

# **N-Spätdüngung in Winterweizen, um das Ertragspotential auszuschöpfen und die geforderte Qualität zu erreichen; Optimierung von Termin und Menge**

*J. Dennert*

*Versuchsstation Roggenstein, TUM, WZ-Weihenstephan*

Die N-Spätdüngung ist fester Bestandteil und Begriff bei der Weizenproduktion. Wird im Rahmen von integrierten Anbauverfahren zu einem optimalen Termin, eine bedarfsgerechte N-Dünger Menge ausgebracht, kann davon ausgegangen werden, dass die Düngung zu wirtschaftlichen Ertrags- und Qualitätssteigerungen beiträgt.

Schon durch die Sortenwahl hat sich der Landwirt entschieden ob er Weizen für Futterzwecke, für die Energiegewinnung oder für die Verarbeitung in der Mühle anbaut. Müssen für die Verarbeitung von Mahl- bzw. Qualitätsweizen hohe Proteinmengen erzeugt werden, können diese nur mit dafür geeigneten Sorten und einem entsprechend gesteigerten N-Düngerangebot erreicht werden.

Um die Proteinmenge zu steigern wurde oft empfohlen nicht nur das N-Düngerangebot zu steigern sondern auch den Düngungstermin möglichst spät anzusetzen oder nach einer etwas früheren, s.g. „ertrags- zusätzlich noch eine qualitätsbetonte N-Spätdüngung“ durchzuführen. Bei dieser Düngepraxis sind Zielkonflikte nicht auszuschließen, denn nach dem bekannten Gesetz „vom abnehmenden Ertragszuwachs“ sinkt die N-Düngereffizienz bei steigendem Düngereinsatz. Außerdem ist nach einschlägigen Feldversuchsergebnissen der Versuchsstation Roggenstein, der TUM-Weihenstephan damit zu rechnen, dass die Ertragsleistungen nach sehr späten Düngungsterminen nicht nur nicht mehr ansteigen sondern auch abfallen können und nur mäßig oder kaum steigende Proteinwerte zur Kompensation nicht ausreichen, eine gute Verwertung des eingesetzten N-Düngers zu gewährleisten.

Zahlreiche, mehrjährige Feldversuchsergebnisse haben gezeigt, dass der Weizen in jedem Entwicklungsabschnitt auf das N-Angebot sofort reagiert und eine scharfe Trennung zwischen ertrags- und qualitätsbetonter N-Düngung kaum möglich ist. Durch die Steuerung des N-Angebotes während der Bestockungs- und der frühen Schossphase wird vor allem Einfluss auf die Ertragsstruktur und somit auf das Ertragspotential genommen. Es hat sich vielfach bestätigt, dass hohe Proteinwerte in Kombination mit hohen Erträgen, nur dann zu erzielen sind, wenn der Weizen eine optimale Ertragsstruktur gebildet hat und das Gesamt-N-Angebot ausreichend hoch ist. Werden dichte Bestände, durch überhöhte Aussaatstärken und / oder durch ein überhöhtes N-Angebot während der Jugendentwicklung geschaffen, entwickelt sich ein ungünstiges Korn : Stroh Verhältnis, es wachsen viele Ähren mit geringen Kornzahlen und kleinen Körnern. In der überhöhten Strohmasse bleibt mehr N zurück, weil mehr Stroh vorhanden ist und die Sinkkapazität der kleinen Ähren nicht ausreicht das Stroh ebenso effektiv zu entleeren und größere N-Mengen ins Korn umzulagern, wie es großen Ähren möglich ist.

## **1 N-Spätdüngung je nach Versorgungszustand des Weizens und der geplanten Verwertung**

### **1.1 Düngungstermin: ab Erscheinen des letzten Blattes bis zum Beginn des Ährenschiebens**

Wenn nach verhaltenen Anfangsdüngergaben auf den unteren Blättern (F – 3 bis 4) der kräftigen Triebe mehr oder weniger deutliche N-Mangelsymptome bzw. Aufhellungen (von den Blattspitzen her beginnend) zu erkennen sind, sollte die Spätdüngung durchgeführt werden, denn N-Mangel in diesem Stadium könnte zu einer Reduktion der Kornzahlen/Ähre führen. Wurden die frühen N-Düngergaben, bei Vegetationsbeginn bzw. kurz nach Schossbeginn, knapp bemessen und so dafür gesorgt, dass die schwachen und überzähligen Triebe bis BBCH 37 bzw. 39 weitgehend abgestorben sind oder deutliche Absterbeerscheinungen zeigen, kann die N-Spätdüngung schon in diesem Entwicklungsabschnitt durchgeführt werden. Der Lagerdruck wird durch einen frühen Spätdüngungstermin nur dann erhöht, wenn nach einem überhöhtem N-Angebot während der Jugendentwicklung sehr viele Triebe gebildet und nur unzureichend reduziert wurden und die Halmbasis auf Grund der überhöhten Triebzahl „schwach und weich“ ist.

Besonders in Trockengebieten sollte nach ausreichender Triebreduktion und Festigung der Halmbasis die Spätdüngergabe frühzeitig ausgebracht werden, um eine optimale Verwertung des Düngers auch bei schneller Abreife sicherzustellen. Wird die Spätdüngergabe zu spät ausgebracht kann dies nicht nur zu einer mangelhaften Aufnahme und Verwertung führen, sondern bei ungünstigen Witterungsverhältnissen auch eine harmonische und zügige Abreife stören und so zu schlechten Ernte- und Qualitätsergebnissen führen.

## 1.2 **Düngermenge: bei Futter- bzw. Energieweizen ca. 40 bis 60 kg N/ha, bei Qualitätsweizen 80 bis 110 kg N/ha**

Schon mit der Sortenwahl wurde bereits eine Vorentscheidung über die Verwertung des Erntegutes getroffen. Wurde eine Futterweizensorte angebaut geht es nur darum das Ertragspotential auszuschöpfen. Durch einen höheren N-Düngereinsatz den Proteinwert für die Fütterung deutlich zu steigern ist z.Zt. nicht wirtschaftlich, wird das Erntegut zur Energiegewinnung verwendet, könnte sich ein hoher Proteinwert sogar nachteilig auswirken.

Wurde dagegen eine „Qualitätsweizensorte“ angebaut, die nicht nur einen hohen Ertrag liefern soll sondern auch möglichst hohe Proteinwerte, kann es angemessen sein nach einem knappem N-Angebot während der frühen Schossphase die N-Spät düngermenge deutlich zu steigern, bis zum Erreichen der Kapazitätsgrenze für die N-Aufnahme. Werden gesteigerte Proteinwerte bei der Qualitätsbezahlung entspr. berücksichtigt, können auch höhere Spät düngergaben noch wirtschaftlich sein, obwohl damit zu rechnen ist, dass der Ertragszuwachs bei erhöhtem N-Angebot langsamer ansteigt als bei niedrigerem.

## 1.3 **Ermittlung des N-Düngerbedarfs**

Nach § 3 der Düngeverordnung ist der Landwirt verpflichtet, vor der Aufbringung von wesentlichen Nährstoffen an N und P mit Düngemitteln, den Düngbedarf sachgerecht zu ermitteln. Dabei ist der Nährstoffbedarf des Pflanzenbestandes unter den jeweiligen Standort- und Anbaubedingungen sowie der zu erwartende Ertrage und die Qualität heranzuziehen. In der Anlage 1 zur Düngeverordnung wurden N-Gehalte von Ackerkulturen angegeben, für Weizenkorn mit:

- 12 % Rohprotein 1,81 kg N/dt Frischmasse (86 % Ts)
- 14 % Rohprotein 2,11 kg N/dt Frischmasse (86 % Ts)
- 16 % Rohprotein 2,41 kg N/dt Frischmasse (86 % Ts)

Für das Stroh wurde ein Gehalt von jeweils 0,50 kg N/dt Frischmasse (86 % Ts) angegeben, wobei ein Korn zu Stroh Verhältnis von 1 : 0,8 anzunehmen ist.

Auf der Basis dieser Angaben errechnet sich für einen Weizenbestand, mit einer **Ertragserwartung von 90 dt/ha und einem Proteingehalt von 14 % Rohprotein, ein N-Bedarf von ca. 225 kg N/ha** ( $(90 * 2,11 = 190 \text{ kg N/ha}) + (90 * 0,8 * 0,5 = 36 \text{ kg N/ha})$ ).

Von diesem kalkuliertem N-Bedarf ist der im Boden verfügbare und auf Grund der Standortbedingungen pflanzenverfügbar werdende Nährstoffgehalt, sowie die N-Nachlieferung von der Vorkultur usw. abzuziehen und so die Düngermenge festzulegen.

Verschiedene Landesanstalten bzw. Landwirtschaftskammern haben Kalkulationstabellen oder Berechnungsmodelle, gestützt auf den Basisdaten der Düngeverordnung, entwickelt (veröffentlicht in den einschlägigen Länderorganen z.T. auch auf den entspr. Internetseiten der Behörden). Diese Hilfsmittel können dazu beitragen, auch unter Berücksichtigung von regionalen Versuchsergebnissen, die benötigte Düngermenge möglichst präzise zu berechnen. Doch trotz der vielfältigen Anstrengungen, der Kalkulationsvorschläge und der Bereitstellung verschiedener Hilfsmittel bleibt festzuhalten, dass eine „aufs kg genaue“ Berechnung des Düngedarfs mit den derzeit verfügbaren Hilfsmitteln nicht möglich ist. Selbst unter Berücksichtigung von Ergebnissen der Bodenuntersuchung, einer Verwendung von einschlägigen Berechnungsverfahren, des Yara-N-Testers, des Nitraschecks oder anderer Hilfsmittel kann sowohl der Gesamt-N-Bedarf ebenso wie der N-Bedarf für die Spät düngung nur näherungsweise ermittelt werden.

Werden neben den o.g. einschlägigen Hilfsmitteln auch detaillierte Standorterfahrungen und die Bestandesentwicklung berücksichtigt, kann die benötigte N-Düngermenge genauer festgelegt werden, denn das standort- und entwicklungsabhängige Ertragspotential bzw. die Ertragserwartung verändert den N-Bedarf u.U. sehr stark. Außerdem können die verschiedenen standorttypischen Einflüsse (*Bewirtschaftung, Witterung usw.*) das Boden-N-Angebot verändern. Wird zum Zeitpunkt der Bestimmung der N-Spät düngermenge die Ertrags- und Qualitätserwartung möglichst genau geschätzt (*unter Berücksichtigung der Ertragsstruktur, Bestandesdichte u. Ährenanlage*) um den zu erwartenden N-Gehalt der Kultur neu zu berechnen und davon das zu veranschlagende Boden-N-Angebot (*Bodenwertzahl, Witterung, Wasserangebot, Erfahrungen früherer Jahre, usw.*) sowie die bis dahin schon verabreichte N-Düngermenge abgezogen, ergibt sich die noch auszubringende N-Spät düngermenge z.B.:

**225 kg N-Bedarf** (siehe Beispiel oben)

-100 kg N-Dünger bei Vegetations- und Schossbeginn

- 30 kg (Netto-) Bodennachlieferung

**= 95 kg N/ha Spät dünger Bedarf**

Das Ergebnis des hier sehr vereinfacht dargestellten Berechnungsbeispiels für den N-Düngerbedarf zur Spät düngung deckt sich ungefähr mit einer „alten“ und oft verwendeten Faustzahl, nach der je dt Ertragserwartung ca. 1 kg N/ha zur Spät düngung eingesetzt werden sollte.

Sollte nicht Qualitätsweizen mit einem angestrebten Proteingehalt von ca. 14 % gedüngt werden, sondern Futter- oder Energieweizen, bei dem der Proteingehalt nur zwischen 11 % und 12 % liegen könnte, wären bei gleicher Ertragserwartung usw. ca. 30 bis 40 kg N/ha weniger zur abschließenden Spät düngung einzusetzen. Die N-Versorgung während der Jugendentwicklung, zur Anlage der Ertragsorgane, sollte allerdings in jedem Fall gleich bleiben.

## 2 V Versuchsergebnisse – Basis zur Optimierung der Spätdüngung

In mehrjährigen Versuchsreihen wurde auf der Versuchsstation Roggenstein der TUM-Weißenstephan die Wirkung von differenziertem N-Düngereinsatz untersucht. Um bei den differenziert gedüngten Parzellen „Nachbareffekte“ weitgehend auszuschließen, wurde aus 3 m breiten Parzellen nur der Kern von 1,5 m Breite für die Ertragsfeststellung und für sonstige Untersuchungen genutzt. Trotz dieser „Kernbeerntung“ ist davon auszugehen, dass die Erträge der Feldparzellen durch s.g. „Randeffekte“ positiv beeinflusst wurden und um ca. 10 bis 15 % über den Ergebnissen liegen, die bei vergleichbaren Anbaubedingungen in geschlossenen, großflächigen Feldbeständen zu erzielen wären. Werden die Ergebnisse von Prüfgliedern innerhalb eines Versuches miteinander verglichen, können die etwas überhöhten Erträge unberücksichtigt bleiben. Es entstehen auch keine Probleme, wenn Versuchsergebnisse in relativer Betrachtung auf andere Anbaubedingungen übertragen werden, denn es ist davon auszugehen, dass sich u.U. nur die Höhe von Aufwand und Ertrag durch unterschiedliche Anbaubedingungen verändert, die Relation zwischen Prüfgliedern bzw. Anbauverfahren aber bestehen bleibt. Vorsicht ist jedoch geboten, wenn z.B. Versuchsergebnisse direkt und absolut verallgemeinert und als Maßstab für den großflächigen Anbau benutzt werden, denn wenn z.B. durch positiv wirkende Randeffekte die Erträge etwas überhöht sind, wirkt sich dies auch auf anschließende Berechnungen zur Effizienz des Düngereinsatzes bzw. der Saldierung von Aufwand und Ertrag aus. Die absoluten Werte, z.B. zur Höhe des Düngereinsatzes zur Erzeugung einer „Ertrageinheit“ können sich dadurch verändern, die Relation zwischen niedrigem und hohem Düngeraufwand bzw. zwischen unterschiedlichen Aufteilungsvarianten bleibt jedoch erhalten.

In einigen Versuchsserien hat sich sehr eindrucksvoll der enge Zusammenhang zwischen dem frühen N-Angebot und der Bildung der Ertragsstruktur bzw. der Anlage des Ertragspotentials herausgestellt. War das N-Angebot während der Bestockungs- und der frühen Schossphase ausreichend aber nicht überhöht, so dass sich ca. 500 bis 600 kräftige Ähren mit einer hohen Kornzahlen/Ähre, ca. 35 bis 40, entwickelten, konnte durch eine termingerechte und bedarfsorientierte N-Spätdüngung mit optimalen Ertragsleistungen und Qualitäten bzw. Rohproteingehalten gerechnet werden.

### 2.1 Hohe Ertragsleistungen verbunden mit hohen Proteinwerten und der bestmöglichen N-Düngerverwertung können nach einer bedarfsgerechten, verhaltenen N-Düngung während der Jugendentwicklung und einer frühzeitigen Spätdüngung erreicht werden.

Auf drei Großparzellen (a 300 m<sup>2</sup>) wurde das N-Angebot, zwischen Vegetationsbeginn und dem Zweiknotenstadium, durch drei unterschiedliche N-Düngermengen, 70 / 100 bzw. 130 kg N/ha, verändert. Zur Überprüfung von differenzierten N-Spätdüngungsmaßnahmen wurden die Großparzellen in je 10 Kleinparzellen (a 30 m<sup>2</sup>) unterteilt. Nachdem die Parzellen unterschiedliche N-Düngermengen zur Jugendentwicklung erhalten hatten, wurden anschließend, entsprechend dem Versuchsplan, zu den Entwicklungsstadien EC 39 / 49 bzw. 59 differenzierte N-Düngermengen ausgebracht (Düngerform: KAS). Die Düngerverteilung und die entsprechenden Mengen (zwischen 0 und 120 kg N/ha) sind in der **Abb. 1 a** angegeben.

Im 4-jährigen Durchschnitt (1992 bis 1995, sL Boden, nach Rapsvorfrucht, mit hohem Boden-N-Nachlieferungsvermögen) wurde mit der Sorte Astron die Spitzenleistung von ca. 107 dt/ha und ca. 15,5 % Protein schon mit der geringsten N-Grunddüngung (40 + 30 kg N/ha bei Veg.-Beginn + EC 32) plus der hohen Spätdüngung (40 + 80 kg N/ha bei EC 39 + EC 49) erreicht (**Abb. 1 a** Variante Nr. 7; in der ersten Gruppe). Bei der entsprechenden Variante mit der höheren N-Grunddüngung (40 + 30 + 30 kg N/ha bei Veg.-Beginn + EC 30 + EC 32) hat sich weder der Ertrag noch der Proteingehalt verändert, durch die Anhebung der ersten Düngergabe bei Veg.-Beginn von 40 auf 70 kg N/ha wurde ein leichter Ertragsabfall bei gleichem Proteingehalt festgestellt (**Abb. 1 a** Vari. Nr. 7; 3. Gruppe). Parallelen sind in den Ergebnissen der Prüfglieder Nr. 3 und 5 zu erkennen.

Die erste Versuchsgruppe wurde sehr „verhalten“ während der Bestockung und der frühen Schossphase mit N versorgt. Hier wurden die Spitzenerträge immer dann erreicht, wenn eine Spätdüngung bereits bei EC 39 erfolgte. Bei den beiden Gruppen mit der höheren „Andüngung“ war der Spätdüngungstermin von geringerer Bedeutung.

Früh ausgebrachte, höhere N-Gaben haben sich nur bei den Varianten 1 und 2 positiv auf die Ertragsleistung und den Proteingehalt ausgewirkt, denn bei diesen Varianten war das Gesamt-N-Angebot ertragsbegrenzend.

Die Ergebnisse dieser Versuchsserie zeigten auch, dass das Ertragsoptimum mit einer geringeren N-Düngermenge erreicht wurde, als der im Qualitätsweizenanbau angestrebte optimale Proteingehalt. In der **Abb. 1 b** kommt zum Ausdruck, dass unter den Versuchsbedingungen mit einem N-Düngeraufwand von ca. 150 kg N/ha das Ertragsoptimum erreicht wurde, während die Proteingehalte bis zu einem N-Düngereinsatz von ca. 200 kg N/ha weiter anstiegen. In Abhängigkeit von der Aufteilung des eingesetzten N-Düngers stiegen die Proteingehalte immer dann überproportional an, wenn die N-Grunddüngung vermindert und dafür die N-Spätdüngung erhöht wurde.

### 2.2 Qualitäts- und Futterweizensorten nutzten das N-Angebot in unterschiedlicher Weise, in der Verwertung des N-Düngers unterschieden sie sich nur geringfügig

In den Jahren 1995/1996 bis 1998 wurden ausgewählte Weizensorten einheitlich mit insgesamt 120 kg N/ha während der Jugendentwicklung gedüngt (sL Boden, nach Hafervorfrucht, mit mittlerem Boden-N-

Nachlieferungsvermögen). Um leistungsfähige Weizenbestände, mit optimaler Ertragsstruktur zu produzieren wurde die N-Grunddüngermenge auf 3 Einzelgaben aufgeteilt, Vegetations-, Schossbeginn und 2-Knotenstadium. Die Wirkung von unterschiedlichen Spät-N-Gaben, die von 0 bis 120 kg N/ha gesteigert und zu unterschiedlichen Terminen ausgebracht wurden, kamen sowohl bei bekannten Qualitäts- wie auch bei Futterweizensorten zum Einsatz. Die Spätdüngung wurde so differenziert, dass sich in den Ergebnissen die Wirkung von gesteigerten Düngermengen und von unterschiedlichen Düngungsterminen ausdrücken konnte.

In den **Abb. 2 a bis 2 c** wurden auszugsweise Ergebnisse dargestellt, in denen der Sorteneinfluss sehr deutlich zum Ausdruck kommt. Mit abnehmender Qualitätseinstufung stieg der Kornertrag an, die Rohproteinwerte verändern sich in entgegengesetzter Richtung. Die Jahrgangseinflüsse sind bei der Proteinbildung stärker ausgeprägt als bei der Ertragsbildung. Eine Steigerung der N-Spätdüngergabe von 40 auf 80 kg N/ha wirkte sich bei allen Sorten positiv auf die Ertragsleistung und vor allem auf die Proteinmenge aus. Eine weitere Steigerung der Düngermenge, auf 120 kg N/ha, wirkt nur noch abgeschwächt. Die N-Verwertung war bei dieser hohen Spätdüngermenge bei der E-Weizensorte Bussard etwas besser als bei Batis und Contra.

Wurde die Spätdüngung schon bei EC 39 durchgeführt, stiegen die Kornerträge deutlicher an als bei der Düngung zu EC 49. Auch in dieser Versuchsserie hat sich der frühere Spätdüngungstermin nicht nur als praktikabel sondern als vorteilhaft erwiesen.

Eine hohe Spätdüngergabe von 120 kg N/ha wurde auf 2 Gaben aufgeteilt, es wurden jeweils 80 kg N/ha bei EC 49 gedüngt, die Restmenge von 40 kg N/ha wurde in einer Variante früher, bei EC 39, bei der anderen später, bei EC 59, gedüngt. Während sich das Ausbringen einer Teilmenge zum früheren Zeitpunkt positiv auswirkte, führte die verzögerte Spätdüngung tendenziell zu leichten Ertragsverlusten. Da sich die Proteinwerte in ähnlicher Abstufung entgegengesetzt entwickelten, hat sich die Düngerverwertung in dieser Versuchsserie kaum unterschieden.

### **2.3 Bei ungünstigen Abreifebedingungen können sich sehr späte Düngergaben nachteilig auswirken**

In den oben vorgestellten Ergebnissen kam schon zum Ausdruck, dass frühe Spätdüngungstermine im Vergleich mit späten i.a. vorteilhaft waren und sich sehr späte Düngergaben nachteilig auf die Ertragsleistung auswirken können.

In den Jahren 2003 bis 2005 wurde bei der Sorte Tommi die Wirkung einer hohen Spätdüngergabe, 110 kg N/ha, die zwischen EC 47 bis 49 ausgebracht wurde geprüft und verglichen mit einer Variante bei der die gleiche Düngermenge aufgeteilt war: EC 47 bis 49, 70 kg N/ha und EC 59 bis 61, 40 kg N/ha (**Abb. 3**). Wurde Kalkammonsalpeter (K) eingesetzt, wurden im Vergleich mit der einmaligen früheren Düngung deutliche Ertragsverluste und niedrigere Rohproteinwerte festgestellt. Da schon in den Jahren 2001 und 2002 ähnliche aber etwas schwächer abgestufte Ergebnisse ermittelt wurden, können die Daten nicht als „Zufallsergebnis abgelegt“ werden. Vielmehr bedarf es weiterer Untersuchungen um diese Zusammenhänge eindeutig und exakt aufzuklären. Solange keine eindeutigen wissenschaftlichen Beweise vorliegen, wird hypothetisch angenommen, dass in Trockenjahren wie 2003 bei einer sehr schnellen Abreife, durch die nitratbetonte späte Teilgabe die natürliche Abreife verzögert wurde, weil durch den schnellen Anstieg des Nitratgehaltes vermutlich der Cytokiningehalt anstieg, der u.U. das „Altern“ bzw. die Kornfüllung verzögerte. In einem feuchten Jahr, mit nasskalter Witterung und geringen Einstrahlungswerten während der Abreife, wie 2004, könnte die sehr späte nitratbetonte Düngung ebenfalls zu einer deutlichen Entwicklungsverzögerung geführt haben. Hier könnte aber auch der für die Pflanze energieaufwändigere Stoffwechselprozess bei der Weiterverarbeitung vom Nitrat-N zur Proteinbildung negativ mitgewirkt haben und bei begrenzter eingestrahelter Energie, für die Ertragsverluste mit verantwortlich sein.

### **2.4 Eine knapp bemessene Anfangsdüngergabe gefolgt von einer angemessenen, hohen „Schosser- und Spätdüngergabe“ lieferte auch im extrem Jahr 2006 die besten Ergebnisse.**

In der **Tab 1** sind Durchschnittsergebnisse der beiden Sorten Tommi und Schamane, die in Abhängigkeit von differenzierten N-Düngungsmaßnahmen ermittelt wurden, aufgelistet. Diese Ergebnisse bestätigen, in zusammenfassender Weise, die früheren. Unter den Versuchsfeldbedingungen wurde auch 2006 schon mit ca. 160 kg Dünger-N/ha ein hohes Ertragsniveau erreicht, welches durch weiter gesteigerte N-Düngergaben, bei optimaler Aufteilung, noch um bis zu 7 dt/ha anstieg.

Der Proteingehalt war bei der Vergleichsvariante, die nur mit 160 kg N/ha gedüngt wurde, mit 11 % zu niedrig für Qualitätsweizen. Eine um 40 kg N/ha erhöhte Spätdüngergabe (Nr. 2 und 3) steigerte den Proteingehalt um 1,6 % bzw. 1,7 % wobei der Ertrag bei der frühen Düngung stärker anstieg als bei der aufgeteilten.

Durch eine weitere Steigerung der Düngermenge, um weitere 40 kg N/ha, stiegen die Proteinwerte generell weiter an. Allerdings ist hier zu berücksichtigen, dass sich die Steigerung der Düngermenge nur positiv auf die Ertragsleistung auswirkte, wenn sie, trotz des 2006 sehr späten Vegetationsbeginns, nicht zum Start erfolgte. Wurde die Düngergabe bei EC 31 bis 32 von 60 auf 80 kg N/ha erhöht und dafür die Spätdüngermenge von 120 auf 100 kg N/ha reduziert, wurde der Spitzenertrag ermittelt, allerdings lag hier der Proteingehalt um 0,5 % unterhalb des Spitzenwertes. Trotz einer sehr hohen Spätdüngergabe, 120 kg N/ha, hatte auch 2006 eine Aufteilung keine Vorteile gebracht. Wurde als letzte Teilgabe Kalkammonsalpeter ausgebracht, lag der Ertrag um 1,4 % unterhalb von der Variante die mit Harnstoff zum Abschluss gedüngt wurde.

Da sich die Erträge und die Proteinwerte bei den Varianten Nr. 5 bis 8, in Abhängigkeit von der differenzierten Aufteilung bzw. der Düngerform, entgegengesetzt entwickelten hat sich die N-Aufnahme bzw. die Verwertung der gesteigerten N-Spätdüngung kaum verändert. Im Vergleich mit der Variante Nr. 1 wurde die Spätdüngergabe um 80 kg N/ha gesteigert, davon wurden im Durchschnitt dieser 4 Varianten 56 kg N/ha im Korn eingelagert, dies entspricht ca. 70 %. Wurde die Spätdüngung dagegen nur um 40 kg N/ha gesteigert lag der Ausnutzungsgrad bei ca. 80 %, allerdings blieben die Proteinwerte hier unterhalb von 13 %, unterhalb der Schwelle die bei der Qualitätsweizenvermarktung vielfach zu überschreiten ist.

Der schlechteste Ausnutzungsgrad des gesteigerten N-Düngereinsatzes wurde in diesem kleinen Versuch (ähnlich wie in früheren Versuchsserien) nach einer Erhöhung der Startdüngergabe festgestellt (Nr. 4, 53 %).

## **2.5 Flüssige N-Blattdünger können bei niedrigem Gesamtdüngerangebot zu Ertrags- und Proteinsteigerungen führen**

2006 wurden bei den Sorten Akteur und Cubus, zum Zeitpunkt der Ährenkrankheitsbekämpfung, ca. 10 kg N/ha durch verschiedene N-Dünger in flüssiger Form eingesetzt. Die Variation und die Ergebnisse sind in der **Tab 2** aufgelistet.

Bei der Eliteweizensorte Akteur sind die Erträge beim vorgelegtem N-Düngungsniveau von 185 kg N/ha durch die flüssig Zusatzdüngung um bis zu 4,5 dt/ha angestiegen, bei einem gleichzeitigem Anstieg der Proteinwerte um bis zu 0,4 %. Durch diese Steigerung von Ertrag und Protein errechnet sich beim Einsatz von Harnstoff oder von Foliarel-N-Plus und eine nahezu 100 %-ige N-Verwertung der zusätzlichen Flüssigdüngung. AHL und die Mischung von Harnstoff und Schwefelsauerem Ammoniak lieferte etwas schlechtere Wirkungsgrade. Deutlich schlechter waren die Wirkungsgrade bei der Sorte Cubus.

Beim höheren N-Düngungsniveau, 225 kg N/ha, wurden kaum Unterschiede zur Kontrollvariante, ohne zusätzliche Flüssigdüngung, gemessen. Die Ergebnisse schwankten hier im „Fehlerbereich“ des Feldversuchs.

## **3 Nur gesunde Weizenbestände sind in der Lage Spätdüngergaben optimal auszunutzen**

In den oben vorgestellten Versuchen wurden die Pilzkrankheiten durch optimalen Fungizideinsatz ausgeschaltet. An den Ergebnissen von verschiedenen Fungizidprüfungen oder an denen von einem Weizensortenversuch, der von 2001 bis 2006 durchgeführt wurde, kann abgelesen werden, wie stark die N-Aufnahme durch den Einfluss von Pilzkrankheiten beeinträchtigt werden kann. In der Sortenversuchsreihe wurden u.a. jährlich ca. 15 A-Sorten angebaut. Der N-Düngereinsatz schwankte je nach Jahrgang zwischen 170 und 198 kg N/ha, davon wurden 70 bis 80 kg N/ha kurz vor dem Ährenschieben ausgebracht. Bei gleichem N-Düngereinsatz wurden durch die Pilzkrankheitsbekämpfung durchschnittlich 33 kg N/ha mehr ins Korn eingelagert, wobei die Schwankungsbreite in Abhängigkeit vom jahrgangsspezifischen Krankheitsdruck sehr groß war (bei hohem Krankheitsbefall in 2001 z.B. 50 kg N/ha und im „trocken“ 2003 nur 6 kg N/ha, Differenz zwischen ohne und mit Fungizideinsatz).

Bei fast gleichbleibenden Proteingehalten hatte sich durch eine effektive Krankheitsbekämpfung vor allem das Tausendkorngewicht und damit der Kornertrag deutlich verändert und somit auch die N-Aufnahme bzw. die N-Düngereffizienz.

## **4 Zusammenfassung**

In den Ergebnissen mehrerer Versuchsreihen kam zum Ausdruck, dass zunächst ein höherer Anteil des N-Angebotes zur Kornertragsbildung verwendet wird und erst nach der Annäherung an das Ertragsoptimum die N-Konzentration im Korn (= Rohprotein) stärker anstieg.

Die Höhe der Proteinmenge im Weizenkorn hing vielfach weniger vom Düngungstermin ab, sondern mehr von der verfügbaren N-Menge und vom Witterungsverlauf, der sowohl die N-Aufnahme und die Proteinbildung mehr oder weniger stark beeinflusste.



Es hatte sich mehrfach bestätigt, dass Bestände mit optimaler Bestandesdichte in der Lage sind höhere Einzelährenerträge zu bilden, sowie auch den aufgenommenen Stickstoff effektiver von den vegetativen Pflanzenteilen in die Körner umzulagern, solange die Abreife normal und ohne Pilzkrankheitsbefall ablaufen kann. Offenbar verfügen große Ähren über eine höhere Sinkkapazität und können deshalb das Stroh effektiver entleeren und so zu einer höheren N-Verwertung beitragen.

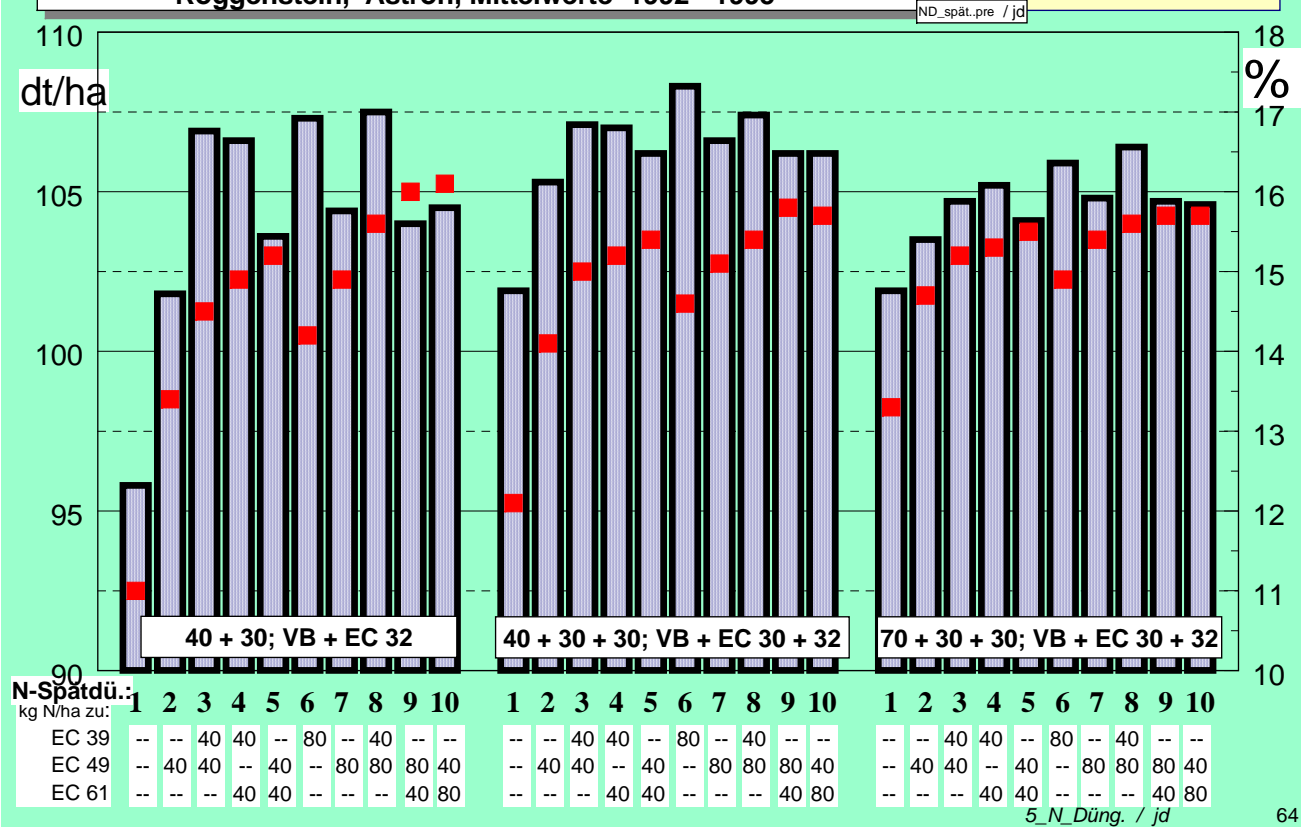
Wurden die Weizenbestände während der Jugendentwicklung bedarfsgerecht mit N versorgt, so dass die Reduktion von überzähligen Bestockungstrieben bis EC 39 abgeschlossen und sich die kräftigen Triebe an der Basis ausreichend festigen konnten, haben sich frühe Spätdüngergaben (ab EC 37 bis 39) bewährt und zu hohen Verwertungsraten geführt. Eine verzögerte Spätdüngung, zum Ende des Ährenschiebens, hat am Standort Roggenstein keine Vorteile gebracht und in einigen Fällen zu beachtlichen Ertragsverlusten, im Vergleich mit einer frühen Spätdüngung, geführt.

Tab. 1 <span style="float: right;">ww6a.06.</span>							Kornertrag dt/ha (86 % T)		Rohprotein (N% Korn * 5,7)		kg N/ha (Korn-TM)	
Nr.	Mw. Schamane/Tommi					Summe	dt/86%Ts	Anstieg	Rohp.%	Anstieg	KokgN	Anstieg
	EC 21; 17.3.	EC 29-30; 20.4.	EC 31-32; 10.5.	EC 39-41; 26.5.	EC 55-59; 16.6.							
1	40	18 <sup>2</sup>	60	40	---	158	105,3	0,0	11,1	0,0	177	0
2	40	18 <sup>2</sup>	60	40	40	198	106,8	1,5	12,8	1,7	206	30
3	40	18 <sup>2</sup>	60	80	----	198	109,1	3,8	12,7	1,6	209	33
4	80	18 <sup>2</sup>	60	80	----	238	108,8	3,5	13,3	2,2	219	42
5	40	18 <sup>2</sup>	60	80	40	238	108,9	3,6	14,1	3,0	231	55
6	40	18 <sup>2</sup>	60	80	40 <sup>3</sup>	238	111,3	6,0	14,0	2,9	235	58
7	40	18 <sup>2</sup>	60	120	----	238	111,7	6,4	13,8	2,7	233	57
8	40	18 <sup>2</sup>	80	100	----	238	112,3	7,0	13,6	2,5	231	54
(KAS; <sup>2</sup> = AHL; <sup>3</sup> = Harnst.(fest))												
Mw. 1 - 8							109,3		13,2		218	
Mw. Schamane							108,2		13,2		216	
Mw. Tommi							110,4		13,2		219	

Tab. 2 <span style="float: right;">Flüssige-N-Spätdüngung</span>			Kornertrag dt/ha (86 % Ts)				Rohprotein (% N-Korn * 5,7)					
16.3.+3.5.+10.5.+6.6. + 20.6.; EC 61			Akteur		Cubus		Akteur		Cubus			
Vari.:	VB +29 +31 +41	N kg/ha	dt/86%Ts		dt/86%Ts		Rohp.%		Rohp.%			
			dt/86%Ts	Anstieg dt	dt/86%Ts	Anstieg dt	Rohp.%	Anstieg %	Rohp.%	Anstieg %		
1.	50+15*+60+60	185	Kontrolle - ohne flüssig Düng. -----		89,8	0	99,2	0	13,5	0	13,3	0
2.	50+15*+60+60	185	+ 30 l N Plus		93,9	4,1	101,0	1,8	13,8	0,3	13,7	0,4
3.	50+15*+60+60	185	+ 30 l AHL		93,2	3,4	100,6	1,4	13,7	0,2	13,4	0,0
4.	50+15*+60+60	185	+ 23 kg Harnstoff (fl.)		94,2	4,4	101,5	2,3	13,9	0,4	13,7	0,3
5.	50+15*+60+60	185	+ 23 kg Harnstoff (fl.) + 5 l Schwedokal 80		94,2	4,5	102,2	3,1	13,9	0,4	13,4	0,0
6.	50+15*+60+60	185	+ 18 kg Harnstoff (fl.) + 12 kg SSA (fl.)		92,0	2,2	100,5	1,3	14,0	0,4	13,5	0,2
11.	50+15*+80+80	225	Kontrolle - ohne flüssig Düng. -----		92,8	0	99,7	0	14,5	0	14,0	0
12.	50+15*+80+80	225	+ 30 l N Plus		94,0	1,1	102,0	2,2	14,7	0,1	14,3	0,4
13.	50+15*+80+80	225	+ 30 l AHL		92,6	-0,2	100,5	0,7	14,7	0,2	14,3	0,3
14.	50+15*+80+80	225	+ 23 kg Harnstoff (fl.)		94,6	1,8	101,2	1,5	14,6	0,0	14,4	0,4

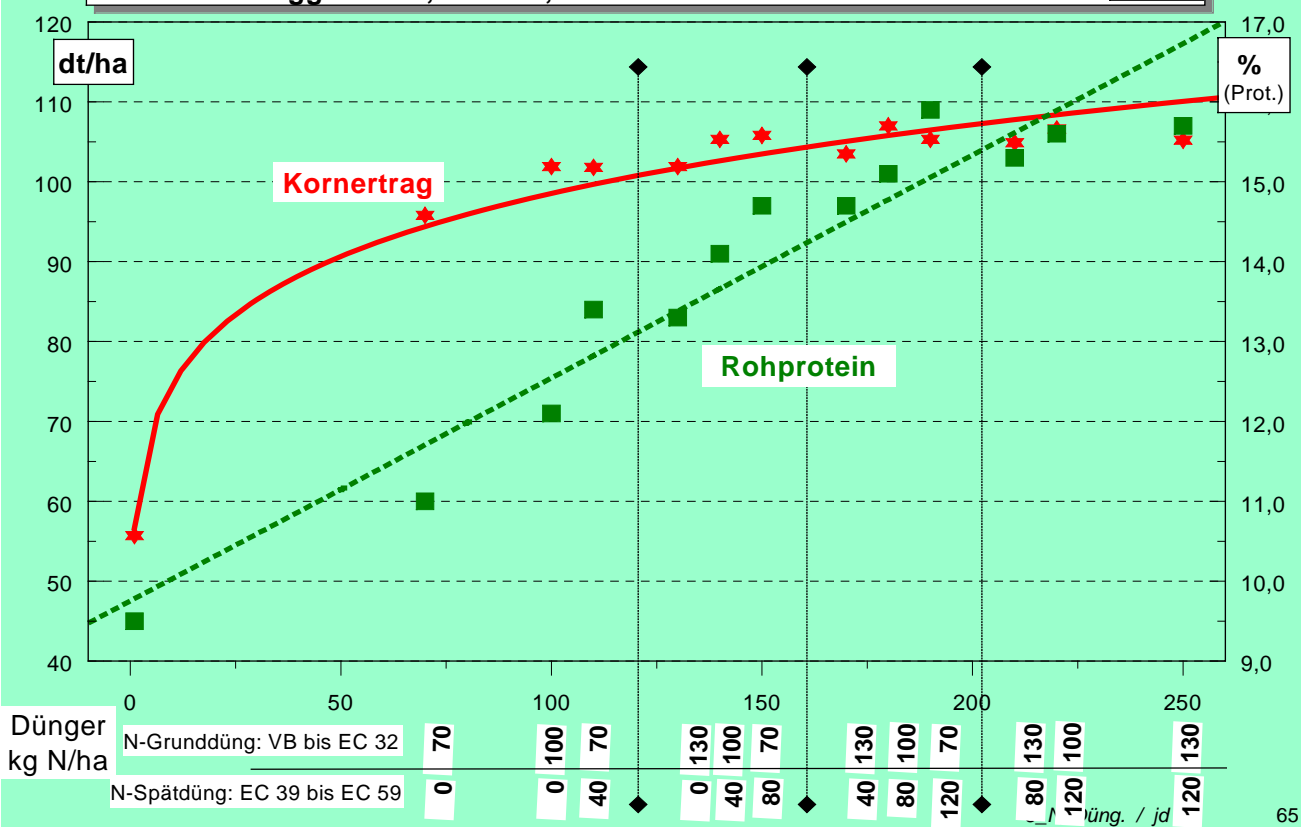
**Abb. 1 a Kornertrag dt/ha (86 % TS) und Rohprotein (N % im Korn \* 5,7)**  
**Roggenstein, Astron, Mittelwerte 1992 - 1995**

Kornertrag  Rohprotein 

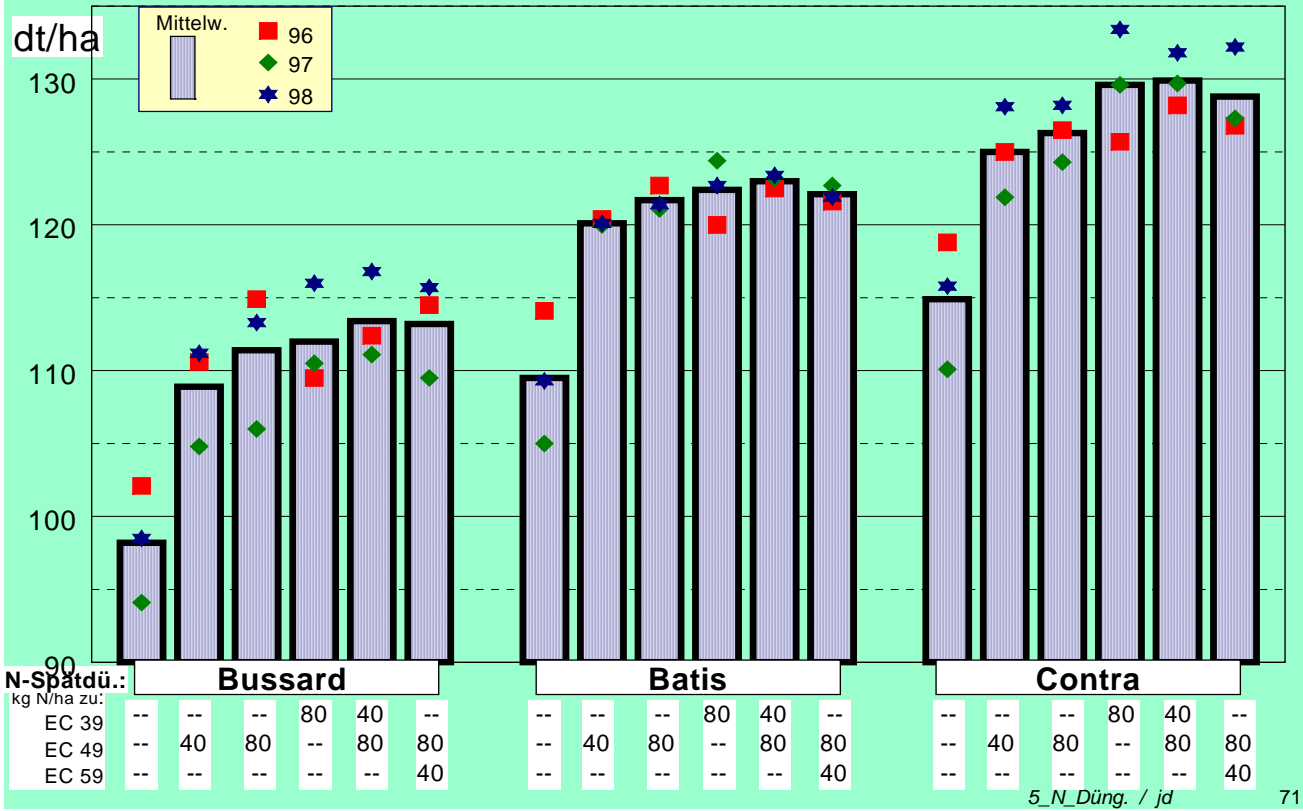


**Abb. 1 b Kornertrag und Rohprotein, in Abhängigkeit von der N-Düngung,**  
**Roggenstein, Astron, Mittelwerte 1992 - 1995**

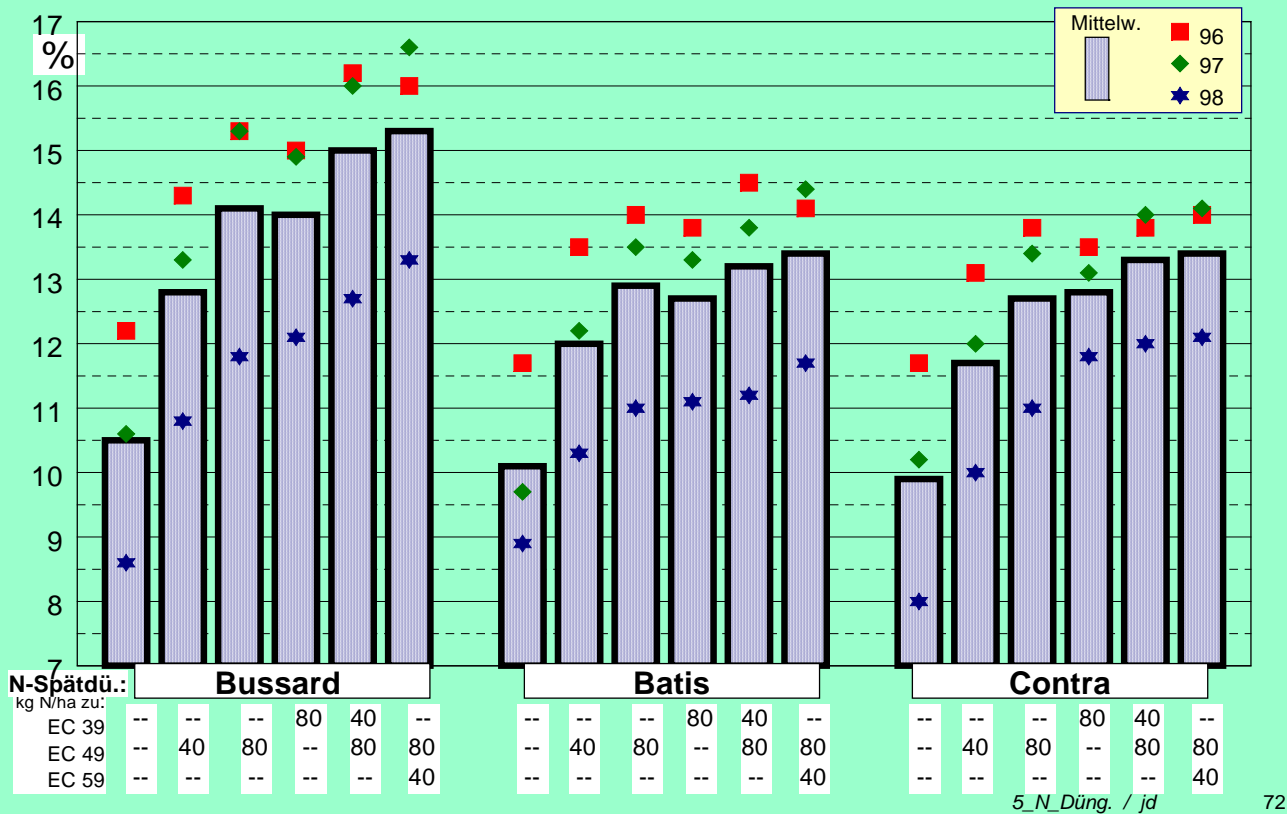
W\_5.pre / jd



**Abb. 2 a Körnertrag dt/ha (86 % TS), Bussard, Batis u. Contra; Roggenstein, 1996 bis 1998** ND\_spät\_pre / j  
 in Abhängigkeit von differenzierter N-Spätdüngung, nach einheitlicher N-Grunddüngung mit 100 kg N/ha

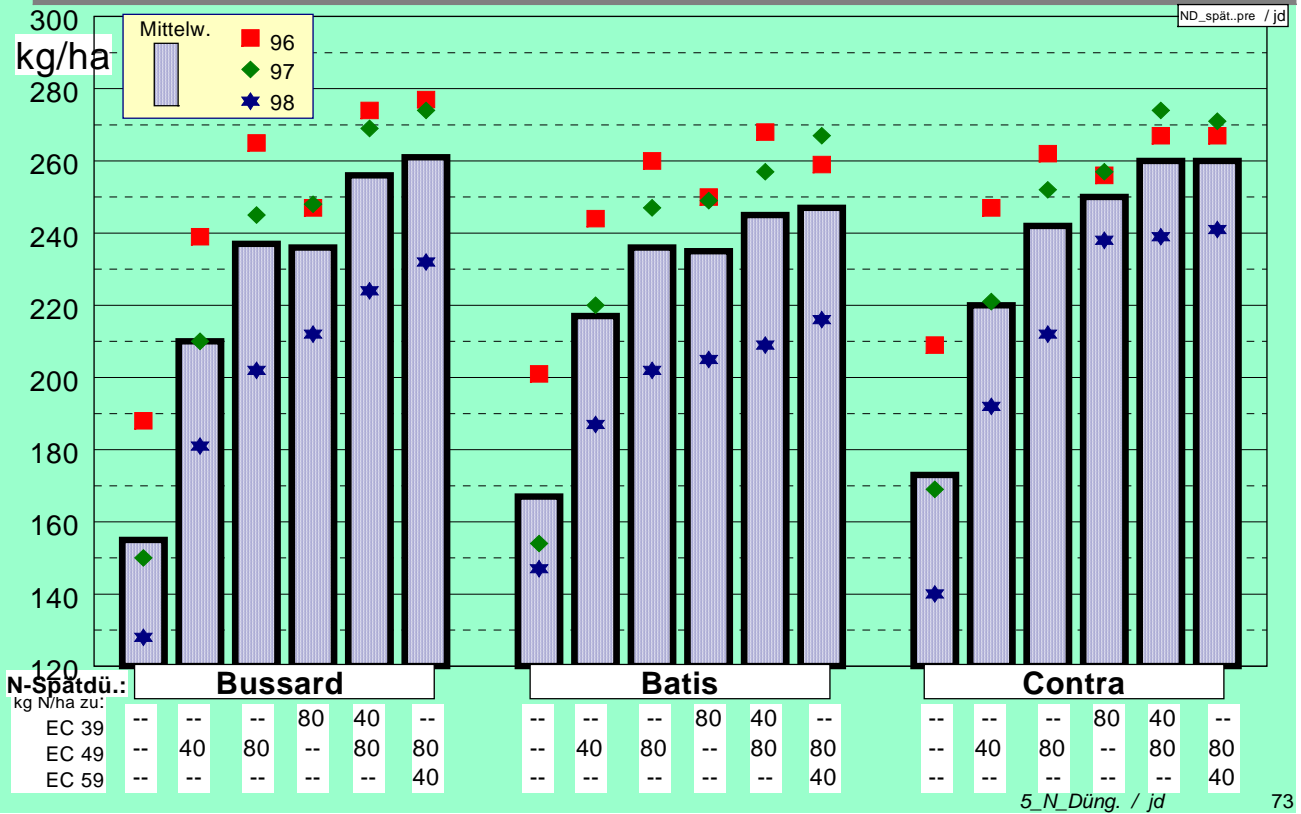


**Abb. 2 b Rohprotein (N % in Korn-TM \* 5,7), Bussard, Batis u. Contra; Roggenstein, 1996 bis 1998** ND\_spät\_pre / jd  
 in Abhängigkeit von differenzierter N-Spätdüngung, nach einheitlicher N-Grunddüngung mit 100 kg N/ha





**Abb. 2 c Gesamt-N-Gehalt in der Korn-TM (kg/ha), Bussard, Batis u. Contra; Roggenstein, 1996 bis 1998**  
in Abhängigkeit von differenzierter N-Spätdüngung, nach einheitlicher N-Grunddüngung mit 100 kg N/ha



**Abb 3 Kornertrag (dt/ha, 86 % TS) und Rohprotein (N % in Korn-TM \* 5,7)**  
bei differenzierter N-Düngung, Tommi, Roggenstein 2003 bis 2005

