlieferung im Laufe der Jahre verändert hätte. Da vor allem die großen Differenzen zwischen den Kulturarten eine solche Beziehung überdecken, wurde für die Abbildung 9 die Auswahl begrenzt auf die in den Versuchen vertretenen Getreidearten. Des Weiteren wurden nur die Versuchsstandorte in die Auswertung einbezogen, auf denen entweder eine Veränderung der Getreideerträge während der Versuchsdauer oder aber eine Veränderung der N_{\min} -Werte zu einem der für die Berechnungen relevanten Termine (Vegetationsbeginn oder nach der Ern-

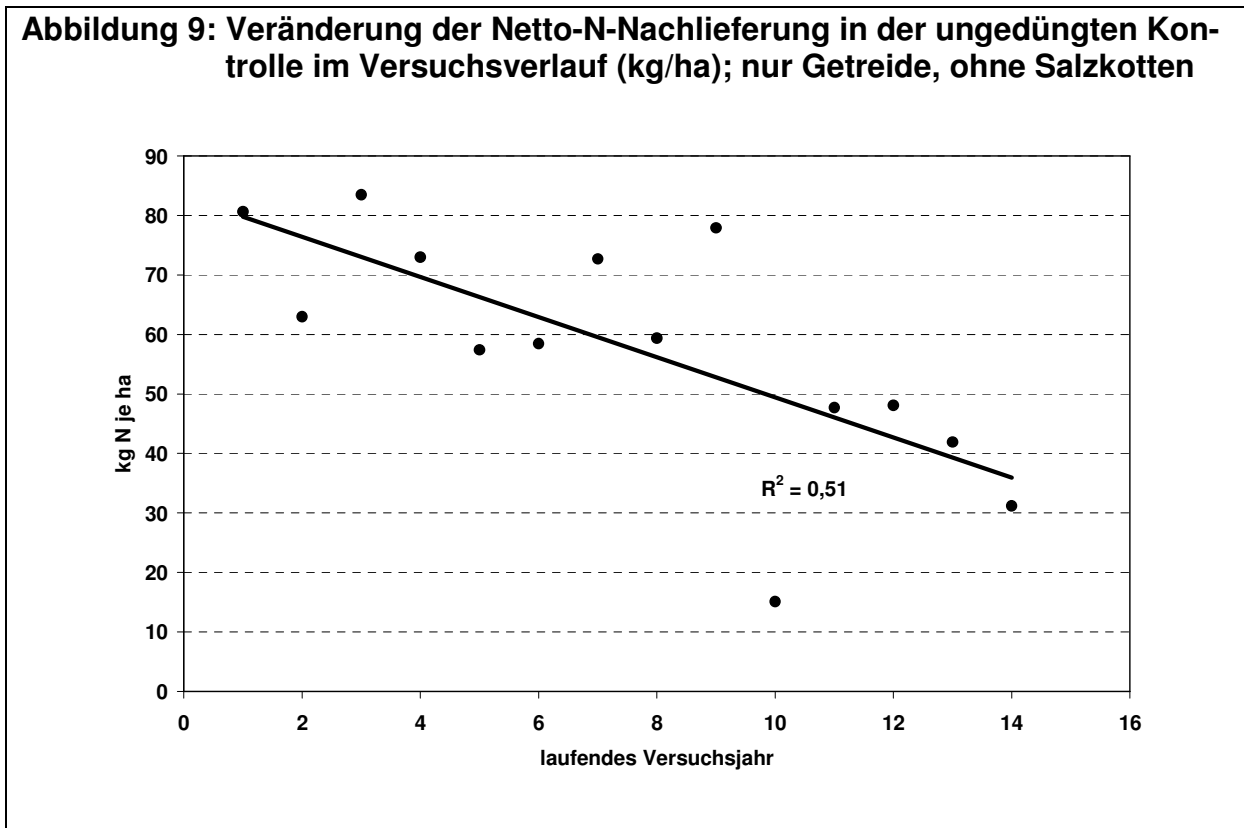
te) zu erkennen war. Die erste Forderung trifft für Haus Düsse, Rüthen und Meerhof zu, die zweite für Rüthen, Marienfeld und Meerhof. Salzkotten wurde infolgedessen nicht in die Auswertung aufgenommen.

Abbildung 8: Beziehung zwischen dem N-Saldo und der Netto-N-nachlieferung in der ungedüngten Kontrolle (kg/ha)



Bei den verbleibenden Getreideversuchen zeigt sich ein eindeutig rückläufiger Trend in der Netto-N-Nachlieferung in den ungedüngten Parzellen. Wie bei den übrigen untersuchten Parametern ist dieser Trend in den ungedüngten Varianten noch nicht feststellbar.

Abbildung 9: Veränderung der Netto-N-Nachlieferung in der ungedüngten Kontrolle im Versuchsverlauf (kg/ha); nur Getreide, ohne Salzkotten



3 Fazit

Es ist zu erwarten, dass eine Reduzierung der N-Düngung unter das derzeit ökonomisch optimale Niveau nicht ohne Einfluss auf die Erträge und die Qualitäten der angebauten Kulturen bleibt und dass bei anhaltend niedriger Düngung auch die Bodenfruchtbarkeit leidet.

In den Versuchen wurden folgende Parameter analysiert:

- Ertrag (Naturalertrag, GE-Ertrag)
- Qualität (Rohproteingehalte beim Getreide)
- Ökonomie (spezialkostenfreier Geldrohertrag)
- N-Bilanzen (jährlich und kumuliert)
- N_{\min} -Werte (Vegetationsbeginn, nach der Ernte, Vegetationsende)
- N-Nachlieferung

Nahezu alle Parameter sind sehr unterschiedlich ausgeprägt in Abhängigkeit von der angebauten Kultur, der Jahreswitterung und zweifellos auch von den Standorteigenschaften. So ist kaum verwunderlich, dass sich häufig selbst in den langfristig ungedüngten Varianten kein gesicherter Trend erkennen lässt, zum Beispiel bezüglich der N-Bilanz. Die Eingrenzung der Versuchsergebnisse auf vergleichbare Kulturarten, bestimmte Standorte usw. lässt aber zumindest auf den ungedüngten Parzellen bestimmte Tendenzen erkennen:

- die Erträge gehen zurück, damit leidet auch die Ökonomie
- es wird weniger Stickstoff aus der Bodenreserve geliefert, was zu weniger negativen N-Bilanzen, einer nachlassenden Netto-N-Nachlieferung und zu niedrigeren N_{\min} -Werten führt
- die Getreidequalität wurde bislang noch nicht nachweislich beeinträchtigt.

Diese Tendenzen lassen sich nicht an allen Standorten, nicht bei allen Kulturen und nur in der ungedüngten Variante nachweisen und sind teilweise auch nur schwach abgesichert. Offenbar ist die Versuchsdauer zwischen 10 und 15 Jahren noch zu kurz, um sichere Aussagen über die längerfristigen Folgen der gestaffelten Düngungsintensitäten treffen zu können.

Die vorgestellten Ergebnisse beziehen sich auf Parzellenerträge, die ohne Einfluss von Vorgewenden, Fahrgassen, Waldschatten usw. erzielt wurden. In der Praxis werden mit den gleichen Aufwendungen an Stickstoff um ca. 10 bis 20 % niedrigere Erträge erreicht. Daher dürfen die vorgestellten Ergebnisse insbesondere zur Frage der Ökonomie und zu den N-Bilanzen nicht ohne vorausgehende Ertragskorrektur auf Praxisbedingungen übertragen werden!

4 Tabellenanhang

Tabelle A1: Ertrag in dt/ha

Kalenderjahr	Versuchsjahr	Kultur	ohne N	optimal	optimal	optimal	standorttypisch	optimal
Haus Düsse								
1996	1	MS	165,4	171,6	164,0	163,4	175,8	167,2
1997	2	WW	42,7	69,4	78,1	80,6	83,0	81,7
1998	3	GW	42,8	71,1	77,4	78,7	84,0	77,1
1999	4	RaW	14,7	33,9	32,4	35,7	32,0	38,1
2000	5	WW	61,9	79,9	87,0	90,1	90,2	92,2
2001	6	GW	54,0	93,8	112,2	110,4	115,4	112,1
2002	7	KM	71,3	93,4	94,6	84,5	96,9	91,4
2003	8	WW	29,2	75,5	81,2	82,6	85,3	89,3
2004	9	GW	50,1	73,1	76,6	76,6	80,6	81,1
2005	10	RaW	26,2	43,5	49,0	47,2	49,2	48,8
2006	11	WW	42,9	81,5	89,2	91,3	91,4	96,3
2007	12	Ha*	41,8	64,1	57,9	53,0	48,1	43,3
2008	13	WW	33,7	77,1	87,0	92,6	93,4	92,0
2009	14	GW	44,6	71,1	76,6	81,6	83,5	87,7
Rüthen								
1995	1	WW	64,0	92,9	98,3	100,1	99,4	100,3
1996	2	GW	48,5	91,6	92,1	93,9	91,9	91,6
1997	3	RaW	17,3	40,4	40,8	40,1	42,9	44,4
1998	4	WW	48,2	63,1	64,9	74,6	79,3	82,4
1999	5	GW	20,5	69,0	82,3	82,3	82,2	81,7
2000	6	RaW	18,7	26,2	22,9	30,9	34,4	29,6
2001	7	WW	71,9	98,4	98,8	99,5	97,0	96,1
2002	8	GW	35,4	74,4	80,8	87,8	89,2	88,7
2003	9	RaW	--	--	--	--	--	--
2004	10	WW	45,7	86,0	93,0	96,2	95,9	94,7
2005	11	GW	32,9	60,6	66,1	68,5	67,0	71,8
2006	12	RaW	23,2	28,4	28,2	31,7	32,0	36,7
2007	13	WW	41,0	74,9	80,3	82,7	87,5	95,8
2008	14	GW	40,1	63,6	73,2	73,2	78,8	81,7
2009	15	RaW	17,8	27,6	35,8	35,4	40,0	42,9
Marienfeld								
1995	1	TIW	44,9	68,3	80,6	88,3	92,6	91,7
1996	2	GW	62,5	86,6	92,2	96,4	95,6	98,4
1997	3	TIW	30,5	77,1	90,7	95,3	109,2	108,4
1998	4	GW	37,6	59,6	64,0	69,1	74,9	71,6
1999	5	Ha	50,5	72,2	83,0	86,9	87,5	87,7
2000	6	TIW	49,1	93,3	108,3	103,1	109,3	104,6
2001	7	GW	65,6	103,9	116,8	121,4	120,0	115,4
2002	8	TIW	44,5	87,4	90,1	81,5	78,9	69,5
2003	9	GW	26,5	65,4	68,1	67,6	69,7	63,1
2004	10	Zwiebeln	334,1	437,7	432,7	504,1	495,9	473,6
2005	11	WW	41,1	97,4	109,3	108,3	108,6	110,9
2006	12	GW	34,6	76,4	75,4	76,4	71,6	71,6
Salzkotten								
1995	1	WW	58,8	81,4	84,7	85,7	84,9	86,2
1996	2	GW	58,6	78,5	80,2	78,3	81,0	78,7
1997	3	Ka	523,7	552,7	540,8	553,8	558,6	559,2
1998	4	WW	69,4	77,9	79,7	77,6	78,3	75,8
1999	5	GW	63,1	98,2	100,6	100,0	98,4	95,7
2000	6	ZR	131,2	145,6	148,6	133,3	134,6	127,7
2001	7	WW	94,9	103,3	104,2	106,4	108,8	105,1
2002	8	Ka	401,7	418,3	458,3	443,5	440,3	453,5
2003	9	WW	87,7	106,2	107,0	111,6	109,8	111,3
2004	10	GW*	97,1	101,0	99,2	99,8	94,9	95,8
2005	11	GW	74,3	98,9	100,5	102,2	102,2	99,8
Meerhof								
1994	1	WW	53,1	76,8	79,2	82,9	83,0	84,4
1995	2	GW	26,6	46,8	53,7	57,3	58,8	63,3
1996	3	RaW	23,3	35,8	40,3	40,8	41,9	42,6
1997	4	WW	40,5	72,9	85,7	86,4	88,9	93,7
1998	5	GW	31,0	61,0	64,8	68,3	71,2	69,0
1999	6	GW	37,8	77,1	83,7	87,4	89,9	95,3
2000	7	RaW	16,6	27,1	29,7	29,3	30,0	31,5
2001	8	WW	59,0	88,0	102,3	104,6	106,9	110,0
2002	9	GW	30,6	73,7	79,3	83,4	90,9	86,2
2003	10	GW	26,4	58,4	67,5	69,2	69,6	72,1

* extremes Lager in allen gedüngten Varianten

Tabelle A2: Ertrag in dt GE je ha

Kalenderjahr	Versuchsjahr	Kultur	ohne N	optimal -40%	optimal -20%	optimal -10%	standorttypisch optimal	optimal +20 %
Haus Düsse								
1996	1	MS	94,5	98,1	93,7	93,4	100,5	95,5
1997	2	WW	42,7	69,4	78,1	80,6	83,0	81,7
1998	3	GW	42,8	71,1	77,4	78,7	84,0	77,1
1999	4	RaW	25,0	57,6	55,1	60,7	54,4	64,8
2000	5	WW	61,9	79,9	87,0	90,1	90,2	92,2
2001	6	GW	54,0	93,8	112,2	110,4	115,4	112,1
2002	7	KM	71,3	93,4	94,6	84,5	96,9	91,4
2003	8	WW	29,2	75,5	81,2	82,6	85,3	89,3
2004	9	GW	50,1	73,1	76,6	76,6	80,6	81,1
2005	10	RaW	44,5	73,9	83,3	80,2	83,7	83,0
2006	11	WW	42,9	81,5	89,2	91,3	91,4	96,3
2007	12	Ha*	41,8	64,1	57,9	53,0	48,1	43,3
2008	13	WW	33,7	77,1	87,0	92,6	93,4	92,0
2009	14	GW	44,6	71,1	76,6	81,6	83,5	87,7
Rüthen								
1995	1	WW	64,0	92,9	98,3	100,1	99,4	100,3
1996	2	GW	48,5	91,6	92,1	93,9	91,9	91,6
1997	3	RaW	29,4	68,7	69,4	68,2	72,9	75,5
1998	4	WW	48,2	63,1	64,9	74,6	79,3	82,4
1999	5	GW	20,5	69,0	82,3	82,3	82,2	81,7
2000	6	RaW	31,8	44,5	38,9	52,5	58,5	50,3
2001	7	WW	71,9	98,4	98,8	99,5	97,0	96,1
2002	8	GW	35,4	74,4	80,8	87,8	89,2	88,7
2003	9	RaW	--	--	--	--	--	--
2004	10	WW	45,7	86,0	93,0	96,2	95,9	94,7
2005	11	GW	32,9	60,6	66,1	68,5	67,0	71,8
2006	12	RaW	39,4	48,4	48,0	53,9	54,5	62,4
2007	13	WW	41,0	74,9	80,3	82,7	87,5	95,8
2008	14	GW	40,1	63,6	73,2	73,2	78,8	81,7
2009	15	RaW	30,2	46,9	60,9	60,1	68,0	73,0
Marienfeld								
1995	1	TIW	44,9	68,3	80,6	88,3	92,6	91,7
1996	2	GW	62,5	86,6	92,2	96,4	95,6	98,4
1997	3	TIW	30,5	77,1	90,7	95,3	109,2	108,4
1998	4	GW	37,6	59,6	64,0	69,1	74,9	71,6
1999	5	Ha	50,5	72,2	83,0	86,9	87,5	87,7
2000	6	TIW	49,1	93,3	108,3	103,1	109,3	104,6
2001	7	GW	65,6	103,9	116,8	121,4	120,0	115,4
2002	8	TIW	44,5	87,4	90,1	81,5	78,9	69,5
2003	9	GW	26,5	65,4	68,1	67,6	69,7	63,1
2004	10	Zwiebeln	50,1	65,7	64,9	75,6	74,4	71,0
2005	11	WW	41,1	97,4	109,3	108,3	108,6	110,9
2006	12	GW	34,6	76,4	75,4	76,4	71,6	71,6
Salzkotten								
1995	1	WW	58,8	81,4	84,7	85,7	84,9	86,2
1996	2	GW	58,6	78,5	80,2	78,3	81,0	78,7
1997	3	Ka	104,7	110,5	108,2	110,8	111,7	111,8
1998	4	WW	69,4	77,9	79,7	77,6	78,3	75,8
1999	5	GW	63,1	98,2	100,6	100,0	98,4	95,7
2000	6	ZR	194,3	220,5	225,0	207,0	211,0	205,8
2001	7	WW	94,9	103,3	104,2	106,4	108,8	105,1
2002	8	Ka	80,3	83,7	91,7	88,7	88,1	90,7
2003	9	WW	87,7	106,2	107,0	111,6	109,8	111,3
2004	10	GW*	97,1	101,0	99,2	99,8	94,9	95,8
2005	11	GW	74,3	98,9	100,5	102,2	102,2	99,8
Meerhof								
1994	1	WW	53,1	76,8	79,2	82,9	83,0	84,4
1995	2	GW	26,6	46,8	53,7	57,3	58,8	63,3
1996	3	RaW	39,6	60,9	68,5	69,4	71,2	72,4
1997	4	WW	40,5	72,9	85,7	86,4	88,9	93,7
1998	5	GW	31,0	61,0	64,8	68,3	71,2	69,0
1999	6	GW	37,8	77,1	83,7	87,4	89,9	95,3
2000	7	RaW	28,2	46,1	50,5	49,8	51,0	53,6
2001	8	WW	59,0	88,0	102,3	104,6	106,9	110,0
2002	9	GW	30,6	73,7	79,3	83,4	90,9	86,2
2003	10	GW	26,4	58,4	67,5	69,2	69,6	72,1

* extremes Lager in allen gedüngten Varianten

Tabelle A3: Relativertrag

Kalenderjahr	Versuchsjahr	Kultur	ohne N	optimal -40%	optimal -20%	optimal -10%	standorttypisch optimal	optimal +20 %
Haus Düsse								
1996	1	MS	94	98	93	93	100	95
1997	2	WW	51	84	94	97	100	98
1998	3	GW	51	85	92	94	100	92
1999	4	RaW	46	106	101	112	100	119
2000	5	WW	69	89	96	100	100	102
2001	6	GW	47	81	97	96	100	97
2002	7	KM	74	96	98	87	100	94
2003	8	WW	34	89	95	97	100	105
2004	9	GW	62	91	95	95	100	101
2005	10	RaW	53	88	100	96	100	99
2006	11	WW	47	89	98	100	100	105
2007	12	Ha*	87	133	120	110	100	90
2008	13	WW	36	83	93	99	100	98
2009	14	GW	53	85	92	98	100	105
Rüthen								
1995	1	WW	64	93	99	101	100	101
1996	2	GW	53	100	100	102	100	100
1997	3	RaW	40	94	95	93	100	103
1998	4	WW	61	80	82	94	100	104
1999	5	GW	25	84	100	100	100	99
2000	6	RaW	54	76	67	90	100	86
2001	7	WW	74	101	102	103	100	99
2002	8	GW	40	83	91	98	100	99
2003	9	RaW	--	--	--	--	--	--
2004	10	WW	48	90	97	100	100	99
2005	11	GW	49	90	99	102	100	107
2006	12	RaW	72	89	88	99	100	114
2007	13	WW	47	86	92	95	100	109
2008	14	GW	51	81	93	93	100	104
2009	15	RaW	44	69	90	88	100	107
Marienfeld								
1995	1	TIW	48	74	87	95	100	99
1996	2	GW	65	91	96	101	100	103
1997	3	TIW	28	71	83	87	100	99
1998	4	GW	50	80	85	92	100	96
1999	5	Ha	58	83	95	99	100	100
2000	6	TIW	45	85	99	94	100	96
2001	7	GW	55	87	97	101	100	96
2002	8	TIW	56	111	114	103	100	88
2003	9	GW	38	94	98	97	100	91
2004	10	Zwiebeln	67	88	87	102	100	96
2005	11	WW	38	90	101	100	100	102
2006	12	GW	48	107	105	107	100	100
Salzkotten								
1995	1	WW	69	96	100	101	100	102
1996	2	GW	72	97	99	97	100	97
1997	3	Ka	94	99	97	99	100	100
1998	4	WW	89	99	102	99	100	97
1999	5	GW	64	100	102	102	100	97
2000	6	ZR	97	108	110	99	100	95
2001	7	WW	87	95	96	98	100	97
2002	8	Ka	91	95	104	101	100	103
2003	9	WW	80	97	98	102	100	101
2004	10	GW*	102	107	105	105	100	101
2005	11	GW	73	97	98	100	100	98
Meerhof								
1994	1	WW	64	93	95	100	100	102
1995	2	GW	45	80	91	97	100	108
1996	3	RaW	56	85	96	97	100	102
1997	4	WW	46	82	96	97	100	105
1998	5	GW	44	86	91	96	100	97
1999	6	GW	42	86	93	97	100	106
2000	7	RaW	55	90	99	98	100	105
2001	8	WW	55	82	96	98	100	103
2002	9	GW	34	81	87	92	100	95
2003	10	GW	38	84	97	99	100	104

* extremes Lager in allen gedüngten Varianten

Tabelle A4: Qualität (Rohproteingehalt von Getreide)

Kalenderjahr	Versuchsjahr	Kultur	ohne N	optimal -40%	optimal -20%	optimal -10%	standorttypisch optimal	optimal +20 %
Haus Düsse								
1996	1	MS						
1997	2	WW	10,4	11,8	12,5	13,0	13,3	14,0
1998	3	GW	8,8	11,0	12,3	12,8	13,1	11,9
1999	4	RaW						
2000	5	WW	10,6	11,8	13,2	13,7	13,9	14,8
2001	6	GW	9,1	9,3	11,1	10,7	12,1	12,1
2002	7	KM						
2003	8	WW	11,4	11,8	12,4	13,1	13,3	13,3
2004	9	GW	12,0	11,4	10,1	8,4	12,3	12,9
2005	10	RaW						
2006	11	WW	8,6	9,9	11,4	12,1	12,1	12,8
2007	12	Ha*	8,7	9,9	10,3	11,3	11,1	12,0
2008	13	WW	8,6	12,1	10,3	11,8	11,7	12,1
2009	14	GW	8,6	10,6	11,0	11,4	12,2	13,1
Rüthen								
1995	1	WW	9,5	11,5	12,1	12,8	13,0	13,4
1996	2	GW	8,4	10,3	11,4	11,8	12,1	13,1
1997	3	RaW						
1998	4	WW	12,5	12,4	13,2	13,3	13,5	14,2
1999	5	GW	9,2	8,8	9,9	9,8	10,4	10,6
2000	6	RaW						
2001	7	WW	8,8	11,1	10,8	12,9	12,9	13,1
2002	8	GW	8,3	9,6	10,5	10,4	10,7	10,6
2003	9	RaW						
2004	10	WW	8,5	9,4	10,8	11,7	12,6	12,3
2005	11	GW	10,2	11,2	11,4	12,1	12,9	13,6
2006	12	RaW						
2007	13	WW	11,5	12,4	13,1	13,3	13,3	13,1
2008	14	GW	9,5	9,8	10,8	10,9	10,9	10,9
2009	15	RaW						
Marienfeld								
1995	1	TIW	11,3	10,6	11,3	10,6	11,3	11,3
1996	2	GW	12,1	12,2	13,0	12,8	14,1	13,7
1997	3	TIW	8,4	9,4	8,9	10,1	9,7	9,9
1998	4	GW	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6
1999	5	Ha	9,2	8,6	9,5	9,2	9,3	9,8
2000	6	TIW	11,2	10,3	10,9	11,2	11,8	12,9
2001	7	GW	7,6	10,3	10,1	10,4	11,6	11,6
2002	8	TIW	8,1	10,3	10,9	12,3	12,7	13,4
2003	9	GW	11,3	12,4	12,5	12,8	13,1	13,6
2004	10	Zwiebeln						
2005	11	WW	9,2	12,9	13,2	13,5	14,7	11,9
2006	12	GW	8,9	12,2	12,9	12,9	14,1	15,6
Salzkotten								
1995	1	WW	10,4	12,4	13,1	13,2	13,3	13,6
1996	2	GW	11,2	13,1	14,6	15,2	15,4	15,6
1997	3	Ka						
1998	4	WW	11,0	11,8	12,2	12,3	12,6	12,7
1999	5	GW	9,1	10,0	11,1	11,8	11,2	13,6
2000	6	ZR						
2001	7	WW	11,0	12,4	12,7	13,1	13,9	14,9
2002	8	Ka						
2003	9	WW	11,6	12,7	12,9	13,4	13,7	13,3
2004	10	GW*	10,7	12,7	13,9	14,4	14,1	14,3
2005	11	GW	9,1	11,2	12,0	12,4	12,6	13,4
Meerhof								
1994	1	WW	10,5	11,4	12,3	11,8	12,7	13,1
1995	2	GW	8,9	9,5	11,0	10,9	11,1	11,8
1996	3	RaW						
1997	4	WW	8,6	11,1	12,6	12,4	13,8	14,0
1998	5	GW	9,8	9,9	11,9	12,1	12,4	13,3
1999	6	GW	8,8	10,9	12,0	12,5	13,1	13,9
2000	7	RaW						
2001	8	WW	9,4	10,9	11,6	12,5	13,7	12,0
2002	9	GW	8,6	8,4	11,0	11,6	12,4	14,4
2003	10	GW	10,5	10,5	11,8	11,9	12,6	12,8

* extremes Lager in allen gedüngten Varianten

Tabelle A5: Ökonomischer Ertrag (€/ha) nach Abzug der Düngungskosten (einheitliche Weizenpreise)

Kalenderjahr	Versuchsjahr	Kultur	ohne N	optimal -40%	optimal -20%	optimal -10%	standorttypisch optimal	optimal +20 %
Haus Düsse								
1996	1	MS	800,00	768,00	676,00	646,00	681,00	584,00
1997	2	WW	555,10	780,70	830,80	845,30	849,50	783,10
1998	3	GW	556,40	772,80	800,70	790,60	834,00	694,80
1999	4	RaW	441,00	867,00	756,00	831,00	693,00	819,00
2000	5	WW	804,70	912,70	942,00	955,30	925,10	906,10
2001	6	GW	702,00	1.102,40	1.283,10	1.237,20	1.266,20	1.178,30
2002	7	KM	926,90	1.085,20	1.046,80	887,00	1.024,20	913,70
2003	8	WW	379,18	818,85	861,94	848,80	856,25	868,08
2004	9	GW	651,59	801,15	802,63	780,32	800,76	756,78
2005	10	RaW	785,25	1.130,70	1.242,60	1.156,13	1.183,43	1.116,38
2006	11	WW	557,86	941,00	982,70	999,82	1.001,65	1.004,47
2007	12	Ha*	543,37	790,72	692,12	616,90	544,30	444,95
2008	13	WW	437,68	798,85	831,36	874,32	845,79	758,20
2009	14	GW	580,00	782,03	803,57	839,13	839,96	842,58
Rüthen								
1995	1	WW	832,00	1065,20	1075,40	1068,80	1029,70	981,40
1996	2	GW	630,50	1055,80	1017,30	1010,70	954,70	890,80
1997	3	RaW	519,00	1062,00	1014,00	963,00	1017,00	1002,00
1998	4	WW	626,60	670,30	633,70	729,80	760,90	741,20
1999	5	GW	266,50	747,00	874,90	852,40	828,60	777,10
2000	6	RaW	561,00	651,00	492,00	717,00	777,00	573,00
2001	7	WW	934,70	1148,70	1110,40	1098,50	1043,50	988,30
2002	8	GW	460,20	826,20	862,90	931,40	925,60	872,60
2003	9	RaW	--	--	--	--	--	--
2004	10	WW	594,39	967,35	1006,08	1025,05	992,09	924,19
2005	11	GW	428,12	639,33	661,46	669,35	623,79	636,21
2006	12	RaW	695,48	718,43	651,75	726,08	706,28	785,40
2007	13	WW	532,97	876,33	886,86	880,65	911,98	952,41
2008	14	GW	521,24	677,22	748,84	715,97	764,80	717,13
2009	15	RaW	533,78	699,45	887,78	843,60	952,95	980,63
Marienfeld								
1995	1	TIW	583,70	737,90	852,80	922,90	956,30	892,10
1996	2	GW	812,50	1.035,80	1.078,60	1.103,20	1.062,80	1.039,20
1997	3	TIW	396,50	870,30	993,10	1.025,90	1.179,60	1.115,20
1998	4	GW	488,80	654,80	697,00	733,30	778,70	690,80
1999	5	Ha	656,50	893,60	1.001,00	1.033,70	1.026,50	1.009,60
2000	6	TIW	638,30	1.092,90	1.227,90	1.130,30	1.195,90	1.059,80
2001	7	GW	852,80	1.215,70	1.338,40	1.375,70	1.327,50	1.222,70
2002	8	TIW	578,50	986,20	976,30	819,50	770,70	578,00
2003	9	GW	344,50	715,20	705,30	683,80	681,10	565,30
2004	10	Zwiebeln	9.020,50	11.724,08	11.557,64	13.469,50	13.232,14	12.599,21
2005	11	WW	534,01	1.109,32	1.211,45	1.160,82	1.142,09	1.096,15
2006	12	GW	449,77	842,58	777,44	772,51	683,50	631,09
Salzkotten								
1995	1	WW	764,40	887,20	873,10	857,60	818,70	778,60
1996	2	GW	761,80	900,50	877,60	822,90	843,00	798,10
1997	3	Ka	7.069,95	7.413,45	7.216,80	7.374,30	7.421,10	7.402,20
1998	4	WW	902,20	912,20	868,10	825,80	812,40	704,90
1999	5	GW	820,30	1.129,60	1.106,80	1.072,00	1.024,20	935,10
2000	6	ZR	3.936,00	4.297,50	4.347,00	3.883,50	3.904,50	3.667,50
2001	7	WW	1.233,70	1.282,90	1.234,60	1.233,20	1.234,40	1.126,30
2002	8	Ka	5.422,50	5.541,00	6.010,50	5.796,75	5.721,00	5.856,75
2003	9	WW	1.140,52	1.272,11	1.253,55	1.263,56	1.215,32	1.190,08
2004	10	GW*	1.262,53	1.190,49	1.115,21	1.089,95	1.005,21	973,35
2005	11	GW	965,54	1.171,47	1.138,73	1.132,95	1.113,71	1.033,40
Meerhof								
1994	1	WW	690,30	864,90	827,10	842,20	809,00	759,70
1995	2	GW	345,80	486,90	531,60	537,90	539,40	557,40
1996	3	RaW	699,00	916,50	1.005,00	982,50	994,50	951,00
1997	4	WW	526,50	820,20	931,10	908,70	908,20	915,10
1998	5	GW	403,00	665,50	659,40	685,40	685,60	607,50
1999	6	GW	491,40	871,80	909,60	921,70	928,70	937,40
2000	7	RaW	498,00	640,50	657,00	613,50	609,00	592,50
2001	8	WW	767,00	1.034,50	1.133,40	1.133,30	1.149,70	1.098,50
2002	9	GW	397,80	836,60	849,40	881,70	952,20	837,10
2003	10	GW	342,88	658,64	729,92	736,23	699,82	730,76

* extremes Lager in allen gedüngten Varianten

Tabelle A6: Ökonomischer Ertrag (rel.) nach Abzug der Düngungskosten (einheitliche Weizenpreise)

Kalenderjahr	Versuchsjahr	Kultur	ohne N	optimal -40%	optimal -20%	optimal -10%	standorttypisch optimal	optimal +20 %
Haus Düsse								
1996	1	MS	117	113	99	95	100	86
1997	2	WW	65	92	98	100	100	92
1998	3	GW	67	93	96	95	100	83
1999	4	RaW	64	125	109	120	100	118
2000	5	WW	87	99	102	103	100	98
2001	6	GW	55	87	101	98	100	93
2002	7	KM	90	106	102	87	100	89
2003	8	WW	44	96	101	99	100	101
2004	9	GW	81	100	100	97	100	95
2005	10	RaW	66	96	105	98	100	94
2006	11	WW	56	94	98	100	100	100
2007	12	Ha*	100	145	127	113	100	82
2008	13	WW	52	94	98	103	100	90
2009	14	GW	69	93	96	100	100	100
Rüthen								
1995	1	WW	81	103	104	104	100	95
1996	2	GW	66	111	107	106	100	93
1997	3	RaW	51	104	100	95	100	99
1998	4	WW	82	88	83	96	100	97
1999	5	GW	32	90	106	103	100	94
2000	6	RaW	72	84	63	92	100	74
2001	7	WW	90	110	106	105	100	95
2002	8	GW	50	89	93	101	100	94
2003	9	RaW	--	--	--	--	--	--
2004	10	WW	60	98	101	103	100	93
2005	11	GW	69	102	106	107	100	102
2006	12	RaW	98	102	92	103	100	111
2007	13	WW	58	96	97	97	100	104
2008	14	GW	68	89	98	94	100	94
2009	15	RaW	56	73	93	89	100	103
Marienfeld								
1995	1	TIW	61	77	89	97	100	93
1996	2	GW	76	97	101	104	100	98
1997	3	TIW	34	74	84	87	100	95
1998	4	GW	63	84	90	94	100	89
1999	5	Ha	64	87	98	101	100	98
2000	6	TIW	53	91	103	95	100	89
2001	7	GW	64	92	101	104	100	92
2002	8	TIW	75	128	127	106	100	75
2003	9	GW	51	105	104	100	100	83
2004	10	Zwiebeln	68	89	87	102	100	95
2005	11	WW	47	97	106	102	100	96
2006	12	GW	66	123	114	113	100	92
Salzkotten								
1995	1	WW	93	108	107	105	100	95
1996	2	GW	90	107	104	98	100	95
1997	3	Ka	95	100	97	99	100	100
1998	4	WW	111	112	107	102	100	87
1999	5	GW	80	110	108	105	100	91
2000	6	ZR	101	110	111	99	100	94
2001	7	WW	100	104	100	100	100	91
2002	8	Ka	95	97	105	101	100	102
2003	9	WW	94	105	103	104	100	98
2004	10	GW*	126	118	111	108	100	97
2005	11	GW	87	105	102	102	100	93
Meerhof								
1994	1	WW	85	107	102	104	100	94
1995	2	GW	64	90	99	100	100	103
1996	3	RaW	70	92	101	99	100	96
1997	4	WW	58	90	103	100	100	101
1998	5	GW	59	97	96	100	100	89
1999	6	GW	53	94	98	99	100	101
2000	7	RaW	82	105	108	101	100	97
2001	8	WW	67	90	99	99	100	96
2002	9	GW	42	88	89	93	100	88
2003	10	GW	49	94	104	105	100	104

* extremes Lager in allen gedüngten Varianten

Tabelle A7: N-Bilanz (kg/ha) - jährlich

Kalenderjahr	Versuchsjahr	Kultur	ohne N	optimal -40%	optimal -20%	optimal -10%	standorttypisch optimal	optimal +20 %
1996	1	MS	-207	-196	-143	-129	-130	-81
1997	2	WW	-61	-31	-11	-9	1	29
1998	3	GW	-52	-7	6	17	20	78
1999	4	RaW	-39	15	62	65	91	111
2000	5	WW	-91	-45	-32	-25	-7	8
2001	6	GW	-68	-42	-54	-30	-36	0
2002	7	KM	-75	-23	10	38	40	68
2003	8	WW	-46	-14	-9	1	13	31
2004	9	GW	-83	-15	23	55	28	54
2005	10	RaW	-49	19	27	63	35	79
2006	11	WW	-51	-32	-22	-27	-28	-5
2007	12	Ha	-50	-59	-42	-34	-20	7
2008	13	WW	-40	7	76	69	96	139
2009	14	GW	-53	-8	12	20	24	40
Rüthen								
1995	1	WW	-84	-52	-28	-21	-3	30
1996	2	GW	-56	-40	-25	-13	7	35
1997	3	RaW	-46	-5	31	52	57	91
1998	4	WW	-83	-8	22	23	33	59
1999	5	GW	-26	16	18	35	42	71
2000	6	RaW	-46	28	71	53	78	125
2001	7	WW	-87	-64	-31	-47	-28	0
2002	8	GW	-40	-5	8	14	25	58
2003	9	RaW	--	--	--	--	--	--
2004	10	WW	-53	-11	-3	-5	4	44
2005	11	GW	-46	6	29	33	46	63
2006	12	RaW	-65	6	35	47	62	80
2007	13	WW	-65	-63	-40	-22	-9	22
2008	14	GW	-52	15	27	47	55	108
2009	15	RaW	-40	26	44	59	68	87
Marienfeld								
1995	1	TIW	-70	0	5	21	22	58
1996	2	GW	-104	-85	-85	-70	-65	-25
1997	3	TIW	-35	-12	13	9	14	42
1998	4	GW	-60	-15	-12	0	11	46
1999	5	Ha	-64	-56	-56	-46	-37	-31
2000	6	TIW	-76	-52	-43	-19	-27	15
2001	7	GW	-68	-57	-42	-39	-37	0
2002	8	TIW	-50	-23	-6	22	32	88
2003	9	GW	-41	-22	3	11	25	52
2004	10	Zwiebeln	-117	-64	-54	-87	-49	-54
2005	11	WW	-52	-68	-59	-36	-40	48
2006	12	GW	-42	-28	1	11	26	46
Salzkotten								
1995	1	WW	-84	-25	-1	15	35	66
1996	2	GW	-90	-61	-51	-34	-31	-19
1997	3	Ka	-147	-145	-133	-115	-104	-120
1998	4	WW	-105	-60	-22	-9	1	55
1999	5	GW	-79	-37	-20	-11	19	27
2000	6	ZR	-107	-94	-66	-58	-50	-33
2001	7	WW	-144	-136	-102	-92	-88	-55
2002	8	Ka	-169	-147	-111	-117	-111	-95
2003	9	WW	-140	-113	-98	-80	-66	-32
2004	10	GW	-143	-94	-74	-59	-32	-8
2005	11	GW	-93	-76	-54	-44	-34	-9
Meerhof								
1994	1	WW	-77	-31	1	22	35	73
1995	2	GW	-32	20	30	52	60	74
1996	3	RaW	-61	-4	13	37	46	82
1997	4	WW	-48	-26	-26	-5	-3	21
1998	5	GW	-42	2	16	21	39	67
1999	6	GW	-46	-29	-19	-7	-2	19
2000	7	RaW	-45	36	62	84	94	129
2001	8	WW	-77	-59	-32	-29	-41	39
2002	9	GW	-36	-5	1	2	-2	18
2003	10	GW	-38	-17	-11	-4	16	11

Tabelle A8: N_{min}-Werte zu Vegetationsbeginn (kg/ha)

Kalenderjahr	Versuchsjahr	Kultur	ohne N	optimal -40%	optimal -20%	optimal -10%	standorttypisch optimal	optimal +20 %
Haus Düsse								
1996	1	MS	48	48	48	48	48	48
1997	2	WW	33	39	37	45	47	54
1998	3	GW	8	7	7	7	8	12
1999	4	RaW	20	21	17	21	22	25
2000	5	WW	28	37	35	37	35	44
2001	6	GW	27	30	26	29	25	30
2002	7	KM	20	22	22	21	23	33
2003	8	WW	31	32	30	29	32	44
2004	9	GW	10	10	14	17	15	17
2005	10	RaW	7	8	8	7	4	11
2006	11	WW	23	41	42	55	76	75
2007	12	Ha	22	22	25	21	23	25
2008	13	WW	21	24	19	23	23	28
2008	13	WW	21	24	19	23	23	28
2009	14	GW	25	22	28	28	31	36
Rüthen								
1995	1	WW	21	21	21	21	21	21
1996	2	GW	26	28	32	25	26	27
1997	3	RaW	45	34	37	44	36	45
1998	4	WW	30	25	27	15	17	16
1999	5	GW	37	22	26	28	31	29
2000	6	RaW	24	34	36	42	33	29
2001	7	WW	65	56	59	58	53	53
2002	8	GW	17	27	28	27	26	23
2003	9	RaW	41	38	35	34	36	40
2004	10	WW	26	23	24	36	30	38
2005	11	GW	21	21	26	23	23	23
2006	12	RaW	26	25	26	32	29	27
2007	13	WW	--	--	--	--	--	--
2008	14	GW	18	20	27	23	25	35
2009	15	RaW	33	32	44	43	38	40
Marienfeld								
1995	1	TIW	25	25	25	25	25	25
1996	2	GW	86	76	87	69	80	76
1997	3	TIW	20	19	30	19	20	21
1998	4	GW	51	50	55	43	57	45
1999	5	Ha	36	30	28	26	26	33
2000	6	TIW	33	37	33	33	42	30
2001	7	GW	24	17	23	27	25	31
2002	8	TIW	15	16	22	8	18	11
2003	9	GW	32	20	24	30	30	48
2004	10	Zwiebeln	20	29	33	22	29	18
2005	11	WW	13	13	20	13	19	11
2006	12	GW	15	9	10	15	15	19
Salzkotten								
1995	1	WW	30	30	30	30	30	30
1996	2	GW	54	42	51	49	60	91
1997	3	Ka	56	55	54	54	56	61
1998	4	WW	72	77	80	94	103	101
1999	5	GW	11	9	11	10	12	11
2000	6	ZR	42	37	38	49	51	59
2001	7	WW	75	93	88	67	86	79
2002	8	Ka	24	25	10	17	11	15
2003	9	WW	50	48	68	55	59	69
2004	10	GW	12	26	28	24	28	25
2005	11	GW	26	32	32	32	37	40
Meerhof								
1994	1	WW	47	47	47	47	47	47
1995	2	GW	26	26	31	22	28	37
1996	3	RaW	17	15	24	19	25	22
1997	4	WW	35	32	33	44	30	51
1998	5	GW	22	24	23	28	21	24
1999	6	GW	34	29	37	32	34	32
2000	7	RaW	6	5	4	3	6	5
2001	8	WW	73	88	96	72	90	72
2002	9	GW	27	27	23	27	27	27
2003	10	GW	50	41	64	66	70	67

Tabelle A9: N_{min}-Werte nach der Ernte (kg/ha)

Kalenderjahr	Versuchsjahr	Kultur	ohne N	optimal -40%	optimal -20%	optimal -10%	standorttypisch optimal	optimal +20 %
Haus Düsse								
1996	1	MS	37	45	42	65	76	131
1997	2	WW	41	26	30	46	68	108
1998	3	GW	20	19	19	22	29	36
1999	4	RaW	19	24	24	23	24	29
2000	5	WW	21	22	22	19	20	26
2001	6	GW	14	8	7	13	13	18
2002	7	KM	15	29	38	51	59	92
2003	8	WW	29	23	26	31	28	39
2004	9	GW	30	16	19	23	25	37
2005	10	RaW	12	40	42	95	101	132
2006	11	WW	15	13	9	10	11	19
2007	12	Ha	7	8	7	34	13	40
2008	13	WW	25	15	20	21	16	24
2009	14	GW	10	6	7	6	6	12
Rüthen								
1995	1	WW	23	23	33	19	20	20
1996	2	GW	52	43	33	49	55	87
1997	3	RaW	29	33	32	43	41	62
1998	4	WW	46	55	41	126	114	174
1999	5	GW	41	38	48	53	43	40
2000	6	RaW	31	40	47	36	39	98
2001	7	WW	22	27	42	41	44	112
2002	8	GW	27	23	24	29	31	28
2003	9	RaW	--	--	--	--	--	--
2004	10	WW	--	--	--	--	--	--
2005	11	GW	--	--	--	--	--	--
2006	12	RaW	--	--	--	--	--	--
2007	13	WW	34	58	59	74	44	125
2008	14	GW	19	15	19	24	20	32
2009	15	RaW						
Marienfeld								
1995	1	TIW	42	36	31	31	32	32
1996	2	GW	34	27	30	28	28	24
1997	3	TIW	88	67	64	62	65	56
1998	4	GW	63	52	74	67	82	54
1999	5	Ha	36	26	39	32	24	29
2000	6	TIW	46	46	51	53	47	60
2001	7	GW	57	50	52	50	49	46
2002	8	TIW	16	23	41	30	42	45
2003	9	GW	89	51	83	76	191	180
2004	10	Zwiebeln	43	50	45	49	45	57
2005	11	WW	14	27	30	42	32	79
2006	12	GW	34	47	57	49	38	102
Salzkotten								
1995	1	WW	30	30	36	36	80	118
1996	2	GW	31	23	25	39	41	85
1997	3	Ka	49	54	53	70	75	81
1998	4	WW	31	28	29	26	34	69
1999	5	GW	6	6	15	6	9	4
2000	6	ZR	11	9	14	10	11	14
2001	7	WW	29	21	20	28	25	37
2002	8	Ka	56	60	79	89	106	125
2003	9	WW	20	42	31	52	70	113
2004	10	GW	38	39	67	60	62	60
2005	11	GW	28	16	16	24	25	39
Meerhof								
1994	1	WW	39	33	48	39	45	52
1995	2	GW	43	50	45	49	45	57
1996	3	RaW	27	24	24	28	36	45
1997	4	WW	35	32	33	44	30	51
1998	5	GW	32	35	42	36	41	46
1999	6	GW	20	19	23	20	28	42
2000	7	RaW	33	40	50	44	56	129
2001	8	WW	16	17	15	21	11	45
2002	9	GW	24	36	38	32	48	61
2003	10	GW	27	31	42	47	80	63

Tabelle A10: N_{min}-Werte zu Vegetationsende (kg/ha)

Kalenderjahr	Versuchsjahr	Kultur	ohne N	optimal -40%	optimal -20%	optimal -10%	standorttypisch optimal	optimal +20 %
Haus Düsse								
1996	1	MS	37	45	42	65	76	131
1997	2	WW	37	34	31	71	41	61
1998	3	GW	14	16	16	16	17	19
1999	4	RaW	87	86	94	105	104	117
2000	5	WW	41	58	53	57	54	52
2001	6	GW	11	13	15	16	12	43
2002	7	KM	15	29	38	51	59	92
2003	8	WW	37	31	33	41	39	53
2004	9	GW	5	7	15	6	4	9
2005	10	RaW	44	82	111	114	161	192
2006	11	WW	--	--	--	--	--	--
2007	12	Ha	24	34	33	30	30	31
2008	13	WW	40	33	39	38	44	63
Rüthen								
1995	1	WW						
1996	2	GW	88	55	63	64	64	98
1997	3	RaW	79	79	79	79	79	79
1998	4	WW	23	26	21	37	26	36
1999	5	GW	--	--	--	--	--	--
2000	6	RaW	144	143	88	132	116	79
2001	7	WW	32	42	41	30	43	40
2002	8	GW	--	--	--	--	--	--
2003	9	RaW	83	92	91	106	111	147
2004	10	WW	34	29	38	46	44	46
2005	11	GW	16	18	31	24	38	24
2006	12	RaW	54	60	70	100	100	129
2007	13	WW	20	28	21	31	30	32
2008	14	GW	19	15	19	24	20	32
2009	15	RaW						
Marienfeld								
1995	1	TIW	--	--	--	--	--	--
1996	2	GW	63	59	56	62	75	70
1997	3	TIW	106	103	114	114	94	106
1998	4	GW	--	--	--	--	--	--
1999	5	Ha	87	91	88	94	89	102
2000	6	TIW	71	75	92	68	125	124
2001	7	GW	97	108	124	93	119	114
2002	8	TIW	25	27	27	28	30	26
2003	9	GW	69	95	111	88	118	145
2004	10	Zwiebeln	46	47	71	53	55	52
2005	11	WW	15	27	31	26	54	59
2006	12	GW	21	17	14	21	27	23
Salzkotten								
1995	1	WW	--	--	--	--	--	--
1996	2	GW	55	47	55	50	63	68
1997	3	Ka	103	100	99	104	110	131
1998	4	WW	39	50	44	36	35	64
1999	5	GW	17	19	19	26	39	37
2000	6	ZR	66	43	76	54	56	55
2001	7	WW	14	24	26	36	34	47
2002	8	Ka	100	102	126	122	158	167
2003	9	WW	67	141	152	113	138	215
2004	10	GW	133	100	115	128	134	139
2005	11	GW	--	--	--	--	--	--
Meerhof								
1994	1	WW	--	--	--	--	--	--
1995	2	GW	--	--	--	--	--	--
1996	3	RaW	28	33	41	33	45	48
1997	4	WW	70	64	68	64	73	94
1998	5	GW	29	35	34	34	40	45
1999	6	GW	10	10	12	8	23	13
2000	7	RaW	68	101	74	59	118	124
2001	8	WW	22	26	26	26	23	32
2002	9	GW	--	--	--	--	--	--
2003	10	GW	57	43	83	56	79	104

Tabelle A11: Netto-Nachlieferung (kg/ha)

Kalenderjahr	Versuchsjahr	Kultur	ohne N	optimal -40%	optimal -20%	optimal -10%	standorttypisch optimal	optimal +20 %
Haus Düsse								
1996	1	MS	196	193	137	146	158	164
1997	2	WW	69	18	4	10	20	25
1998	3	GW	64	19	6	-2	1	-54
1999	4	RaW	38	-12	-55	-63	-89	-107
2000	5	WW	84	30	19	7	-8	-26
2001	6	GW	55	20	35	14	24	-12
2002	7	KM	70	30	6	-8	-4	-9
2003	8	WW	44	5	5	1	-17	-36
2004	9	GW	103	21	-18	-49	-18	-34
2005	10	RaW	54	13	7	25	62	42
2006	11	WW	43	4	-11	-18	-37	-51
2007	12	Ha	35	45	24	47	10	8
2008	13	WW	44	-16	-75	-71	-103	-143
2009	14	GW	57	-1	-11	-22	-31	-44
Rüthen								
1995	1	WW	86	54	40	19	2	-31
1996	2	GW	82	55	26	37	22	25
1997	3	RaW	30	4	-36	-53	-52	-74
1998	4	WW	99	38	-8	88	64	99
1999	5	GW	30	0	4	-10	-30	-60
2000	6	RaW	53	-22	-60	-59	-72	-56
2001	7	WW	44	35	14	30	19	59
2002	8	GW	50	1	-12	-12	-20	-53
2003	9	RaW	--	--	--	--	--	--
2004	10	WW	--	--	--	--	--	--
2005	11	GW	--	--	--	--	--	--
2006	12	RaW	--	--	--	--	--	--
2007	13	WW	99	121	99	96	53	103
2008	14	GW	53	-20	-35	-46	-60	-111
2009	15	RaW	--	--	--	--	--	--
Marienfeld								
1995	1	TIW	87	11	1	-15	-15	-51
1996	2	GW	52	36	28	29	13	-27
1997	3	TIW	103	60	21	34	31	-13
1998	4	GW	72	17	31	24	14	-37
1999	5	Ha	64	52	67	52	35	27
2000	6	TIW	89	61	61	39	32	15
2001	7	GW	101	90	71	62	61	15
2002	8	TIW	51	30	25	0	-8	-54
2003	9	GW	98	53	56	35	136	80
2004	10	Zwiebeln	143	82	92	118	75	88
2005	11	WW	53	82	69	65	53	20
2006	12	GW	61	66	46	23	-3	37
Salzkotten								
1995	1	WW	84	25	7	-9	15	22
1996	2	GW	67	42	25	24	12	13
1997	3	Ka	140	144	132	131	123	140
1998	4	WW	64	11	-29	-59	-70	-87
1999	5	GW	74	34	24	7	-22	-34
2000	6	ZR	76	66	42	19	10	-12
2001	7	WW	98	64	34	53	27	13
2002	8	Ka	201	182	180	189	206	205
2003	9	WW	110	107	61	77	77	76
2004	10	GW	169	107	113	95	66	43
2005	11	GW	95	60	38	36	22	8
Meerhof								
1994	1	WW	69	17	0	-30	-37	-68
1995	2	GW	49	4	-16	-25	-43	-54
1996	3	RaW	71	13	-13	-28	-35	-59
1997	4	WW	48	26	26	5	3	-21
1998	5	GW	52	9	3	-13	-19	-45
1999	6	GW	32	19	5	-5	-4	-9
2000	7	RaW	72	-1	-16	-43	-44	-5
2001	8	WW	20	-12	-49	-22	-38	-66
2002	9	GW	33	14	14	3	23	16
2003	10	GW	15	7	-11	-15	-6	-15