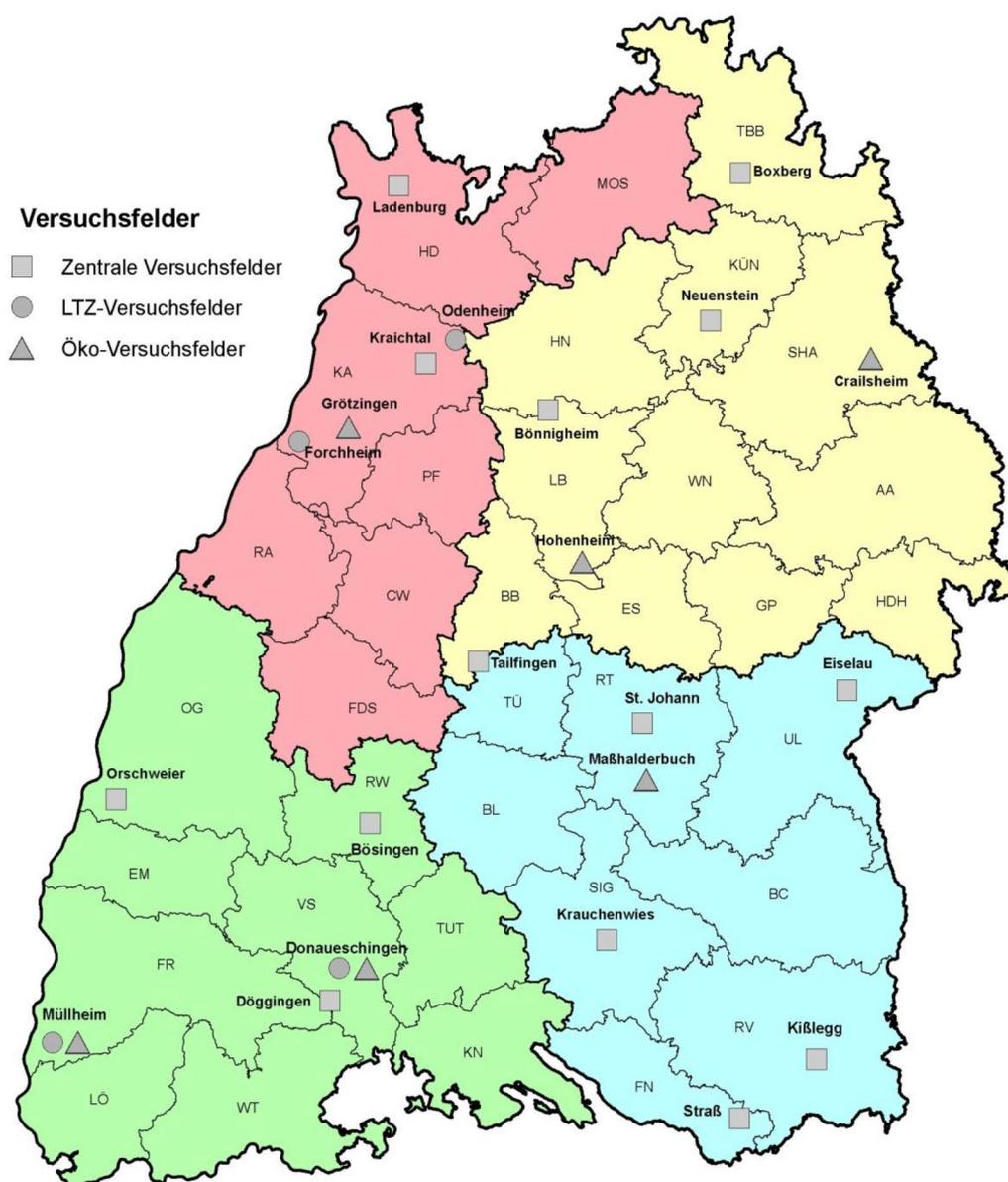


DGG 12-01

Düngung zu Winterraps

 Überprüfung der N-Düngung im mehrjährigen Feldversuch



Einleitung

Aufgrund der meist großen Wirtschaftlichkeit und des guten Vorfruchtwertes ist Winterraps aus keiner Getreidefruchtfolge wegzudenken. Ein erfolgreicher Rapsanbau erfordert jedoch eine hohe N-Düngung, die möglichst in hohe Kornerträge umgesetzt werden muss, soweit die äußeren Rahmenbedingungen wie insbesondere die Witterungsverhältnisse dies zulassen. Da die N-Effizienz in Folge hoher N-Überschuss-Salden jedoch häufig nicht so ausfällt, wie dies zunächst zu erwarten wäre, und mit den Ernterückständen große Rest-N-Mengen nach der Kornernte im Boden verbleiben, stehen häufig die ökologischen Folgen des Rapsanbaus wie hohes N-Nachlieferungspotential nach der Ernte bei großem Risiko einer N-Verlagerung einem N-effizienten und wirtschaftlichen Rapsanbau im Wege. Daher ist es besonders wichtig, auf der Basis einer standortbezogenen Ertragerwartung den N-Düngebedarf zu Vegetationsbeginn zu ermitteln. Da Winterraps meist auch im Herbst eine N-Startgabe erhält, sollte regelmäßig überprüft werden, ob dies auch im Sinne der guten fachlichen Praxis ökonomisch notwendig ist.

Besonderheiten der N-Düngung bei Winterraps

Spannungsfeld zwischen Vorwinterentwicklung und Frühjahrsdüngung

Eine Herbstdüngung in Höhe von max. 40 kg N/ha zur Saat (= gute fachliche Praxis nach derzeit gültiger Düngeverordnung) bildet im intensiven Rapsanbau meist die Basis für eine optimale Vorwinterentwicklung und für die notwendige Winterhärte. Häufig kann jedoch kein positiver Ertragseinfluss einer Herbstdüngung festgestellt werden. Vielmehr stellt diese Düngungsmaßnahme - selbst unter Beachtung von Vorfrucht, Standorteigenschaften und rechtlichem Rahmen - ein zusätzliches Risiko für N-Verluste und damit eine Verminderung der Effizienz der N-Düngung dar. Da bei der Berechnung des N-Düngebedarfs im Frühjahr bislang nur 50 % des im Herbst verabreichten Stickstoffs berücksichtigt werden, ist sicherzustellen, dass der im Herbst gedüngte Stickstoff möglichst vollständig aufgenommen und der Ertragsbildung in der darauf folgenden Vegetationsperiode ohne größere Verluste zur Verfügung steht. Dies versucht man u.a. durch langjährig an Feldversuchen geeichte Berechnungsverfahren, die auf Basis des bis dahin oberirdisch gebildeten Pflanzenaufwuchses die Vorwinterentwicklung und somit die N-Verwertung einer Herbstgabe beschreiben, zu berücksichtigen (= sog. Biomasse-Modelle). Da diese Verfahren jedoch meist in Regionen mit vergleichsweise günstigen Bedingungen für die Vorwinterentwicklung geprüft und entwickelt werden, ist deren Übertragbarkeit auf andere Anbauregionen oft schwierig und unbefriedigend. Daher wurden im Rahmen vorliegender Feldversuche auch Biomasse-Modelle geprüft.

Versuche mit unterschiedlicher Herbst- und Frühjahrsdüngung zeigen, dass bei Raps eine zuverlässige Ertragsprognose in Folge großer jahres- oder witterungsbedingter Einflüsse nur schwer möglich ist. Daher können nur langjährige Ertragerfahrungen die Grundlage für eine ökonomisch und ökologisch belastbare N-Düngeempfehlung bilden.

Während eine Herbst-N-Gabe vornehmlich der Etablierung des Rapsbestandes und einer ausreichenden Vorwinterentwicklung dient, nimmt die N-Düngung im Frühjahr maßgeblich Einfluss auf

- die Regeneration und Blattneubildung der Rapspflanzen,
- die Knospenbildung,
- die Reduktion der Seitenachsen,
- die Vermeidung eines vorzeitigen Abwerfens von Knospen und Blüten sowie
- die N-Speicherung in Blättern und Stängeln.

Bei der Frühjahrsdüngung unterscheidet man zwischen einer N-Startgabe und einer der sog. Ertragsdüngung. Die Höhe der N-Startgabe muss sich nach dem Saatzeitpunkt, der hiervon abhängigen Vorwinter-Entwicklung und somit der hiermit korrespondierenden N-Aufnahme im Herbst ausrichten. So können jahresabhängig im Zuge der Frühjahrsdüngung Zu- und Abschläge in Abhängigkeit von einer schwachen oder üppigen Herbstentwicklung berücksichtigt werden, da einem sehr gut entwickelten Rapsbestand unterstellt wird, dass er bereits im Herbst größere Mengen an Stickstoff aufgenommen hat, der zum Teil bei der Berechnung der Frühjahrsdüngung berücksichtigt werden muss.

Da Winterraps im Frühjahr erst noch zwei bis vier neue Blätter bilden muss, bevor er unter dem Einfluss des Langtages in die Streck-/Schossphase übergeht, hängt die Höhe der Startgabe auch von der Vegetationszeit ab, die die Rapspflanze für die Bildung neuer Blätter bis dahin noch zur Verfügung hat. Das heißt, Standorte mit spätem Vegetationsbeginn und häufiger Trockenheit im Frühjahr erfordern während dieser wichtigen vegetativen Wachstumsphase eine höhere Startgabe und umgekehrt.

Da die N-Aufnahme ab Streckung des Sprosses bis zur Blüte und in den ersten 14 Tagen nach der Befruchtung eng mit der Ertragsleistung von Winterraps korreliert, muss sichergestellt werden, dass der Rapsbestand bis zur Blüte Stickstoff im Überschuss aufgenommen hat (= N-Ertragsdüngung). Hierzu muss ein Teil des Stickstoffs in den Blättern und Stängeln zwischengespeichert werden, um ausreichend N-Assimilate für die Kornfüllung während der Schotenbildung bei gleichzeitig hohen täglichen N-Aufnahmen bilden zu können.

Versuchskenndaten

In mehrjährigen Exakt-Feldversuchen in den Anbaubereichen Kraichgau, Neckar-Odenwald und Hohenlohe wurde geprüft, ob eine N-Düngebedarfsermittlung nach dem Nitrat-Informationen-Dienst (NID) Baden-Württemberg den ökologischen wie ökonomischen Anforderungen eines zeitgemäßen Rapsanbaus ohne und mit Herbstdüngung noch genügt. Bei den Versuchsstandorten handelte es sich um gute Rapsstandorte in der jeweiligen Region mit einer ausgewogenen Nährstoffversorgung. Alle Versuchsflächen hatten als Vorfrucht Wintergerste mit Strohverbleib und wurden ohne Pflug bearbeitet. Beim Standort „Hohenlohe“ handelte es sich um langjährig organisch mit Wirtschaftsdünger gedüngte Flächen (ca. 1 GV/ha).

Die Herbstdüngung sowie 2. N-Frühjahrsgabe (ca. 60 % des N-Düngebedarfs) erfolgten mit einem handelsüblichen Kalkammonsalpeter-Dünger „KAS“, die 1. N-Frühjahrsgabe mit einem Ammoniumsulfatsalpeter-Dünger „ASS“ (zur Absicherung der Versorgung der Rapsbestände mit Schwefel).

Kurzbeschreibung der Düngungssysteme

Verglichen wurde die N-Düngung auf Basis des NID mit einer statischen N-Steigerung (Tabelle 1) und einem französischen Biomasse-Modell (im Folgenden als „Bio-Modell“ bezeichnet), einem weiteren Biomassemodell, das in Schleswig-Holstein unter den entsprechenden Klimabedingungen entwickelt wurde (im Folgenden als „Kieler Modell bezeichnet) sowie dem bekannten EUF-Verfahren (= Elektro-Ultra-Filtration).

Tabelle 1 beschreibt den Versuchsplan gegliedert nach den Faktoren Düngungssystem, Düngerform sowie Herbst- bzw. Frühjahrsdüngung. Die Beschreibung der Versuchsglieder für die Kontrolle und die statische N-Düngung (N0 bis N4) wird im folgenden Text beibehalten, um die Struktur der Tabellen und Abbildungen übersichtlicher zu halten.

Tabelle 1: Versuchsplan und N-Düngung im Mittel der Jahre und Standorte

Düngungssystem		Dg. Form	Herbst	Frühjahr	Σ N-Düngung
			[kg N/ha]		
Kontrolle	N0		0	0	0
statische N-Steigerung	N1	ASS+KAS	0	150	150
	N2		0	180	180
	N3		0	210	210
	N4		0	240	240
NID	NID	ASS+KAS	0	181	181
Bio-Modell	Bio-Modell	ASS+KAS	0	143	143
Kieler Modell	Kieler Modell	ASS+KAS	0	172	172
EUf	EUf	ASS+KAS	0	212	212
Kontrolle	N0		40	0	40
statische N-Steigerung	N1	ASS+KAS	40	150	190
	N2		40	180	220
	N3		40	210	250
	N4		40	240	280
NID	NID	ASS+KAS	40	171	211
Bio-Modell	Bio-Modell	ASS+KAS	40	122	162
Kieler Modell	Kieler Modell	ASS+KAS	40	150	190
EUf	EUf	ASS+KAS	40	202	242

Das EUf-Verfahren wurde einmalig im Versuchsjahr 2013 auf Basis von Bodenproben, die nach der Getreidevorfrucht am Versuchsstandort entnommen und vom Bodengesundheitsdienst GmbH (BGD), einer Tochter der Südzucker Gruppe, analysiert wurden, getestet. Der BGD sprach hierzu auf Basis der Analysenwerte der Bodenproben eine N-Düngeempfehlung aus, die anhand der Ertragskurve der statischen Düngungsstufen der Feldversuche bewertet wurde. Die Ergebnisse werden daher der Vollständigkeit halber in die Darstellungen einbezogen, jedoch als 1 jährige Versuchsergebnisse nicht näher diskutiert.

Französisches Biomassemodell (im Text als „Bio-Modell“ bezeichnet)

Bei diesem Modell, das in Frankreich entwickelt wurde, wird ausgangs Winter - vor der 1. N-Gabe - der oberirdische Rapsaufwuchs [kg/m²] entweder visuell an mehreren Stellen in gleichmäßigen Beständen (oder bei einem inhomogenen Bestand in Form von Teilflächen) an Hand von Fotos und einer Wertetabelle ermittelt. Alternativ kann auch an mehreren Stellen über die Fläche von je einem m² Fläche der Aufwuchs möglichst schmutzfrei und trocken geerntet sowie gewogen werden [kg/m²]. Auf Basis der so ermittelten Pflanzenfrischmasse werden zur Bestimmung des N-Düngebedarfs nun unter Einbeziehung von Standorteigenschaften wie Bodenart und Durchwurzelungstiefe, organischer Düngung sowie dem Ertragsziel die entsprechenden Düngermengen einer Wertetabelle entnommen.

Biomassemodell Schleswig Holstein (im Text als „Kieler Modell“ bezeichnet)

Auch bei diesem Modell wird, nun aber bereits im Herbst, die bis dahin gebildete oberirdische Biomasse an 4 bis 5 Stellen im Bestand (oder bei einem inhomogenen Bestand in Form von Teilflächen) möglichst trocken und ohne Bodenanhftung entnommen und gewogen [kg/m²]. Anhand eines Excel-Rechners (Internetseite der LWK Schleswig-Holstein) kann dann der N-Gehalt der Biomasse errechnet werden. In einem 2. Schritt werden die Mengen an „anrechenbarem N“ ermittelt, die dem Bestand im Frühjahr zur Verfügung stehen. Hierzu wird vom ermittelten Herbst-N-Wert der sog. Basiswert in Höhe von 50 kg N/ha abgezogen. Der Basiswert stellt die durchschnittliche N-

Menge eines Rapsbestandes dar, die im Zuge der Ermittlung der N-Frühjahrsdüngung berücksichtigt werden sollte. Von dem nun vorliegenden N-Wert werden bei einem gut entwickelten Bestand (N-Entzug/Herbst > 50 kg/ha) 70 % als verfügbar vom jeweiligen Frühjahrs-N-Sollwert abgezogen, bei einem schwachen Bestand (N-Entzug/Herbst < 50 kg/ha) entsprechend zugeschlagen (s. Beispiel LWK S.-H.).

Winterraps - Erfassung der Stickstoffaufnahme im Herbst und Berechnung des anrechenbaren Stickstoffs bei der Stickstoffdüngung im Frühjahr

In die gelben Felder können Angaben zum Schlag oder Notizen eingegeben werden.
In die weißen Felder werden die Gewichte der Frischmasse eingegeben.
Die grünen Felder weisen das Ergebnis aus.

Landwirtschafts-
kammer
Schleswig-Holstein

Schlag:

Anbaujahr:

Schlagbezogene Angaben

Sorte: 	N-Düngung im Herbst
Datum Aussaat: 	mineral. kg N/ha:
Datum Probenahme: 	Gülle kg N/ha:

Fläche der Probenahme: 1 m²

Berechnung der Stickstoffaufnahme im Herbst bei Vegetationsende

Annahmen:
mittlerer Trockensubstanzgehalt der Frischmasse = 10%
mittlere N-Konzentration = 4,5%

1) Die Eingabewerte für die FM müssen zwischen 0,001 und 4,000 liegen.

Probe Nr.	Eingabefeld =>	Oberirdische Frischmasse ¹⁾ kg FM/m ²	x	Faktor	=	N im Bestand im Herbst kg N/ha
1	Eingabefeld =>	1,493	x	45	=	67
2	Eingabefeld =>		x	45	=	
3	Eingabefeld =>		x	45	=	
4	Eingabefeld =>		x	45	=	
5	Eingabefeld =>		x	45	=	
6	Eingabefeld =>		x	45	=	
Mittel	----	----		----		67

Zwischenergebnis

Berechnung des anrechenbaren Stickstoffs bei der N-Düngung im Frühjahr

N im Bestand im Herbst	N im Bestand Basiswert	=	N über/unter Basiswert	x	N anrechenbar (70%)	=	N Abschlag oder Zuschlag im Frühjahr
kg N/ha	kg N/ha		kg N/ha		Faktor		kg N/ha ²⁾
67	-	=	17	x	0,70	=	12

2) Ergebnis und Bedeutung

höhere N-Aufnahme im Herbst => Abschlag vom N-Sollwert im Frühjahr in Höhe von ... kg N/ha	-12
geringere N-Aufnahme im Herbst => Zuschlag auf den N-Sollwert im Frühjahr in Höhe von ... kg N/ha	

Die N-Aufnahme des Bestandes in Höhe von 67 kg/ha N liegt über dem Basiswert von 50 kg/ha N. Im Frühjahr kann ein Abschlag vom Sollwert von -12 kg/ha N vorgenommen werden.

Notizen:

© Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Pflanzenbau, Öl- und Eiweißpflanzen, Dr. W. Sauemann

Ergebnisse der Feldversuche

Kornerträge – absolut und N-kostenfrei

Die Kornerträge von Winterraps im Mittel über alle Jahre und Standorte sind in Abbildung 1 differenziert nach den Versuchsblöcken „ohne“ und „mit Herbstdüngung“ dargestellt. Die Erträge des Blocks „mit Herbstdüngung“ konnten durchwegs statistisch abgesichert werden (s. Tabellenanhang „statistische Kennzahlen“). Betrachtet man in diesem Zusammenhang jedoch die Ergebnisse der Frühjahrsdüngung – differenziert nach den Blöcken „ohne“ bzw. „mit Herbstdüngung“ -, so erkennt man deutlich, dass eine Frühjahrsgabe von mehr als 150 kg N/ha (= N 1) keine signifikante Ertragssteigerung mehr bewirkt hat (Abbildung 2 bis Abbildung 4). Abgesehen von wenigen echten Ertragsunterschieden, insbesondere bei Einzelbetrachtung der Standorte über den Versuchszeitraum (s. Tabellenanhang „statistische Kennzahlen II“) verschwinden nun die Vorzüge einer Herbstdüngung zunehmend. Folglich ist bei der Entscheidungsfindung, ob eine Herbstdüngung ausgebracht werden soll oder nicht, zunächst die Situation am Standort (Vorfrucht, Strohverbleib, Wasserversorgung, Vegetationszeit bis zur Winterruhe etc.) in den Vordergrund zu stellen. Da die Wirtschaftlichkeit einer Herbst-N-Gabe folglich unsicher ist, muss daher besonders deren ökologischer Aspekt wie Rest-Nitratwerte nach der Ernte, Wasserschutz etc. in die Entscheidungsfindung einfließen.

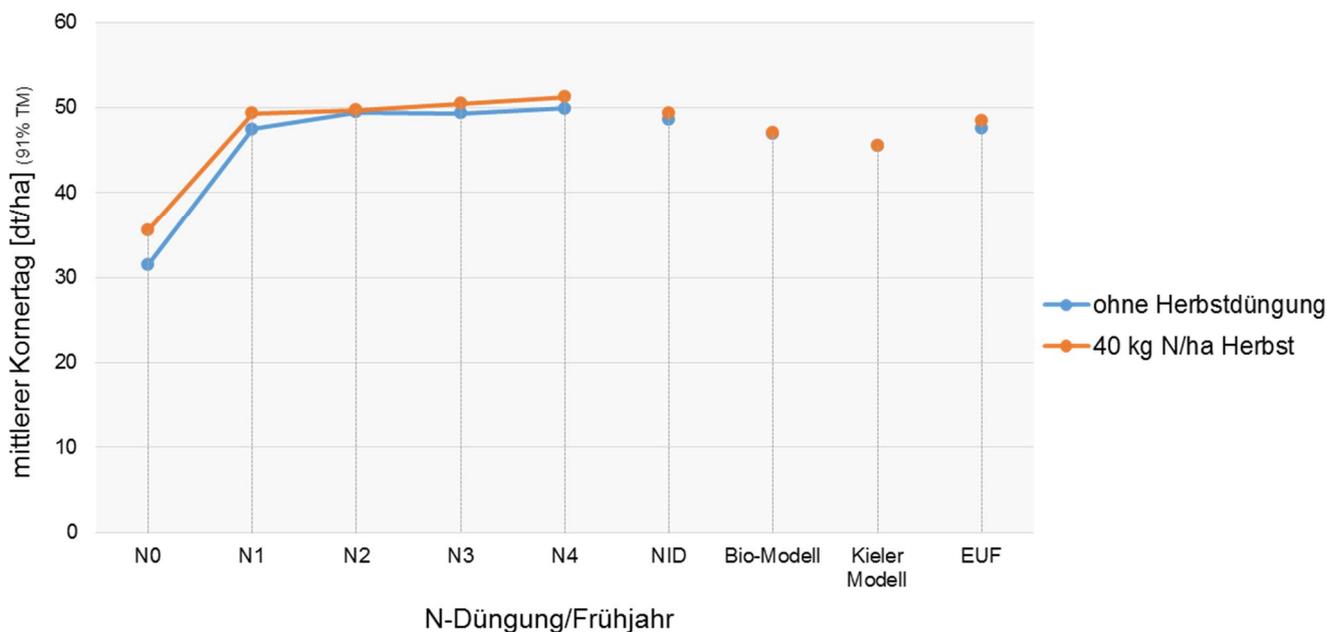


Abbildung 1: Mittlere Kornerträge [dt TM/ha] über alle Jahre und Standorte

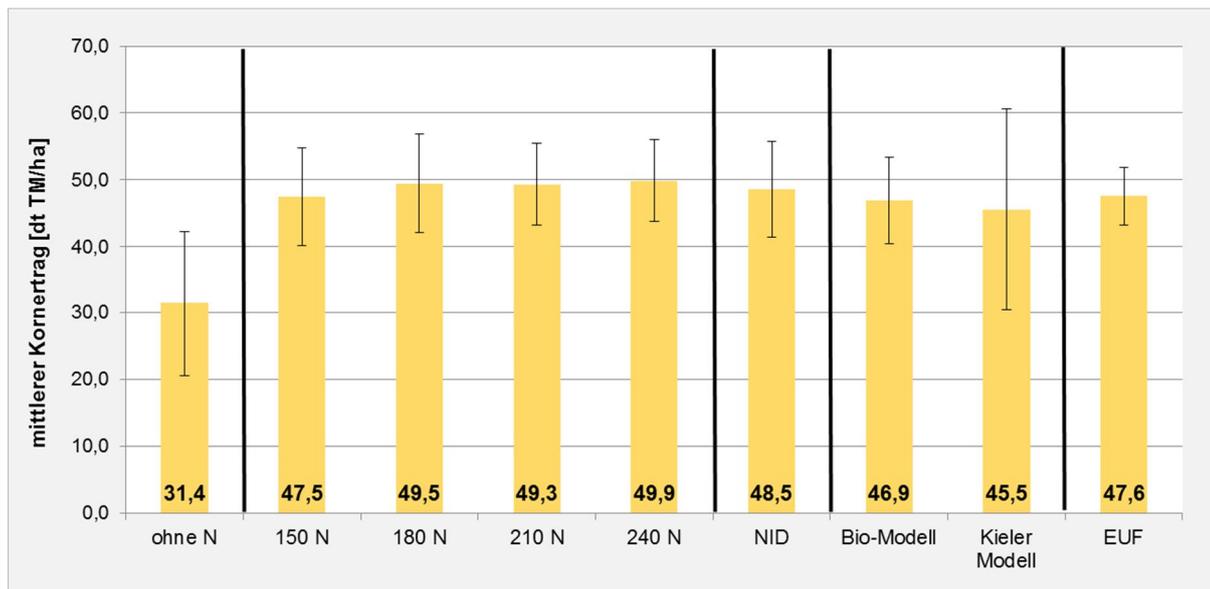


Abbildung 2: Mittlere Kornerträge [dt TM/ha] der Frühjahrsvarianten über alle Jahre und Standorte sowie Standardabweichungen ohne Herbstdüngung

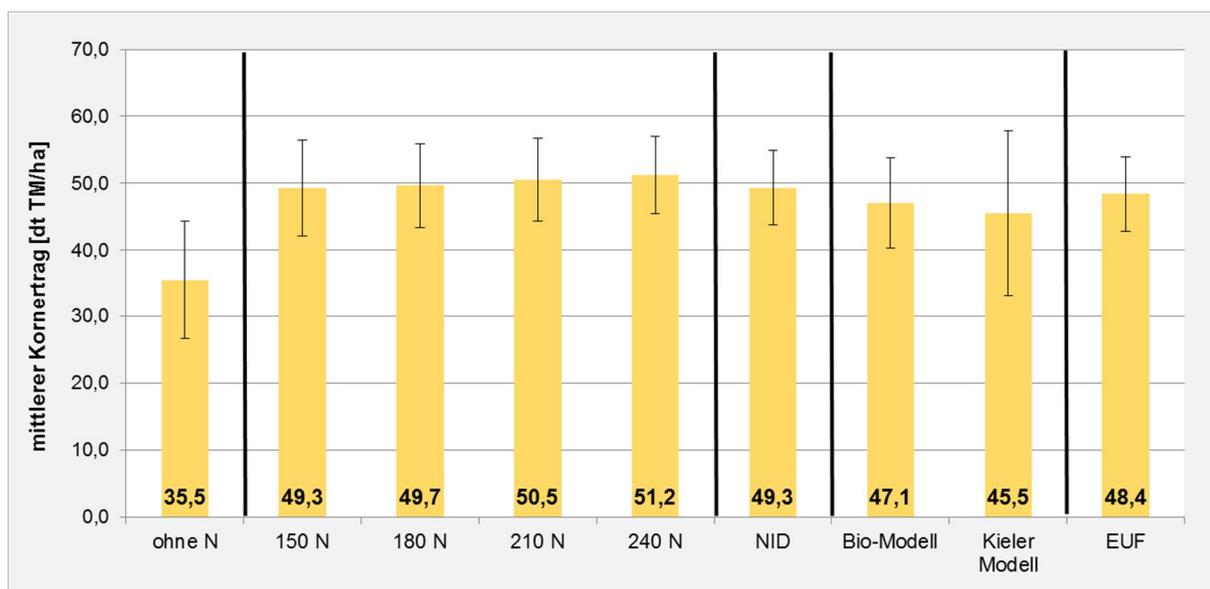


Abbildung 3: Mittlere Kornerträge [dt TM/ha] der Frühjahrsvarianten über alle Jahre und Standorte sowie Standardabweichungen mit Herbstdüngung

Das Ertragsoptimum von ca. 5 t/ha TM wurde unabhängig von einer Herbstdüngung mit ca. 180 kg N/ha im Frühjahr erreicht. Dieses Düngungsniveau wurde mit sehr guter Wiederholbarkeit auch mit dem NID-Verfahren B.-W. – wiederum unabhängig von einer Herbst-N-Gabe - erzielt.

Tabelle 2: statistische Beschreibung der Versuche – KORNERTRAG

Düngungstermine	Jahre	Standorte	N-Düngung/Frühjahr
[Signifikanz: 0,05 %]			
Herbstdüngung (über alle VG)	2012 < 2013	<u>Hohenlohe</u> > Kraichgau	ohne Herbst-N < mit Herbst-N
	2012 < 2014	<u>Hohenlohe</u> < Neckar-Odenwald	
	2012 > 2015	<u>Kraichgau</u> < Hohenlohe	
	2013 < 2014		
	2013 > 2015		
	2014 > 2015		
Frühjahrsdüngung (ohne Herbstdüngung)	2012 < 2013	<u>Hohenlohe</u> > Kraichgau	NID keine sign. Unterschiede Bio-Modell keine sign. Unterschiede Kieler Modell keine sign. Unterschiede
	2012 < 2014	<u>Hohenlohe</u> > Neckar-Odenwald	
	2012 > 2015	<u>Kraichgau</u> < Hohenlohe	
	2013 < 2014		
	2013 > 2015		
	2014 > 2015		
Frühjahrsdüngung (mit Herbstdüngung)	2012 < 2013	<u>Hohenlohe</u> > Kraichgau	NID keine sign. Unterschiede Bio-Modell << 210 und 240 N-Variante Kieler Modell keine sign. Unterschiede
	2012 < 2014	<u>Hohenlohe</u> < Neckar-Odenwald	
	2012 > 2015	<u>Kraichgau</u> < Hohenlohe	
	2013 < 2014		
	2013 > 2015		
	2014 > 2015		

Dagegen ist bei dem geprüften Frischmasse-Verfahren „Bio-Modell“ unter Einbeziehung der Vorwinter-Entwicklung ein tendenziell abnehmender Ertrag zu beobachten. Dies ist letztendlich dem um 40 bis 50 kg/ha geringeren N-Düngeniveau geschuldet (Tabelle 3), jedoch statistisch nur in Einzelfällen abzusichern. Betrachtet man die einzelnen Standorte (Tabelle 2 und Tabelle 5), so zeigen sich hier unabhängig vom Versuchsjahr die höchsten Unterschiede im Kornertrag, aber auch in der Kornqualität im Versuchsverlauf.

Tabelle 3: Mittlere Höhe der N-Frühjahrsgaben [kg/ha] nach NID, Biomasse-Modelle und EUF

Verfahren	NID		Bio-Modell		Kieler Modell		EUF	
	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit
Herbstdüngung								
Frühjahrsdüngung	181	171	143	122	172	150	212	202

Zur vereinfachten Beurteilung der Wirtschaftlichkeit (Abbildung 4, Abbildung 5) wurde der N-kostenfreie Ertrag berechnet. Als Berechnungsgrundlagen dienten folgende Kenngrößen (unterstellte Preise für N-Dünger sowie Rapskorn im Mittel der Versuchsjahre):

- Preis für 1 kg Rein.N: 0,89 €(Mischkalkulation f. KAS und ASS!)
- Preis für 1 dt Rapskorn: 30.- €
- Kosten für die Ausbringung der N-Düngung: 15.- €je Termin

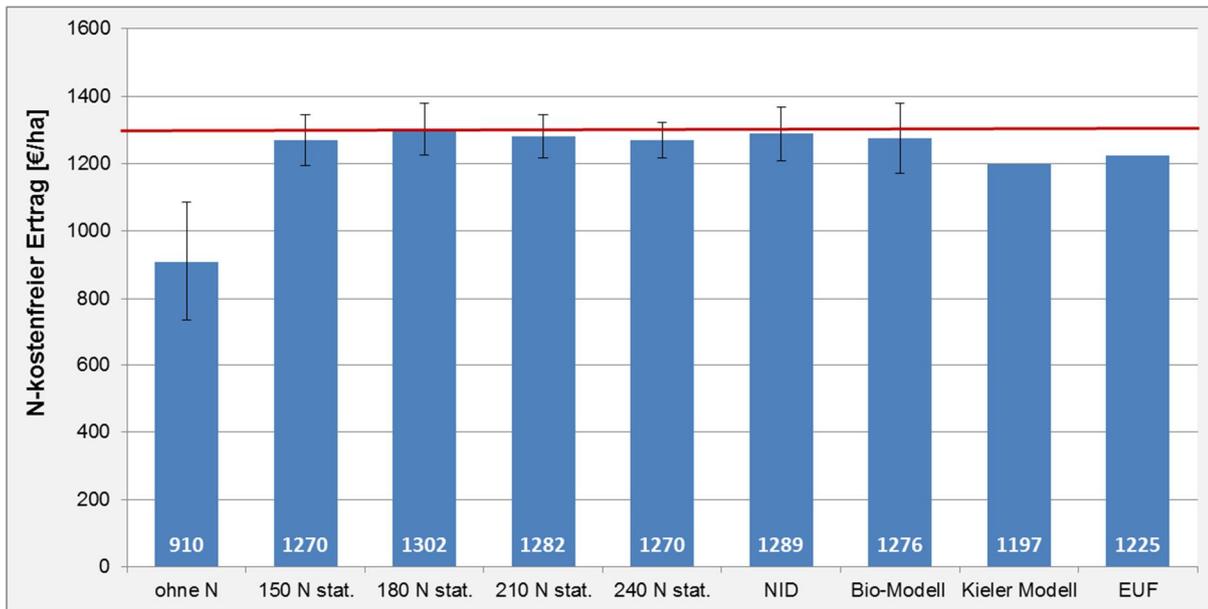


Abbildung 4: Mittlere N-kostenfreie Erträge [€/ha] der Frühjahrsvarianten über alle Jahre und Standorte sowie Standardabweichungen ohne Herbstdüngung (rote Linie = gewichtetes Mittel)

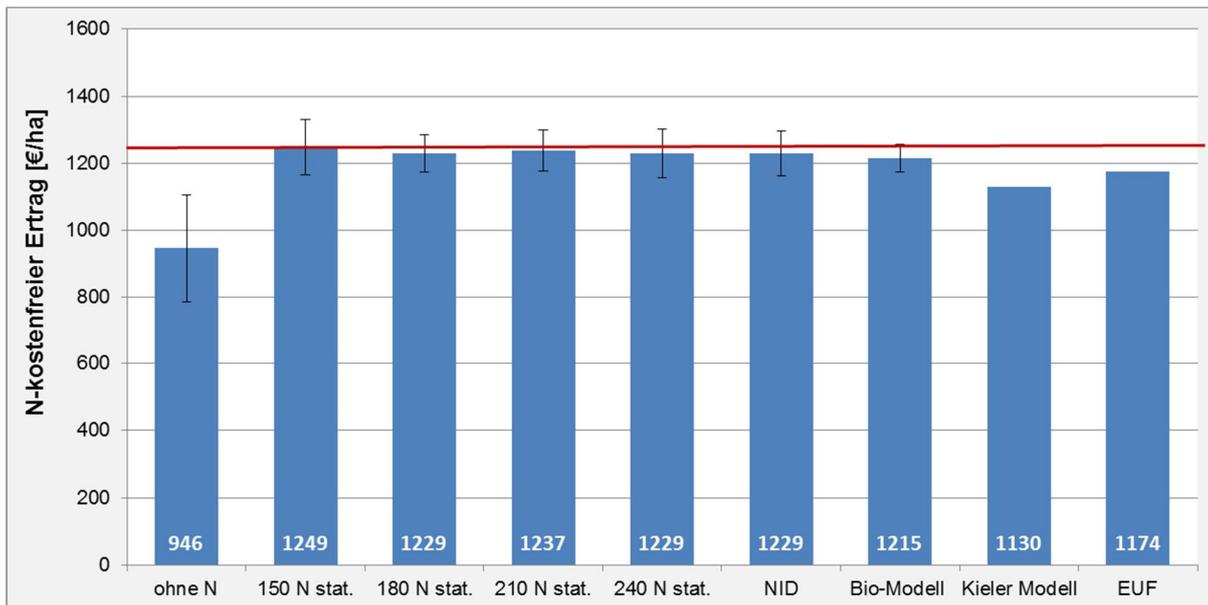


Abbildung 5: Mittlere N-kostenfreie Erträge [€/ha] der Frühjahrsvarianten über alle Jahre und Standorte sowie Standardabweichungen mit Herbstdüngung (rote Linie = gewichtetes Mittel)

Erwartungsgemäß sind die Geldroherträge im Block „mit Herbstdüngung“ im Mittel mit 1.231.- € niedriger als „ohne Herbstdüngung“ im Mittel mit 1.281.- € da der zusätzliche Aufwand für die Düngung von den – nicht immer gesicherten – Mehrerträgen nicht vollständig kompensiert wurde. Die Unterschiede zwischen den gedüngten Varianten sind in den jeweiligen Herbstblöcken mit Ausnahme der einjährig geprüften Systeme „Kieler Modell“ und „EUF“ gering. Jedoch ist eine Tendenz zu erkennen, dass „ohne Herbstdüngung“ mit einer Frühjahrsgabe von max. 180 kg N/ha das Optimum erzielt werden kann. Im Block „mit Herbstdüngung“ geht der Trend in der Konsequenz in Richtung 150 kg N/ha. Wird dies in der Praxis beachtet, ist gegen ein entsprechendes Verfahren „Herbstdüngung mit reduzierter Frühjahrsgabe“ unter entsprechenden Standortfaktoren und betrieblichen Rahmenbedingungen auch ökologisch nichts einzuwenden (s. Abbildung 9 und Tabelle 8).

Qualitätsparameter – Rohprotein, Öl und Tausendkornmasse

Obwohl der Rohproteingehalt bei Körnertraps nicht das entscheidende Qualitätskriterium darstellt, ist er für die Bewertung der N-Effizienz wichtig und wurde daher ermittelt (Tabelle 4 und Abbildung 4) und statistisch beschrieben (Tabellenanhang).

Tabelle 4: Kornqualität im Mittel der Jahre und Standorte

Dg. System	Herbst	Frühjahr	Σ N-Düngung	Rohprotein	Öl	TKM
	[kg N/ha]			[% TM]		[g]
N0	0	0	0	14,0	49,1	5,0
N1	0	150	150	15,8	47,1	4,5
N2	0	180	180	16,5	46,4	4,4
N3	0	210	210	16,9	46,1	4,4
N4	0	240	240	17,2	45,8	4,5
NID	0	181	181	16,2	46,8	4,5
Bio-Modell	0	143	143	15,7	47,1	4,5
Kieler Modell	0	172	172	16,9	43,4	4,1
EUF	0	212	212	17,5	49,6	5,9
N0	40	0	40	14,0	48,8	4,8
N1	40	150	190	16,0	47,0	4,5
N2	40	180	220	16,7	46,2	4,5
N3	40	210	250	17,0	46,0	4,4
N4	40	240	280	17,5	45,6	4,6
NID	40	171	211	16,4	46,4	4,5
Bio-Modell	40	122	162	15,6	47,3	4,5
Kieler Modell	40	150	190	16,6	43,8	4,0
EUF	40	202	242	17,7	49,2	5,9

Die Rohproteingehalte steigen tendenziell wie der Kornerträge bis zur höchsten N-Stufe (240 kg/ha) kontinuierlich an und gehen in Folge geringerer N-Düngung bei den Verfahren „NID“ und „Bio-Modell“ wieder deutlich zurück. Eine N-Gabe im Herbst hatte einen geringfügig höheren Rohproteingehalt zur Folge, der jedoch nicht abzusichern war.

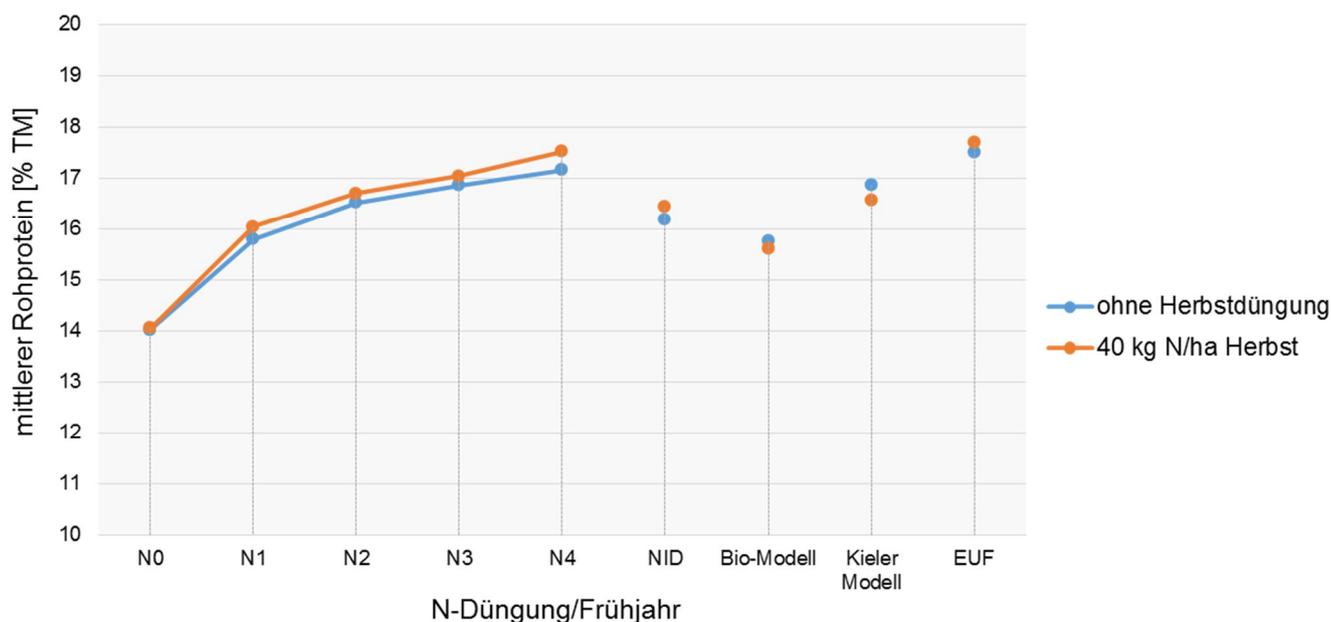


Abbildung 6: Mittlere Rohproteingehalte [% TM] über alle Jahre und Standorte

Tabelle 5: statistische Beschreibung der Versuche – ROHPROTEIN

Düngungstermine	Jahre	Standorte	N-Düngung/Frühjahr
[Signifikanz: 0,05 %]			
Herbstdüngung (über alle VG)	2012 > 2013	Hohenlohe > Kraichgau	ohne Herbst-N < mit Herbst-N
	2012 > 2014	Hohenlohe > Neckar-Odenwald	
	2012 > 2015		
	2013 > 2014	Kraichgau < Hohenlohe	
	2013 > 2015		
	2014 < 2015		
Frühjahrsdüngung (ohne Herstdüngung)	2012 > 2013	Hohenlohe > Kraichgau	gedüngte VG >> ohne N NID < 210 und 240 N-Varianten Bio-Modell < 180, 210 und 240 N-Varianten sowie Kieler Modell Kieler Modell < 150, 210 und 240 N-Varianten > Bio-Modell
	2012 > 2014	Hohenlohe > Neckar-Odenwald	
	2012 > 2015		
	2013 > 2014	Kraichgau < Hohenlohe	
	2013 > 2015		
	2014 < 2015		
Frühjahrsdüngung (mit Herstdüngung)	2012 > 2013	Hohenlohe > Kraichgau	gedüngte VG >> ohne N NID < 210 und 240 N-Varianten > Bio-Modell Bio-Modell << 180, 210 und 240 N-Variante < NID und Kieler Modell Kieler Modell < 210 und 240 N-Varianten > Bio-Modell
	2012 > 2014	Hohenlohe > Neckar-Odenwald	
	2012 > 2015		
	2013 > 2014	Kraichgau < Hohenlohe	
	2013 > 2015		
	2014 < 2015		

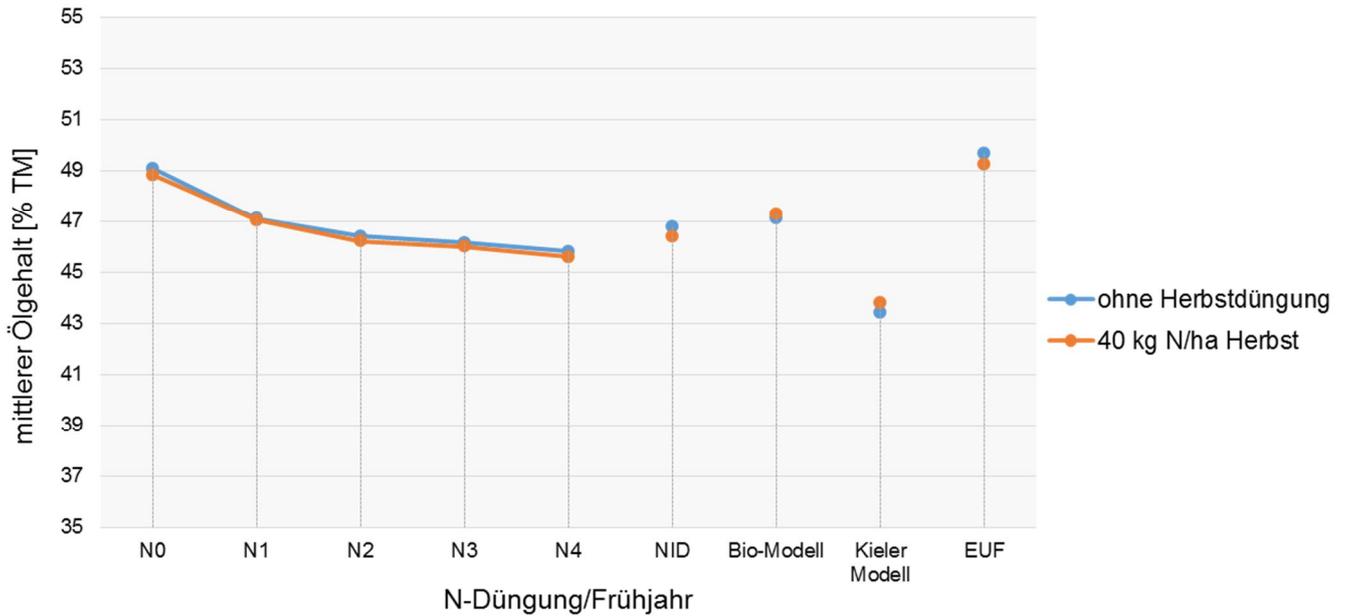


Abbildung 7: Mittlere Ölgehalte [% TM] über alle Jahre und Standorte

Tabelle 6: statistische Beschreibung der Versuche – ÖLGEHALT

Düngungstermine	Jahre	Standorte	N-Düngung/Frühjahr
[Signifikanz: 0,05 %]			
Herbstdüngung (über alle VG)	2013 > 2014	Hohenlohe < Kraichgau	ohne Herbst-N > mit Herbst-N
	2013 > 2015	Hohenlohe < Neckar-Odenwald	
	2014 > 2015		
Frühjahrsdüngung (ohne Herbstdüngung)	2013 > 2014	Hohenlohe < Kraichgau	gedüngte VG > ohne N NID > 210 und 240 N-Varianten Bio-Modell > 180, 210 und 240 N-Varianten sowie Kieler Modell Kieler Modell < 150 N Variante und Bio-Modell > 240 N Variante
	2013 > 2015	Hohenlohe < Neckar-Odenwald	
	2014 > 2015	Kraichgau > Hohenlohe	
Frühjahrsdüngung (mit Herbstdüngung)	2013 > 2014	Hohenlohe < Kraichgau	gedüngte VG << ohne N NID < Kontrolle > 210 und 240 N-Varianten > Bio-Modell Bio-Modell < Kontrolle > alle gedüngten Varianten Kieler Modell < Kontrolle, 210 und 240 N-Varianten sowie Bio-Modell
	2013 > 2015	Hohenlohe < Neckar-Odenwald	
	2014 > 2015	Kraichgau > Hohenlohe	

Da der Ölgehalt der Rapskörner in geringem Umfang auch von der gedüngten N-Menge abhängt - als Faustzahl gilt, dass je 100 kg gedüngtem Stickstoff der Ölgehalt um einen Prozentpunkt sinkt - überrascht es nicht, dass die Ölgehalte kontinuierlich mit steigenden N-Gaben im Block mit statischer N-Steigerung abnehmen.

Im Falle einer bedarfsgerechten Düngung nach NID wird dies bestätigt. Als optimal hat sich in diesem Zusammenhang eine N-Gabe von etwa 150 kg/ha in Frühjahr herausgestellt. Die Herbstdüngung hat erwartungsgemäß keinen Einfluss auf den Ölgehalt.

Die Ausbildung der Tausendkornmasse (TKM) variiert ebenfalls sehr wenig und unterliegt stärker dem Wechselspiel zwischen Ertragshöhe und Kornausbildung negativ korreliert.

N-Dynamik – N-Saldo, Rest-N (n. Ernte) und N-Effizienz

Die derzeit gültige Düngeverordnung (DüV) ermöglicht einen N-Überschuss (N-Saldo) von 60 kg/ha und Jahr im Mittel der landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) eines Betriebes im 3 jährigen Durchschnitt. Dieser Wert wird im Mittel der Versuche im Block „ohne Herbstdüngung“ nur in den Varianten mit 150 und 180 kg N/ha statisch (N1 und N2) sowie vom Bio- und Kieler Modell erreicht (Tabelle 7). Die Variante nach NID liegt knapp über diesem Wert.

Bei zusätzlicher Herbstdüngung überschreiten die N-Salden aller Versuchsglieder – ausgenommen das Bio-Modell - diese Obergrenze deutlich. Dies ist in beiden Fällen eindeutig der gegenüber den Vergleichsvarianten reduzierten Frühjahrsdüngung zuzuschreiben.

In der Gesamtschau zeigt und bestätigt sich, dass alle Düngungsstufen, die oberhalb einer Frühjahrsgabe von 180 kg N/ha - besonders bei einer zusätzlicher Herbstgabe von 40 kg N/ha - liegen, das mittlere N-Saldo eines Betriebes deutlich „belasten“ und früher oder später dazu führen (müssen), bei den nachfolgenden Kulturen entsprechend Stickstoff einzusparen. Dies wiederum kann durchaus zu Lasten des Ertrages oder der Qualität dieser Folgekulturen führen und nun den Betrieb ökonomisch „belasten“.

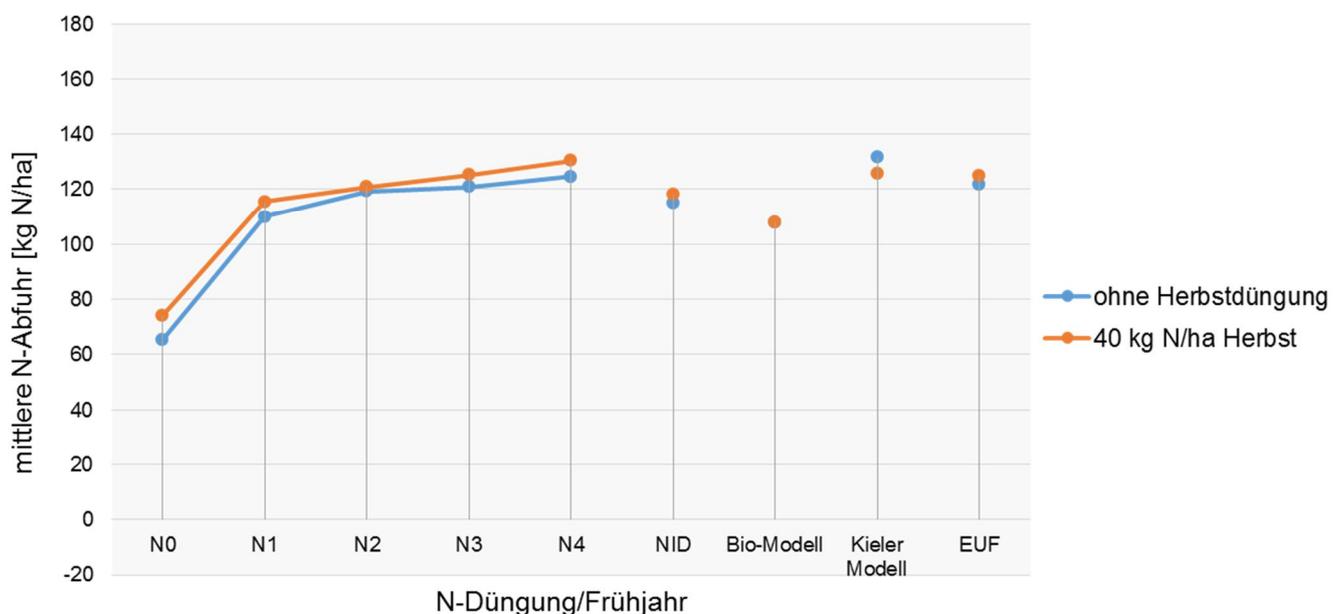


Abbildung 8: Mittlere N-Abfuhr [kg N/ha] über alle Jahre und Standorte

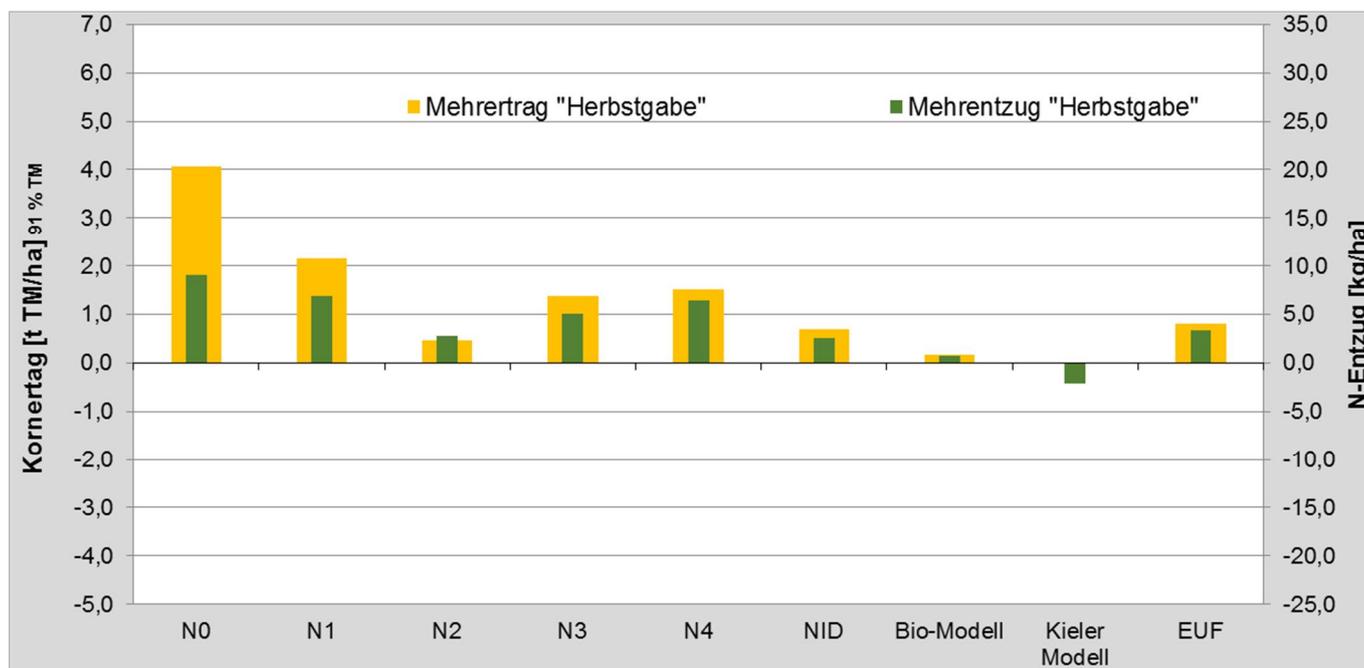


Abbildung 9: Ertrags- und N-Entzugs-Situation einer Herbst-N-Gabe (über alle Jahre und Standorte)

Tabelle 7: Kenndaten (1) der N-Dynamik im Mittel der Jahre und Standorte

Dg. System	Herbst	Frühjahr	Σ N-Düngung	N-Abfuhr	N-Saldo
	[kg N/ha]				
N0	0	0	0	65	
N1	0	150	150	110	40
N2	0	180	180	119	61
N3	0	210	210	121	89
N4	0	240	240	125	115
NID	0	181	181	115	66
Bio-Modell	0	143	143	108	35
Kieler Modell	0	172	172	111	61
EUF	0	212	212	122	90
N0	40	0	40	74	-34
N1	40	150	190	116	74
N2	40	180	220	121	99
N3	40	210	250	125	125
N4	40	240	280	130	150
NID	40	171	211	118	93
Bio-Modell	40	122	162	108	54
Kieler Modell	40	150	190	109	81
EUF	40	202	242	125	117

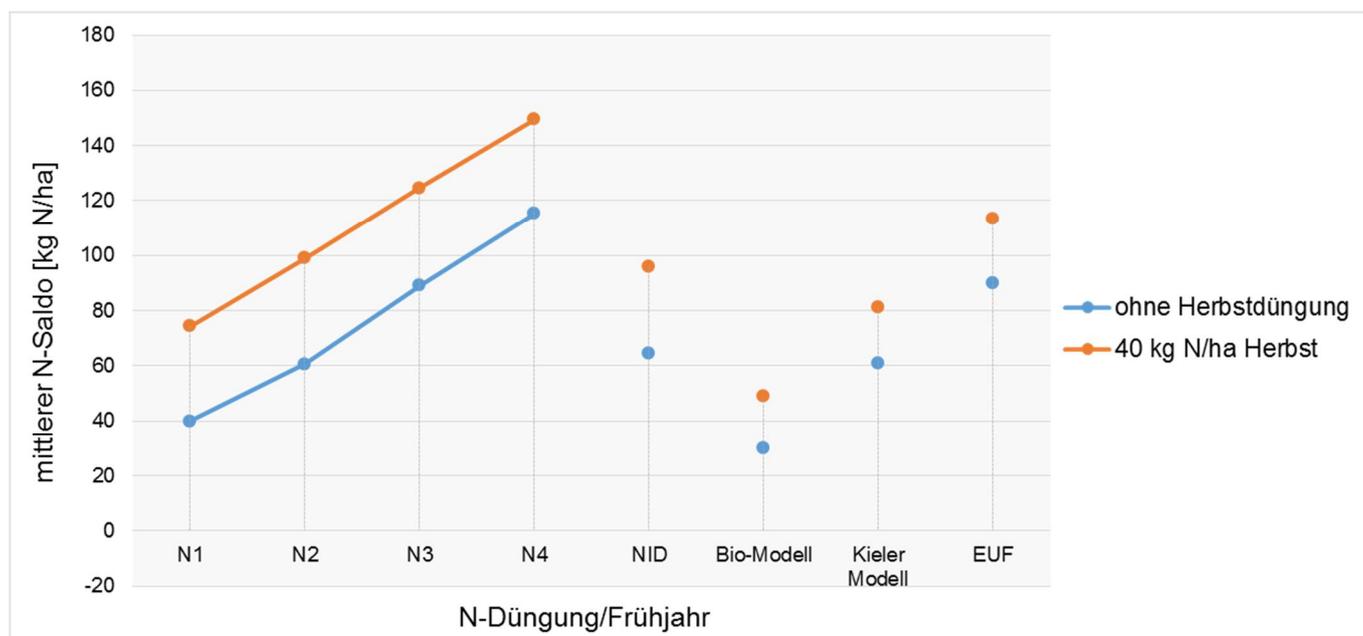


Abbildung 10: Mittlerer N-Saldo [kg N/ha] über alle Jahre und Standorte

Tabelle 8: Kenndaten (2) der N-Dynamik im Mittel der Jahre und Standorte

Dg. System	Herbst	Frühjahr	Σ N-Düngung	$N_{min}/n.$ Ernte	N-Effizienz
	[kg N/ha]				[netto %]
N0	0	0	0	27	
N1	0	150	150	35	0,58
N2	0	180	180	48	0,53
N3	0	210	210	45	0,46
N4	0	240	240	57	0,42
NID	0	181	181	41	0,51
Bio-Modell	0	143	143	35	0,63
Kieler Modell	0	172	172	32	0,64
EUf	0	212	212	48	0,41
N0	40	0	40	30	
N1	40	150	190	40	0,54
N2	40	180	220	49	0,49
N3	40	210	250	61	0,45
N4	40	240	280	70	0,42
NID	40	171	211	53	0,50
Bio-Modell	40	122	162	33	0,62
Kieler Modell	40	150	190	27	0,63
EUf	40	202	242	50	0,39

Die N-Effizienz (Tabelle 8) beschreibt letztendlich die Ausnutzung des gedüngten Stickstoffs über die Kornabfuhr unter Berücksichtigung der zusätzlichen N-Nachlieferung aus der Bodenreserve, die mittels der Variante „ohne N-Düngung“ gut beschrieben werden kann. Demnach wird bei den Systemen auf Basis der Biomasse-Bestimmung im zeitigen Frühjahr (Bio-Modell und Kieler Modell) unabhängig von einer Herstdüngung die beste N-Effizienz (N-Düngeniveau!) erreicht, gefolgt von der niedrigsten statischen N-Stufe mit 150 kg N/ha und der NID-Empfehlung. Je höher die N-Düngung, desto niedriger berechnet sich die N-Effizienz des jeweiligen Systems.

Die N_{\min} -Gehalte bis 90 cm Bodentiefe lagen im Mittel der Jahre und Standorte im Frühjahr nach einer Herbstdüngung mit 40 kg N/ha zwischen 3 und 58 kg/ha, ohne Herbstdüngung bei 5 bis 37 kg/ha (s. Anhang Teil 1 Einzelstandorte). Da die Rapswurzeln im Herbst sehr rasch bis in Tiefen von 90 cm vordringen, ist eine effektive N-Aufnahme des im Boden vorhandenen Stickstoffs in den meisten Fällen in Abhängigkeit von der Vorwinterentwicklung meist gewährleistet. Daher ist unter gut entwickelten Rapsbeständen kaum mit einer N-Auswaschung über Winter zu rechnen. Als Ausnahme anzusprechen ist der Standort „Neckar-Odenwald“ im Versuchsjahr 2014/15 mit überraschend hohen N-Startwerten zu Vegetationsbeginn unabhängig von einer Herbst-N-Gabe.

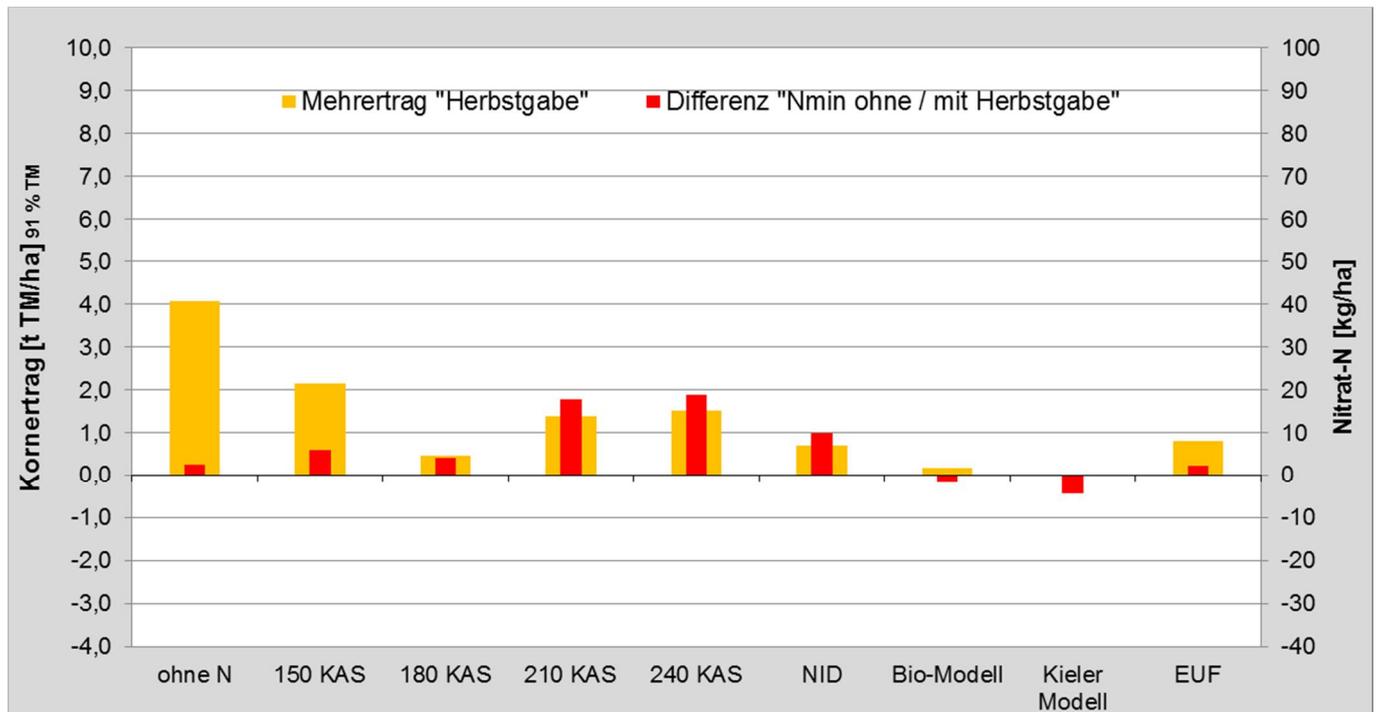


Abbildung 11: Ertrags- und N_{\min} -Situation einer Herbst-N-Gabe (über alle Jahre und Standorte)

Die nach der Kornernte gemessenen Rest-Nitratwerte bis 90 cm Bodentiefe verdeutlichen das Problem einer überhöhten N-Frühjahrsdüngung, besonders im Falle einer zusätzlichen Herbst-N-Gabe auf (Tabelle 8 und Abbildung 12). Trotz im Mittel der Jahre sehr hoher Kornerträge von ca. 5 t/ha Trockenmasse waren die N_{\min} -Gehalte der Varianten N3 und N4 – besonders im Block „Herbstdüngung“ – der Standorte Hohenlohe und Neckar-Odenwald deutlich erhöht. Dies trifft sogar auf die meist verhaltener gedüngten „NID-Varianten“ zu. Nur beim Versuchsglied „Bio-Modell“ waren die Rest-N-Werte in Folge niedrigerer N-Düngung insbesondere im Block „mit Herbstdüngung“ nochmals reduziert. Noch deutlicher wird dies bei der Betrachtung der Einzelstandorte über die Jahre, da nun das tatsächliche Ertragspotential des jeweiligen Standortes unter dem Einfluss der Jahreswitterung noch stärker zum Tragen kommt (s. Anhang Teil 1). An den Standorten „Hohenlohe“ und „Neckar-Odenwald“ waren die Nitrat-N-Werte deutlich höher als am Standort „Kraichgau“ (Abbildung 13). Dies könnte auch eine Folge intensiverer N-Nachlieferung während der Vegetationsperiode gewesen sein, die wohl im Zuge stark variierender Wasserversorgung am Standort Kraichgau eher begrenzend war als auf den Vergleichsstandorten. Ein ebenfalls wichtiges Kriterium stellt in diesem Zusammenhang die organische Düngung früherer Jahre, wie dies an den Standorten „Hohenlohe“ sowie „Neckar-Odenwald“ der Fall war, dar.

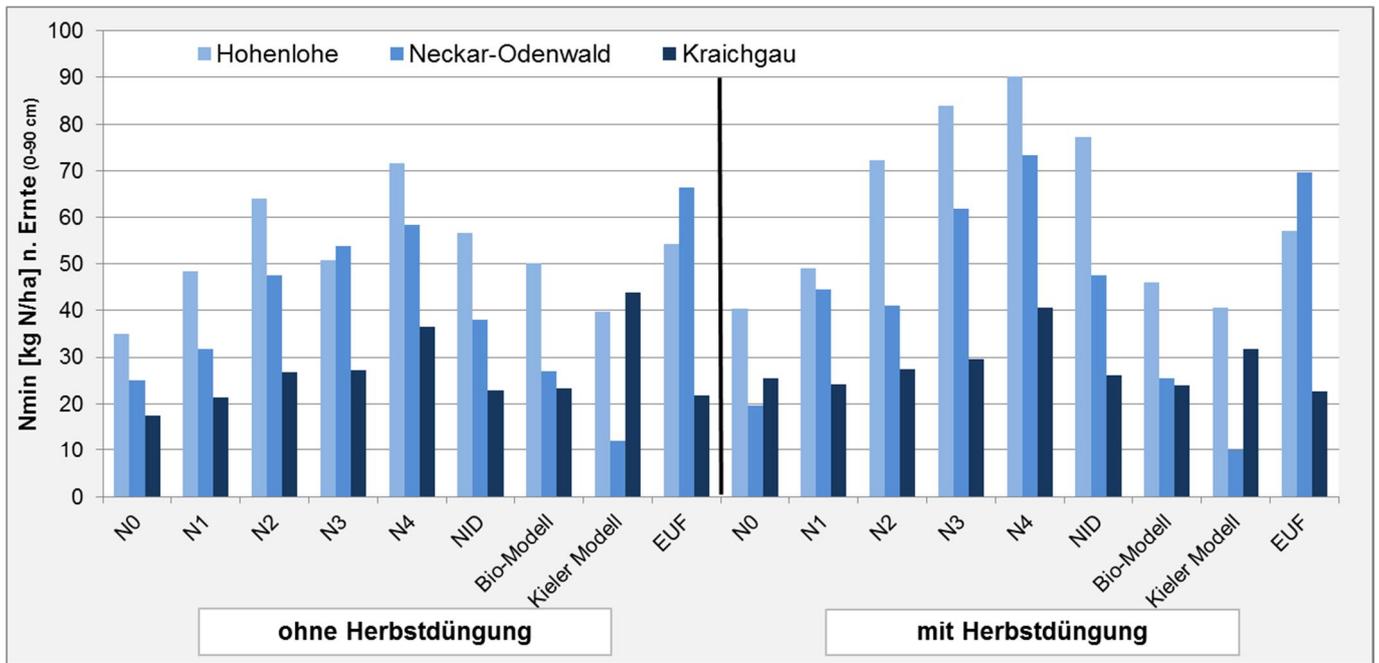


Abbildung 12: N_{min} (n. Ernte) „ohne“ und „mit Herbstdüngung“ (über alle Jahre im Mittel der Standorte)

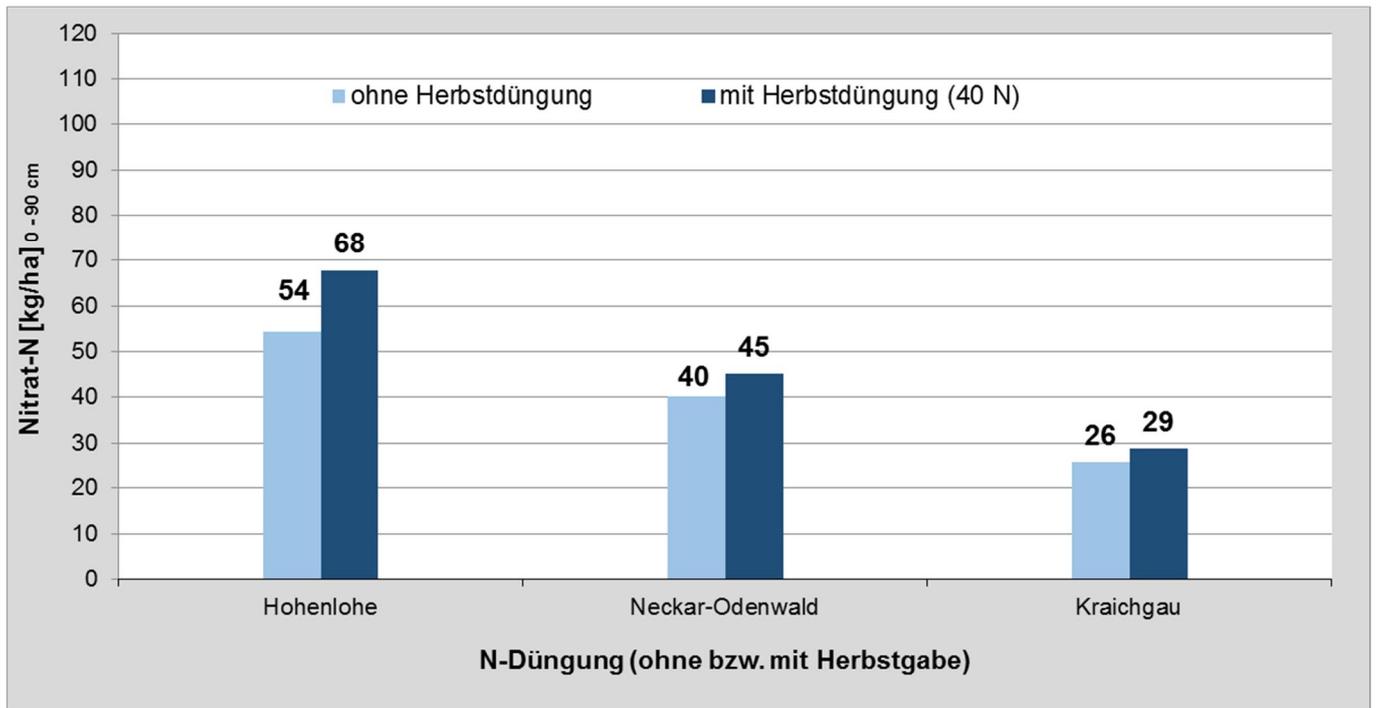


Abbildung 13: N_{min} „ohne“ und „mit Herbstdüngung“ (über alle Jahre und Varianten im Mittel der Standorte)

Fazit

- Eine Herbstdüngung hatte in den Versuchen zunächst eine gesicherte Verbesserung der Kornerträge und Kornqualitäten zur Folge.
- Betrachtet man jedoch den Einfluss einer Herbst-N-Gabe auf die nachfolgende Frühjahrsdüngung, so relativiert sich dieser positive Effekt deutlich. Folglich müssen bei einer Entscheidung für eine Herbstdüngung mögliche ökologische Risiken besonders berücksichtigt werden.
- Biomasse-Modelle könnten hierbei helfen, da diese die Genauigkeit der Düngebedarfsermittlung verbessern und so das Risiko einer überhöhten Frühjahrsdüngung verringern können. Sie erfordern jedoch eine genauere Beobachtung des Pflanzenbestandes je nach Modell eingangs oder ausgangs Winter. Dies bedeutet einen zusätzlichen Zeitaufwand einerseits für die Erfassung der pflanzlichen Biomasse, dient andererseits jedoch auch einer intensiveren Bestandesführung - insbesondere aus Sicht der Pflanzengesundheit -.
- Im Mittel der Versuche wurden mit einer statischen Frühjahrsdüngung von 180 kg N/ha ähnlich hohe Kornerträge erzielt wie mit 210 bzw. 240 kg N/ha. Die Varianten auf Basis der NID-Berechnung (im Mittel 181 bzw. 171 kg/ha N-Zufuhr), aber auch der einjährig geprüften EUF-Empfehlung, erreichten diese Höchsterträge ebenfalls.
- Das französische Biomasse-Modell (Bio-Modell) erwies sich trotz deutlich reduziertem N-Aufwand von 143 bzw. 122 kg N/ha im Mittel der Jahre und Standorte als konkurrenzfähig. In Folge des niedrigeren N-Inputs waren zwar die Rohproteingehalte verringert, die ökonomisch relevanten Ölgehalte jedoch höher. Entsprechend waren die N-Salden niedriger, die N-Effizienz in der Konsequenz dadurch wiederum besser als bei den Vergleichsvarianten.
- Die Rest-Nitrat-Werte nach der Ernte unterschieden sich – im Mittel der Jahre und Standorte - nur geringfügig zwischen den Versuchsgliedern, wiederum mit Vorteilen auf Seiten der „Bio-Modelle“, waren jedoch im Falle einer Herbst-N-Gabe durchwegs höher.
- Den größten Einfluss auf die Rest-N-Werte hatten erwartungsgemäß die Jahreswitterung und die N-Dynamik der Einzelstandorte.
- Die N-Düngeberechnung mittels NID bestätigte im Rahmen der mehrjährigen Versuche das Düngungsoptimum aus ökonomischer wie ökologischer Sicht.
- Zunehmende Witterungsunsicherheiten lassen sich nicht automatisch mit höheren N-Gaben - selbst im zeitigen Frühjahr - kompensieren. Vielmehr kommt es darauf an, mögliche Engpässe in der Wasserversorgung im Frühsommer durch eine dem Standort angepasste Ertragsprognose mit entsprechender N-Düngung (Höhe und Verteilung!) auszugleichen und so das langjährig mögliche Ertragspotential auszuschöpfen.
- Injektionsverfahren könnten auch im Rapsanbau helfen, das ökonomische Ergebnis zu stabilisieren und die ökologischen Risiken hierbei zu minimieren.

Anhang – Teil 1

Kurzbeschreibung der Einzelstandorte mit Ergebnissen

Standort – Hohenlohe

Tabelle 1: Bodenkenndaten (Beispiel 2012) und **N_{min}-Situation** (Einzeljahre)

Bodenart		tL
Humus	[% TM]	2,8
Ges. N		0,16
pH		6,8
P ₂ O ₅	[mg/100 g B.]	16
K ₂ O		24
Mg		11
Bor	[mg/kg]	0,71

N _{min} [kg/ha] 0-90 cm	2012	2013	2014	2015
Start-Herbst	30 / 18 / -	5 / 4 / 3	9 / 7 / 4	11 / 8 / 2
Vegetationsbeginn	ohne HD ^{*)}	12 / 8 / 6	10 / 4 / 1	4 / 3 / -
	mit HD ^{*)}	4 / 11 / 22	9 / 4 / 1	3 / 1 / 2

^{*)} ohne bzw. mit Herbstdüngung

Tabelle 2: Niederschläge [mm] und Wasserbilanz im Versuchszeitraum

Veg. Jahr	Herbst (Sept. - Veg. Ruhe)		Frühjahr (Veg. B. - Ende Juni)	
	[mm]	Besonderheiten	[mm]	Besonderheiten
2011/12	212,2	Wasserbilanz: leicht positiv Nov.: trocken, Dez.: s. nass	208,2	Wasserbilanz: negativ
2012/13	299,7	Wasserbilanz: positiv	298,5	Wasserbilanz: leicht positiv (März, April: s. trocken)
2013/14	287,5	Wasserbilanz: positiv	203,3	Wasserbilanz: negativ (März, Mai, Juni: s. trocken)
2014/15	215,1	Wasserbilanz: leicht positiv	203,2	Wasserbilanz: negativ (April-Juni: s. trocken)

Die Witterungsbedingungen für die Vorwinterentwicklung waren trotz im Versuchszeitraum eher zu trockenen Jahren durchaus günstig bei langen Wachstumsphasen mit ausreichend Wasserversorgung. Anders waren die Bedingungen für die vegetative und generative Entwicklung im Frühjahr bis zur Kornernte. In 3 von 4 Versuchsjahren war im Zeitraum von März bis Ende Juni die Wasserbilanz negativ mit teilweise sehr hohen Temperaturen (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 3: N-Düngung [kg/ha] im Versuchszeitraum

Hohenlohe	NID		Bio-Modell		Kieler Modell		EUF	
	ohne HD ^{*)}	mit HD ^{*)}	ohne HD	mit HD	ohne HD	mit HD	ohne HD	mit HD
2012	190	180	190	160				
2013	190	180	170	140				
2014	190	190	80	90			205	200
2015	190	185	160	110	180	180		
Mittel	190	184	150	125	180	180	205	200

^{*)} ohne bzw. mit Herbstdüngung

Das Wachstum war hierdurch zwar nur selten gefährdet, jedoch war es nicht immer möglich das Ertragspotential des jeweiligen Standortes, das bei der einzelnen N-Düngebedarfsermittlung zu Grunde gelegt wurde (Tabelle 3), auch zu erreichen. Dies hatte entsprechend verringerte N-Abfuhr bei gleichzeitig höheren N-Überschuss-Salden und nicht immer zufriedenstellender N-Effizienz zur Folge.

In Tabelle 4 und Abbildung 1 sind die Kornerträge der Einzeljahre dargestellt. Die Vergleichsvarianten „Kieler Modell“ und „EUF“ wurden nur in einem Jahr geprüft, werden jedoch trotzdem aufgelistet. Bei den langjährig geprüften Varianten zeigt sich eine Konstanz im Ertrag bei etwa 180 kg N/ha im Frühjahr „ohne“ und „mit Herbstdüngung“. Deutlich heben sich die Jahre 2013 und 2014 mit einem hohen Ertragspotential von den übrigen Versuchsjahren ab.

Tabelle 4: Kornerträge [dt TM/ha] der Einzeljahre – Hohenlohe

Frühjahrsdüngung		2012	2013	2014	2015	Mittel
ohne Herbstdüngung	ohne N	25,6	38,6	60,0	20,2	36,1
	150 N	45,4	55,6	59,8	37,2	49,5
	180 N	47,6	54,0	61,2	38,6	50,4
	210 N	50,3	52,5	56,7	37,7	49,3
	240 N	50,0	53,8	57,6	39,3	50,2
	NID	49,3	55,1	62,1	36,7	50,8
	Bio-Modell	48,5	51,1	63,1	37,8	50,1
	Kieler Modell				36,3	
mit Herbstdüngung	ohne N	29,9	44,4	58,6	23,8	39,2
	150 N	49,3	54,7	62,3	38,6	51,2
	180 N	49,3	54,1	58,1	40,6	50,5
	210 N	51,9	57,9	58,6	38,9	51,8
	240 N	52,2	55,8	62,4	39,5	52,5
	NID	50,1	54,8	58,9	38,7	50,6
	Bio-Modell	48,6	54,6	60,8	37,1	50,3
	Kieler Modell				39,4	39,4
	EUF		54,7			

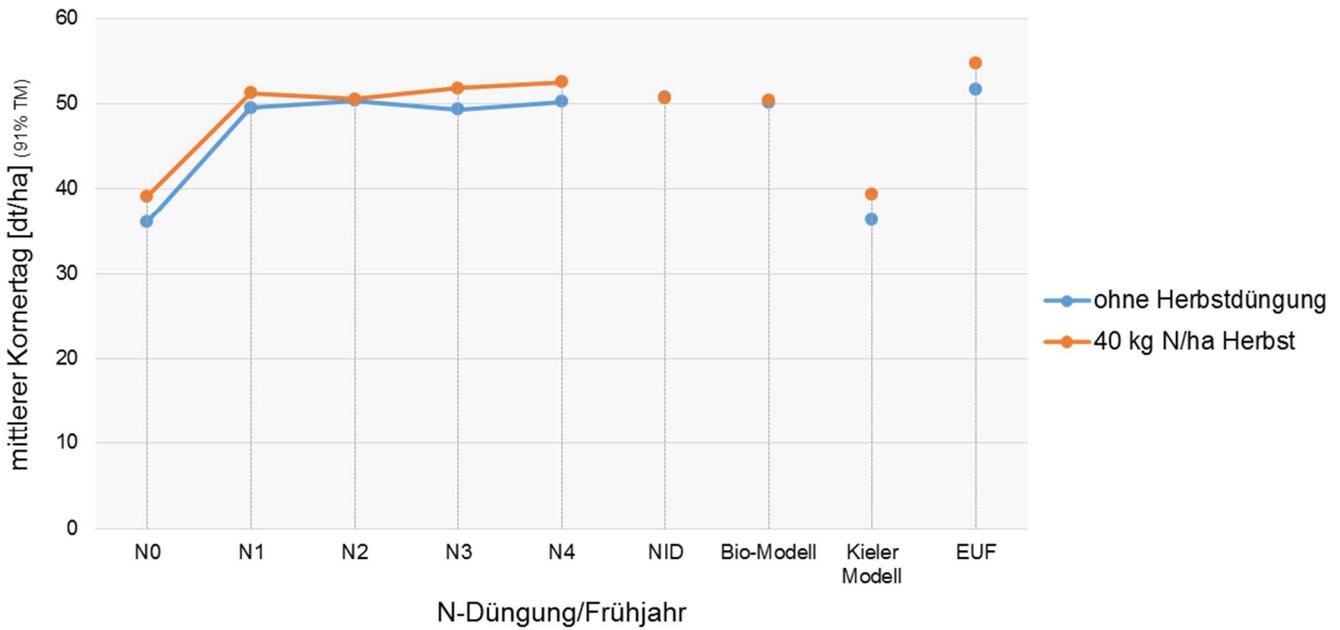


Abbildung 1: Mittlere Kornertäge [dt TM/ha] über alle Jahre

Aber auch in diesen Jahren wird deutlich (Ertragsunterschiede nicht abzusichern!), dass eine standortbezogene N-Düngung nach NID, aber noch deutlicher nach dem französischen Frischmasse-Modell (Bio-Modell) ebenfalls hohe Erträge zur Folge hatte bei deutlich verringertem N-Überschuss (Abbildung 2, Tabelle 5 und Tabelle 6) und geringeren Risiken für die Umwelt in Folge möglicher N-Verluste während der Herbst- und Wintermonate bei der nachfolgenden Kultur – in der Regel Winterweizen.

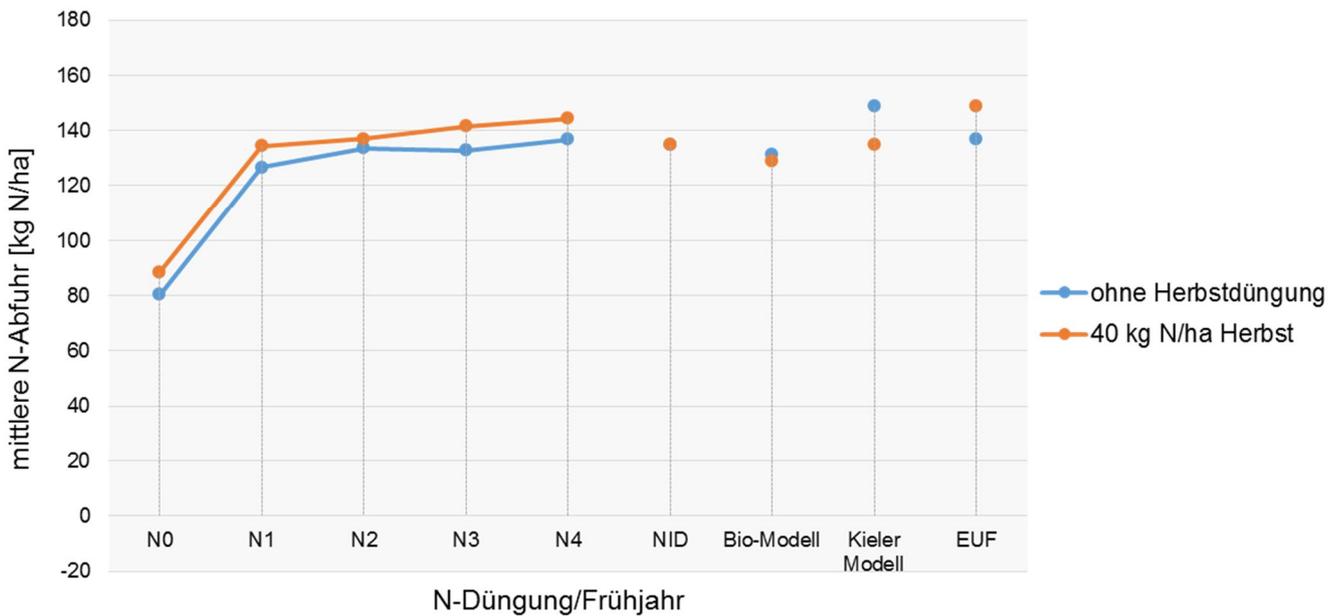


Abbildung 2: Mittlere N-Abfuhr [kg N/ha] über alle Jahre

Tabelle 5: Kenndaten (1) der Versuche – Hohenlohe (im Mittel der Jahre)

Dg. System	Herbst	Frühjahr	Σ N-Düngung	N-Abfuhr	N-Saldo
	[kg N/ha]				
N0	0	0	0	80	
N1	0	150	150	127	23
N2	0	180	180	134	46
N3	0	210	210	133	77
N4	0	240	240	137	103
NID	0	190	190	135	55
Bio-Modell	0	150	150	131	19
Kieler Modell	0	180	180	149	83
EUf	0	205	205	137	68
N0	40	0	40	89	
N1	40	150	190	134	56
N2	40	180	220	137	83
N3	40	210	250	141	109
N4	40	240	280	144	136
NID	40	184	224	135	88
Bio-Modell	40	125	165	129	36
Kieler Modell	40	180	220	135	113
EUf	40	200	240	149	91

Tabelle 6: N-Salden [kg N/ha] der Einzeljahre – Hohenlohe

		Frühjahrsdüngung	2012	2013	2014	2015	Mittel
ohne Herbstdüngung	ohne N						
	150 N		37	3	-4	58	23
	180 N		56	36	17	77	46
	210 N		75	66	60	108	77
	240 N		104	90	87	131	103
	NID		58	43	27	93	55
	Bio-Modell		65	30	-83	63	19
	Kieler Modell					83	
mit Herbstdüngung	ohne N						
	150 N		64	45	24	89	56
	180 N		88	67	68	109	83
	210 N		109	89	94	142	109
	240 N		135	125	113	169	136
	NID		88	70	76	120	88
	Bio-Modell		70	37	-26	63	36
	Kieler Modell					113	
EUf			91				

Entsprechend der Tabelle 5 und Tabelle 6 sowie der Abbildung 3 sind die N-Salden der Variante „Bio-Modell“ am niedrigsten, gefolgt von den Versuchsgliedern mit statischer N-Düngung in Höhe von 150 und 180 kg/ha sowie dem „NID“. Eine höhere Frühjahrsdüngung ist in diesem Zusammenhang nicht zu empfehlen.

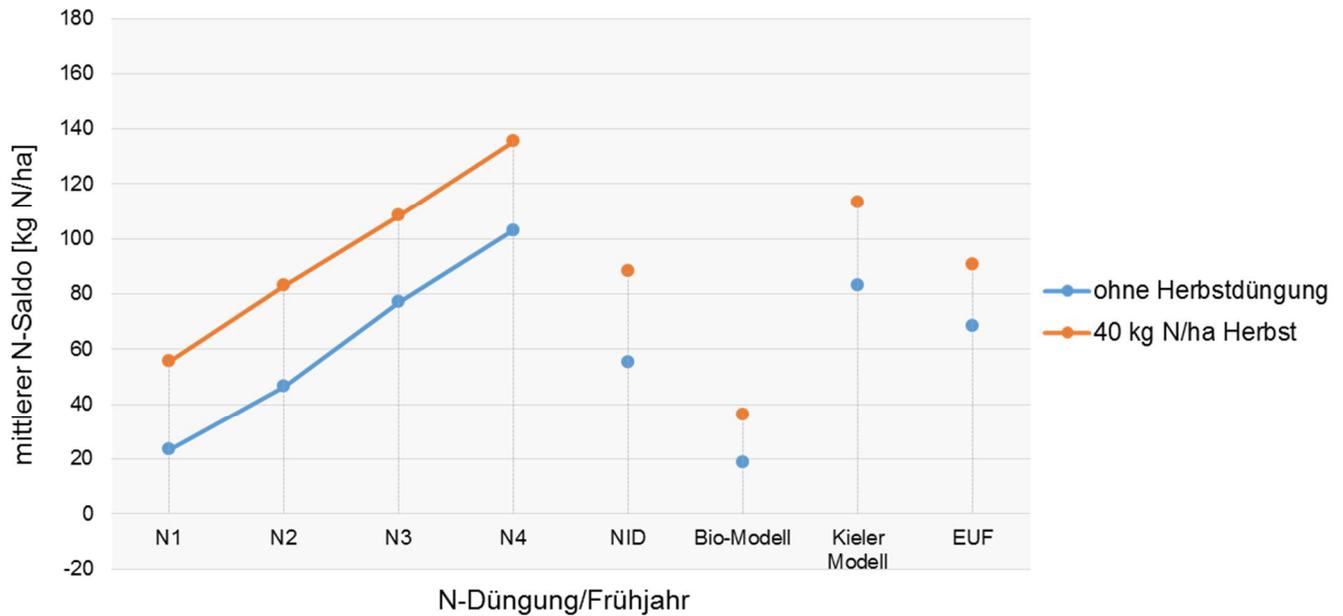


Abbildung 3: (mittlere) N-Salden [kg N/ha] über alle Jahre

Tabelle 7: Kenndaten (2) der Versuche – Hohenlohe (im Mittel der Jahre)

Dg. System	Herbst	Frühjahr	Σ N-Düngung	N _{min} /n. Ernte	N-Effizienz
	[kg N/ha]				
N0	0	0	0	35	
N1	0	150	150	48	0,64
N2	0	180	180	64	0,57
N3	0	210	210	51	0,49
N4	0	240	240	72	0,44
NID	0	190	190	56	0,55
Bio-Modell	0	150	150	50	0,72
Kieler Modell	0	180	180	40	0,84
EUF	0	205	205	54	0,46
N0	40	0	40	40	
N1	40	150	190	49	0,61
N2	40	180	220	72	0,54
N3	40	210	250	84	0,49
N4	40	240	280	90	0,45
NID	40	184	224	77	0,52
Bio-Modell	40	125	165	46	0,68
Kieler Modell	40	180	220	41	0,83
EUF	40	200	240	57	0,46

Die einjährig geprüften Systeme „EUF“ und das „Kieler Modell“ liegen wie die mit 210 bzw. 240 kg N/ha statisch gedüngten Varianten ebenfalls auf einem deutlich zu hohen Niveau.

Da eine N-Düngung von 150 kg/ha bei einem unterstellten Ertragsniveau von 5 t TM/ha meist nicht ausreichend sein wird, sind N-Salden von ca. 50 kg/ha der Varianten mit ca. 180 kg N/ha Frühjahrsdüngung noch in einem

vertretbaren Rahmen zu akzeptieren – entsprechende Folgefrucht mit hoher N-Aufnahme vor Winter unterstellt. Im Block mit zusätzlicher Herbsdüngung liegen die N-Überschuss-Salden jedoch in Bereichen von mehr als 20 bis 30 kg N/ha, die aus Sicht des Wasserschutzes nicht zu vertreten sind. Eine Ausnahme stellt hier wiederum das französische „Bio-Modell“ dar.

Tabelle 8: Kenndaten (3) der Versuche – Hohenlohe (im Mittel der Jahre)

Dg. System	Herbst	Frühjahr	∑ N-Düngung	Rohprotein	Öl	TKM
	[kg N/ha]			[% TM]		[g]
N0	0	0	0	14,8	47,1	5,0
N1	0	150	150	17,5	44,0	4,5
N2	0	180	180	18,2	43,3	4,4
N3	0	210	210	18,5	43,1	4,4
N4	0	240	240	18,7	42,9	4,5
NID	0	190	190	18,2	43,4	4,5
Bio-Modell	0	150	150	18,0	43,5	4,5
Kieler Modell	0	180	180	18,3	40,9	4,1
EUf	0	205	205	18,2	47,5	5,9
N0	40	0	40	15,1	46,3	4,8
N1	40	150	190	18,0	44,2	4,5
N2	40	180	220	18,6	42,8	4,5
N3	40	210	250	18,8	42,9	4,4
N4	40	240	280	18,9	42,8	4,6
NID	40	184	224	18,4	42,9	4,5
Bio-Modell	40	125	165	17,5	44,1	4,5
Kieler Modell	40	180	220	18,6	40,5	4,0
EUf	40	200	240	18,7	46,3	5,9

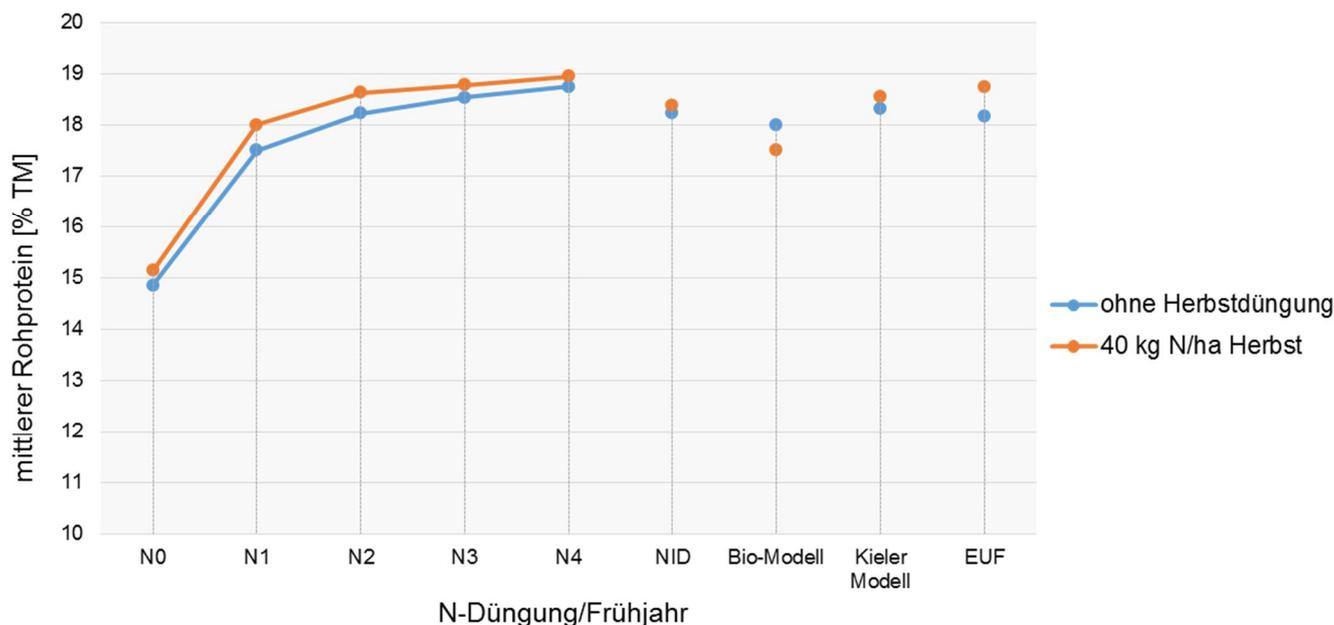


Abbildung 4: Mittlere Rohproteingehalte [% TM] über alle Jahre

Der Einfluss der Düngungssysteme auf den relevanten Kornqualitätsparameter „Öl“ ist gering und wird – physiologisch bedingt – von einer reduzierten N-Düngung positiv beeinflusst (Abbildung 5). Da jedoch ökonomisch der Ölertrag je ha ausschlaggebend ist, müssen zu hohen Ölgehalten auch hohe Kornerträge hinzukommen. Diese Forderung wird wiederum auf einem N-Niveau von ca. 180 kg N/ha auf nachhaltige Weise erreicht.

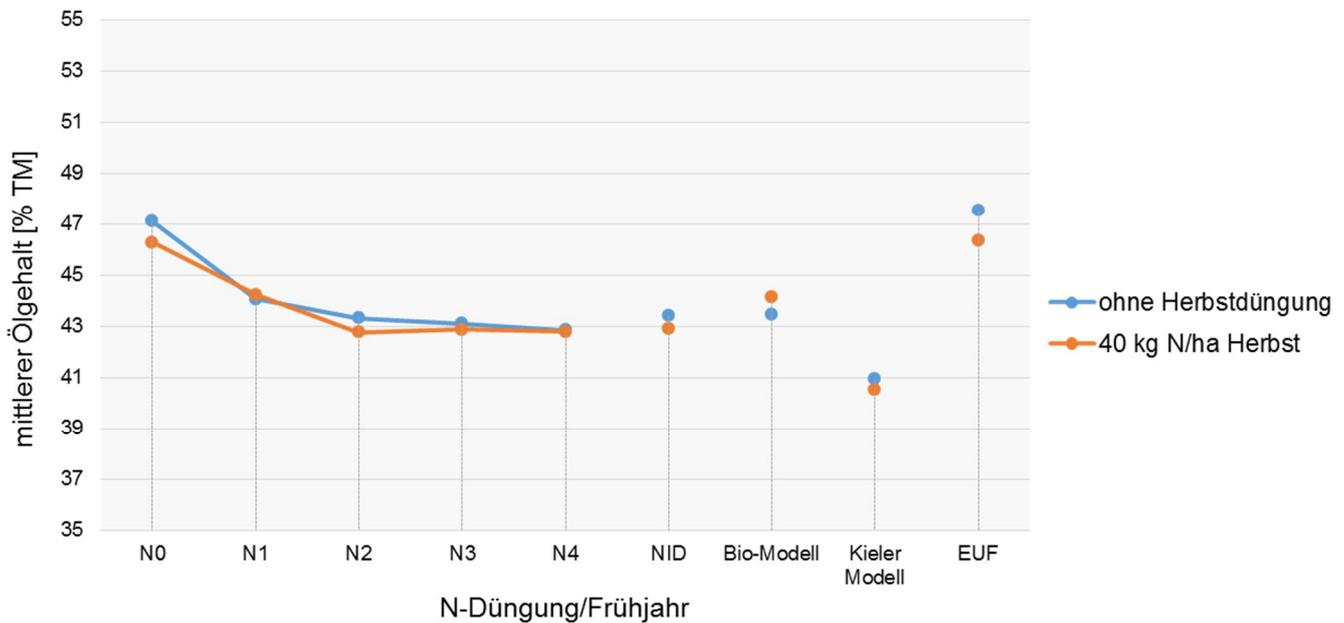


Abbildung 5: Mittlere Ölgehalte [% TM] über alle Jahre

Tabelle 9: vergleichende Übersicht „Signifikanzen“ - Hohenlohe

abh. Variable	Kornertrag	Rohprotein	Öl
Jahr (J)	***	-	***
Frühjahrsdüngung (FD)	**	***	**
Herbsdüngung (HD)	-	-	-
J * FD	*	**	*
J * HD	-	-	-
HD * FD	-	-	-
J * HD * FD	-	-	-

*** sehr hoch signifikant ** hoch signifikant * signifikant

Den deutlichsten Einfluss auf den Kornertrag hatte nach Tabelle 9 das einzelne Versuchsjahr, gefolgt von der Frühjahrsdüngung. Rohprotein- und Ölgehalt wurden erwartungsgemäß am stärksten von der N-Düngung im Frühjahr geprägt. Die ermittelte Signifikanz des Versuchsjahres auf den Ölgehalt muss wohl eher den in den Versuchen verwendeten Sorten zuschreiben sein. Da diese im Rahmen der Versuchsreihe nicht vorgeschrieben war, kann dieser Effekt nicht weiter beurteilt werden. Der bekannte positive Einfluss der N-Düngung auf den Ölgehalt scheint jedoch kleiner zu sein als ein Jahres- oder Sorteneffekt.

Standort – Neckar-Odenwald

Tabelle 10: Bodenkenndaten (Beispiel 2013) und **N_{min}-Situation** (Einzeljahre)

Bodenart		uL
Humus	[% TM]	3,4
Ges. N		0,18
pH		6,9
P ₂ O ₅		18
K ₂ O	[mg/100 g B.]	31
Mg		9
Bor	[mg/kg]	--

N _{min} [kg/ha] 0-90 cm	2012	2013	2014	2015
Start-Herbst		32 / 5 / 4	9 / 20 / 17	
Vegatationsbeginn	ohne HD ^{*)}	7 / 4 / 1	4 / 2 / 1	30 / 18 / 3
	mit HD ^{*)}	5 / 6 / 1	1 / 1 / 1	25 / 23 / 10

^{*)} ohne bzw. mit Herbstdüngung

Tabelle 11: Niederschläge [mm] und Wasserbilanz im Versuchszeitraum

Veg. Jahr	Herbst (Sept. - Veg. Ruhe)		Frühjahr (Veg. B. - Ende Juni)	
	[mm]	Besonderheiten	[mm]	Besonderheiten
2012/13	348,4	Wasserbilanz: positiv	329,6	Wasserbilanz: negativ (März, Juni: s. trocken)
2013/14	298,0	Wasserbilanz: positiv (Sept.: trocken)	202,3	Wasserbilanz: negativ (März-Juni: s. trocken)
2014/15	194,7	Wasserbilanz: leicht positiv (Sept., Nov.: s. trocken)	228,3	Wasserbilanz: negativ (Feb., April-Juni: s. trocken)

Die Witterungsbedingungen für die Vorwinterentwicklung waren ähnlich denen am Standort Hohenlohe mit durchaus günstigen Wachstumsphasen mit ausreichender Wasserversorgung. Anders waren die Bedingungen für die vegetative und generative Entwicklung im Frühjahr/Frühsummer bis zur Kornernte. In allen Versuchsjahren war im Zeitraum von März bis Ende Juni die Wasserbilanz negativ mit teilweise sehr hohen Temperaturen. Hierdurch war es nur im Versuchsjahr 2015 möglich, das Ertragspotential des jeweiligen Versuchsstandortes in der Region, das im Rahmen der N-Düngebedarfsermittlung zu Grunde gelegt wurde, auch zu erreichen (Tabelle 12). Dies hatte entsprechend verringerte N-Abfuhr bei gleichzeitig höheren N-Überschuss-Salden und nicht immer zufriedenstellender N-Effizienz zur Folge.

Tabelle 12: N-Düngung im Versuchszeitraum

Neckar-Odenwald	NID		Bio-Modell		Kieler Modell		EUF	
	ohne HD ^{*)}	mit HD ^{*)}	ohne HD	mit HD	ohne HD	mit HD	ohne HD	mit HD
2012								
2013	190	190	80	80				
2014	170	130	170	90			215	195
2015	155	125	110	100	145	95		
Mittel	172	148	120	90	145	95	215	195

^{*)} ohne bzw. mit Herbstdüngung

In Tabelle 13 und Abbildung 6 sind die Kornerträge der Einzeljahre dargestellt. Bei den langjährig geprüften Varianten zeigt sich wiederum ein Ertragsoptimum bei etwa 180 kg N/ha im Frühjahr „ohne“ und „mit Herbstdüngung“. Zwischen den Versuchsjahren sind hier die Ertragsoptima weniger unterschiedlich als am Standort „Hohenlohe“. Es bestätigt sich jedoch wieder, dass - ohne abzusichernde Ertragsunterschiede - eine standortbezogene N-Düngung nach NID immer im Bereich der im jeweiligen Versuchsjahr erzielbaren Optimalerträge lag. Das französische Frischmasse-Modell (=Bio-Modell) hatte nun nicht die Vorteile wie im Versuchsgebiet „Hohenlohe“. Die Düngungssysteme „Kieler Modell“ und „EUF“ schnitten im einjährigen Vergleich ebenfalls gut ab.

Die beschriebene Ertragssituation hatte in den Blöcken „ohne Herbstdüngung“ deutlich verringerte N-Überschüsse (s. Tabelle 14 und Tabelle 15) bei geringerem Risiko für die Umwelt in Folge möglicher N-Verluste während der Herbst- und Wintermonate zur Folge (vgl. auch Abbildung 7). Besonders niedrig waren diese beim System „Bio-Modell“, da die hierfür ermittelten N-Düngemengen mit 120 bzw. 90 kg N/ha sehr weit unter dem Niveau der Vergleichsvarianten lagen. Anders verhält es sich bei zusätzlicher Herbst-N-Düngung. Mit Ausnahme des einjährig geprüften „Kieler Modells“ liegen die N-Überschussalden um 20 bis 40 kg N/ha höher als „ohne Herbstdüngung“. Dieser Unterschied wird jedoch mit den N_{\min} -Untersuchungen „nach Ernte“ nicht erfasst. Folglich müssen zur Beschreibung der N-Dynamik die N-Effizienz oder besser – falls datentechnisch möglich – die sog N-Nettomineralisation zu Hilfe genommen werden.

Tabelle 13: Kornerträge [dt TM/ha] der Einzeljahre – Neckar-Odenwald

Frühjahrsdüngung		2013	2014	2015	Mittel
ohne Herbstdüngung	ohne N	41,6	36,0	40,0	39,2
	150 N	49,1	49,9	61,7	53,6
	180 N	51,2	53,0	64,9	56,4
	210 N	48,7	52,9	64,6	55,4
	240 N	48,5	52,4	66,7	55,9
	NID	46,2	53,3	63,3	54,3
	Bio-Modell	44,2	50,2	58,8	51,1
	Kieler Modell			62,9	
	EUF	48,0			
mit Herbstdüngung	ohne N	43,7	36,6	45,4	41,9
	150 N	50,4	53,0	62,5	55,3
	180 N	47,7	53,2	65,6	55,5
	210 N	49,8	52,3	65,7	55,9
	240 N	47,8	54,1	66,9	56,2
	NID	47,2	52,5	62,8	54,2
	Bio-Modell	46,3	45,9	62,4	51,5
	Kieler Modell			59,7	
	EUF	46,3			

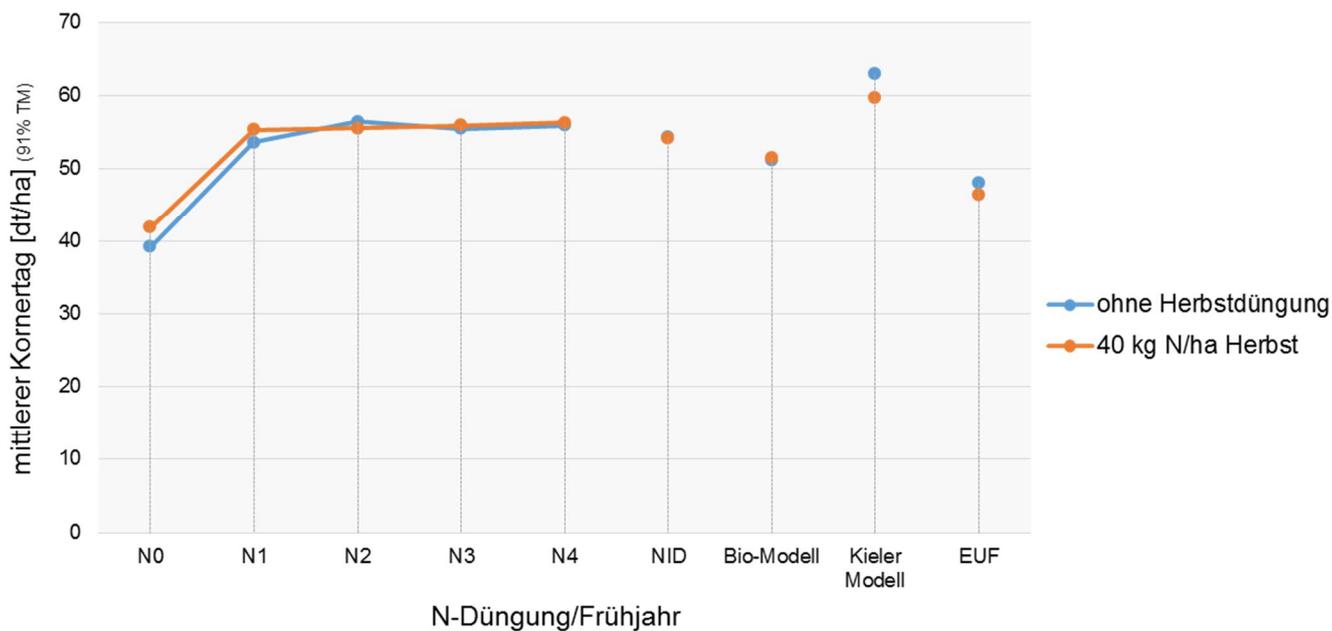


Abbildung 6: (mittlere) Kornerträge [dt TM/ha] über alle Jahre.

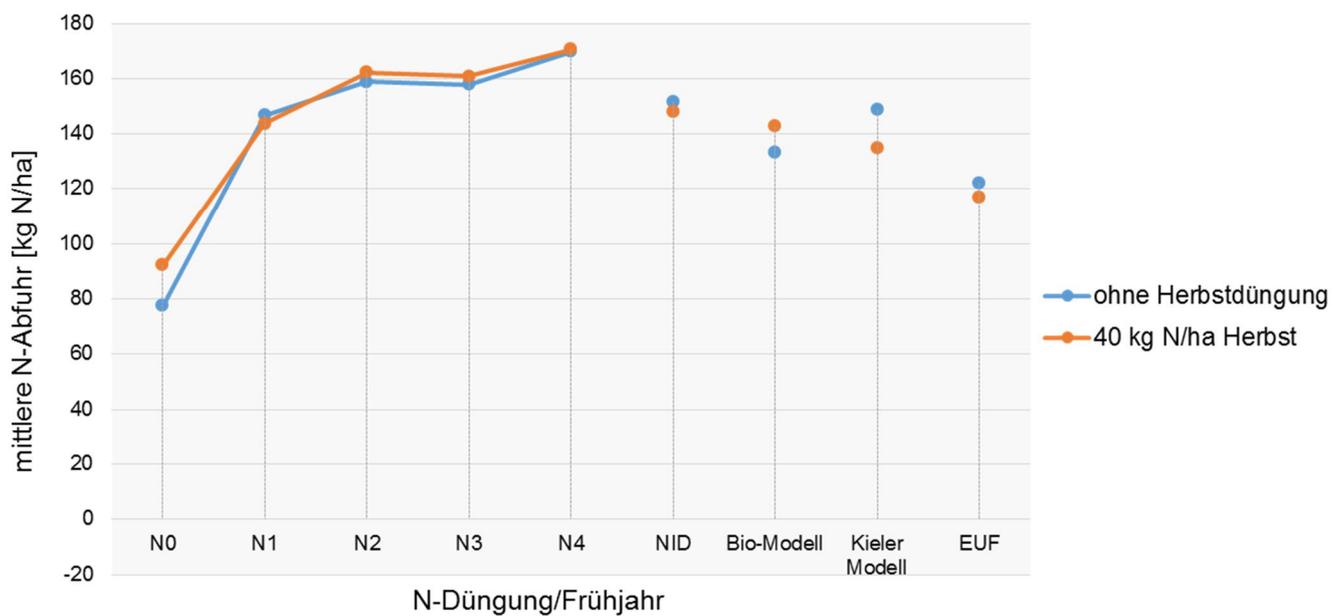


Abbildung 7: (mittlere) N-Abfuhr [kg N/ha] über alle Jahre.

Tabelle 14: Kenndaten (1) der Versuche – Neckar-Odenwald (im Mittel der Jahre)

Dg. System	Herbst	Frühjahr	Σ N-Düngung	N-Abfuhr	N-Saldo
	[kg N/ha]				
N0	0	0	0	77	
N1	0	150	150	120	30
N2	0	180	180	131	49
N3	0	210	210	129	81
N4	0	240	240	133	107
NID	0	172	172	122	50
Bio-Modell	0	120	120	109	-2
Kieler Modell	0	145	145	87	-4
EUF	0	215	215	122	93
N0	40	0	40	84	
N1	40	150	190	124	66
N2	40	180	220	129	91
N3	40	210	250	132	118
N4	40	240	280	134	146
NID	40	148	188	124	78
Bio-Modell	40	90	130	113	17
Kieler Modell	40	95	135	85	0
EUF	40	195	235	117	118

Tabelle 15: N-Salden [kg N/ha] der Einzeljahre – Neckar-Odenwald

Frühjahrsdüngung		2013	2014	2015	Mittel
ohne Herbstdüngung	ohne N				
	150 N	31	57	3	30
	180 N	48	77	21	49
	210 N	87	104	52	81
	240 N	114	137	70	107
	NID	76	69	4	50
	Bio-Modell	-21	38	-23	-2
	Kieler Modell			-4	
	EUF	93			
mit Herbstdüngung	ohne N				
	150 N	63	89	46	66
	180 N	97	118	58	91
	210 N	121	145	89	118
	240 N	155	172	109	146
	NID	108	109	17	78
	Bio-Modell	8	47	-3	17
	Kieler Modell			0	
	EUF	118			

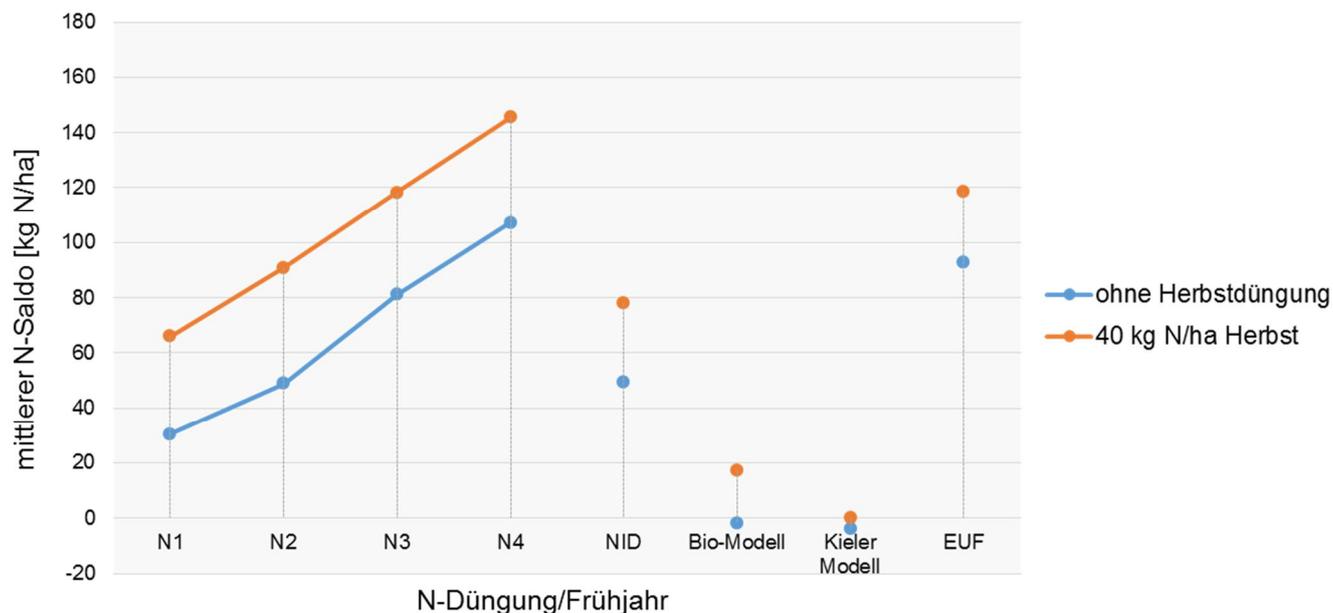


Abbildung 8: (mittlere) N-Salden [kg N/ha] über alle Jahre.

Tabelle 16: Kenndaten (2) der Versuche – Neckar-Odenwald (im Mittel der Jahre)

Dg. System	Herbst	Frühjahr	Σ N-Düngung	N _{min} /n. Ernte	N-Effizienz
	[kg N/ha]				
N0	0	0	0	25	
N1	0	150	150	32	0,53
N2	0	180	180	47	0,50
N3	0	210	210	54	0,42
N4	0	240	240	59	0,38
NID	0	172	172	38	0,49
Bio-Modell	0	120	120	27	0,63
Kieler Modell	0	145	145	12	0,42
EUF	0	215	215	67	0,31
N0	40	0	40	20	
N1	40	150	190	44	0,51
N2	40	180	220	41	0,46
N3	40	210	250	62	0,42
N4	40	240	280	73	0,38
NID	40	148	188	47	0,50
Bio-Modell	40	90	130	25	0,65
Kieler Modell	40	95	135	10	0,41
EUF	40	195	235	70	0,30

Tabelle 17: Kenndaten (3) der Versuche – Neckar-Odenwald (im Mittel der Jahre)

Dg. System	Herbst	Frühjahr	Σ N-Düngung	Rohprotein	Öl	TKM
	[kg N/ha]			[% TM]		[g]
N0	0	0	0	13,5	49,1	4,8
N1	0	150	150	15,3	47,2	4,4
N2	0	180	180	15,9	46,5	4,4
N3	0	210	210	16,0	46,6	4,3
N4	0	240	240	16,3	46,2	4,3
NID	0	172	172	15,5	47,1	4,4
Bio-Modell	0	120	120	14,6	47,8	4,3
Kieler Modell	0	145	145	16,3	41,2	4,4
EUf	0	215	215	17,5	50,4	
N0	40	0	40	13,6	49,0	4,8
N1	40	150	190	15,4	46,9	4,4
N2	40	180	220	16,0	46,5	4,3
N3	40	210	250	16,1	46,4	4,3
N4	40	240	280	16,4	46,2	4,3
NID	40	148	188	15,7	46,7	4,2
Bio-Modell	40	90	130	14,9	47,4	4,3
Kieler Modell	40	95	135	15,5	42,1	4,2
EUf	40	195	235	17,3	50,5	

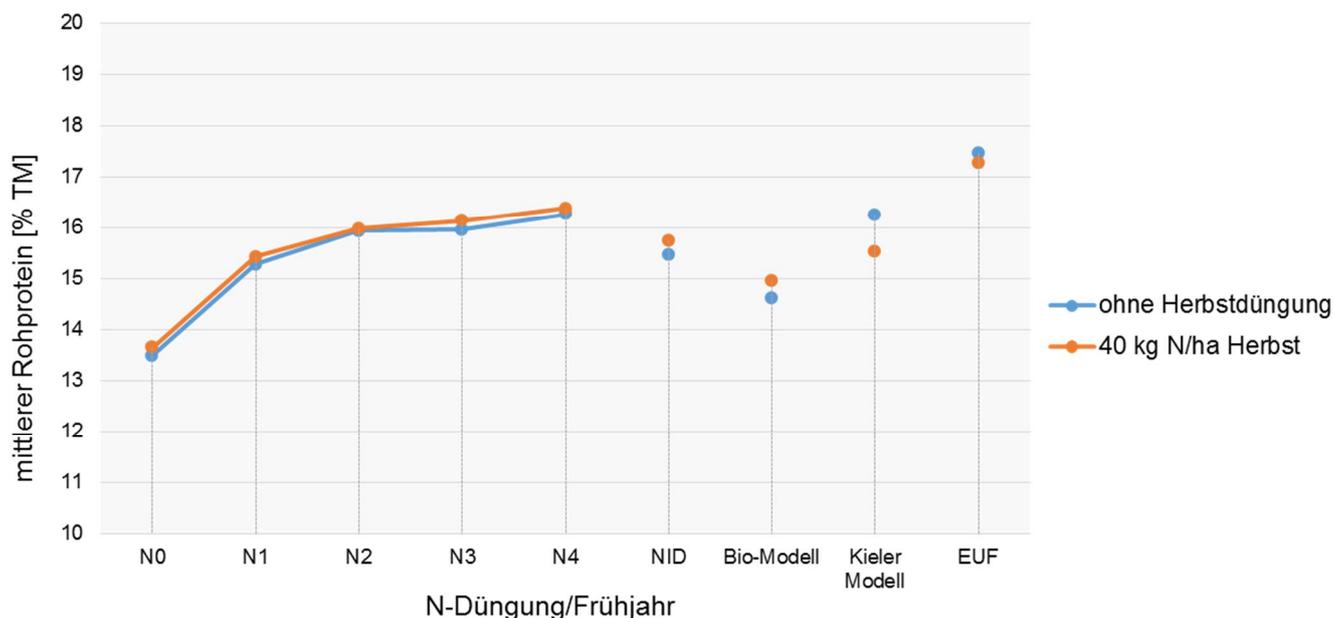


Abbildung 9: (mittlere) Rohproteingehalte [% TM] über alle Jahre.

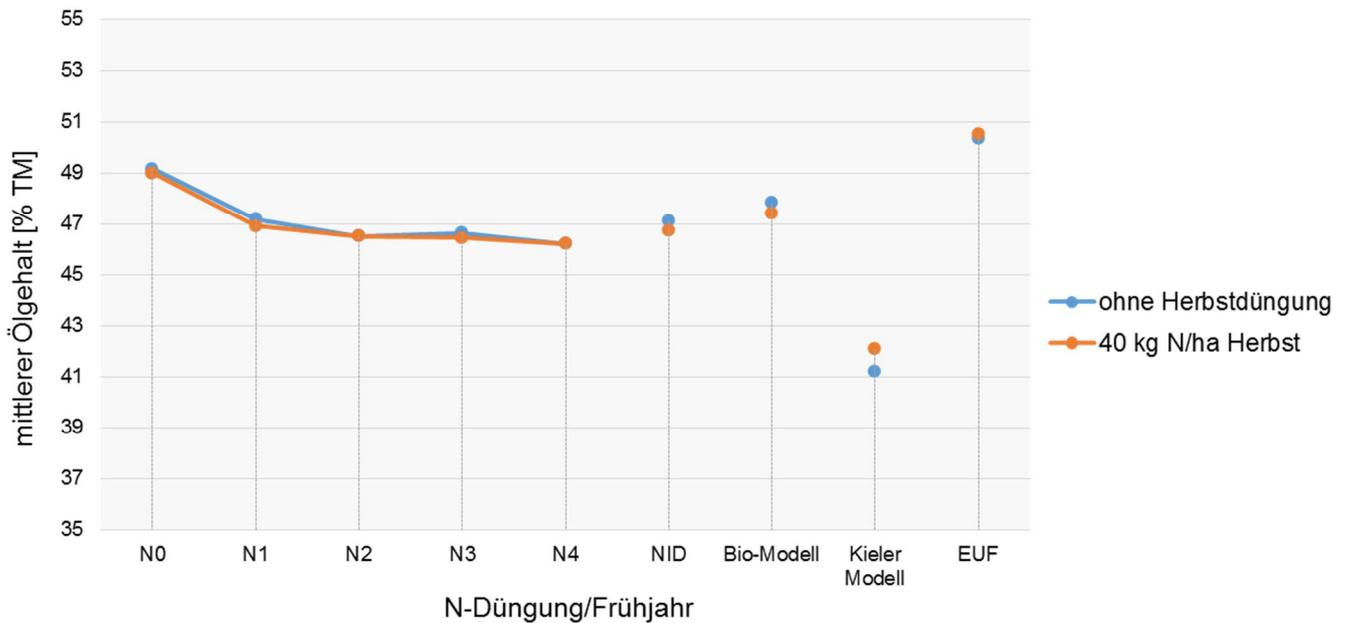


Abbildung 10: (mittlere) Ölgehalte [% TM] über alle Jahre.

Tabelle 18: Vergleichende Übersicht „Signifikanzen“ – Neckar-Odenwald

abh. Variable	Kornertrag	Rohprotein	Öl
Jahr (J)	***	***	***
Frühjahrsdüngung (FD)	***	**	**
Herbsdüngung (HD)	-	-	-
J * FD	**	*	*
J * HD	-	-	-
HD * FD	*	-	-
J * HD * FD	*	-	*

*** sehr hoch signifikant ** hoch signifikant * signifikant

Den deutlichsten Einfluss auf den Kornertrag (Tabelle 18) hatte wie am Standort „Hohenlohe“ das jeweilige Versuchsjahr - am Standort besonders die Wasserversorgung -. Dagegen war nun der Faktor „Frühjahrsdüngung“ sehr hoch signifikant. Anders als am Standort „Hohenlohe“ wurden der Rohprotein- und Ölgehalt am deutlichsten vom Versuchsjahr, gefolgt von der N-Düngung im Frühjahr (N-Dynamik bei noch guter Wasserversorgung!) geprägt. Der Ölgehalt wird am stärksten vom Jahr, aber auch von der Frühjahrsdüngung geprägt. Es könnte somit ein echter Zusammenhang zwischen der N-Versorgung und dem Ölgehalt vorliegen. Sorteneinflüsse sind jedoch auch hier nicht auszuschließen.

Standort – Kraichgau

Tabelle 19: Bodenkenndaten (Beispiel 2014) und N_{min}-Situation (Einzeljahre)

Bodenart		uL
Humus		2,0
Ges. N	[% TM]	0,11
pH		7,5
P ₂ O ₅		30
K ₂ O	[mg/100 g B.]	24
Mg		7
Bor	[mg/kg]	--

N _{min} [kg/ha] 0-90 cm	2012	2013	2014	2015
Start-Herbst		69 / 4 / 7	22 / 38 / 17	
Vegetationsbeginn	ohne HD ^{*)}	6 / 4 / 1	2 / 2 / 1	5 / 2 / 2
	mit HD ^{*)}	5 / 4 / 1	2 / 2 / 1	2 / 2 / 1

*) ohne bzw. mit Herbstdüngung

Tabelle 20: Niederschläge [mm] und Wasserbilanz im Versuchszeitraum

Veg. Jahr	Herbst (Sept. - Veg. Ruhe)		Frühjahr (Veg. B. - Ende Juni)	
	[mm]	Besonderheiten	[mm]	Besonderheiten
2012/13	337,6	Wasserbilanz: positiv	387,1	Wasserbilanz: positiv
2013/14	332,6	Wasserbilanz: positiv	172,4	Wasserbilanz: negativ (März-Juni: s. trocken)
2014/15	226,3	Wasserbilanz: leicht positiv	188,1	Wasserbilanz: negativ (Feb. - Juni: s. trocken)

Die Witterungsbedingungen (Tabelle 20) für die Vorwinterentwicklung waren ebenfalls günstig bei langen Wachstumsphasen mit ausreichender Wasserversorgung. Anders dagegen waren die Bedingungen für die vegetative und generative Entwicklung im Frühjahr/Frühsummer bis zur Kornernte. In 2 Versuchsjahren war im Zeitraum von März bis Ende Juni die Wasserbilanz wieder negativ mit teilweise sehr hohen Temperaturen. In der Versuchsregion war es nur im Versuchsjahr 2013 möglich, das mögliche Ertragspotential des Versuchsstandortes, das im Rahmen der N-Düngebedarfsermittlung zu Grunde gelegt wurde (Tabelle 21), auch zu erreichen (Tabelle 22). Dies hatte entsprechend verringerte N-Abfuhr bei gleichzeitig höheren N-Überschuss-Salden (Tabelle 23) und nicht immer zufriedenstellender N-Effizienz zur Folge.

Tabelle 21: N-Düngung im Versuchszeitraum

Kraichgau	NID		Bio-Modell		Kieler Modell		EUF	
	ohne HD ^{*)}	mit HD ^{*)}	ohne HD	mit HD	ohne HD	mit HD	ohne HD	mit HD
2012								
2013	190	190	150	150				
2014	170	170	160	140			215	210
2015	170	170	160	160	190	175		
Mittel	177	177	157	150	190	175	215	210

*) ohne bzw. mit Herbstdüngung

In Tabelle 22 sowie Abbildung 11 sind die Kornerträge der Einzeljahre sowie im Mittel der Jahre dargestellt. Bei den langjährig geprüften Varianten zeigt sich nun ein Ertragsoptimum bei über 180 kg N/ha im Frühjahr sowohl im Block „ohne“ wie „mit Herstdüngung“. Zwischen den Versuchsjahren variieren die Ertragsoptima nur unwesentlich. Es bestätigt sich jedoch wieder, dass eine standortbezogene N-Düngung nach NID immer im Bereich der im jeweiligen Versuchsjahr erzielbaren Spitzenerträge lag. Das französische Frischmasse-Modell (Bio-Modell) hatte nun nicht die Ertragsvorteile wie im Versuchsgebiet „Hohenlohe“. Die Düngungssysteme „Kieler Modell“ und „EUF“ schnitten im einjährigen Vergleich ertraglich ebenfalls gut ab. Trotzdem waren die N-Überschüsse (Abbildung 12, Tabelle 23 und Tabelle 24) bei hohem Risiko für die Umwelt in Folge möglicher N-Verluste während der Herbst- und Wintermonate am höchsten. Da diese Varianten nur einjährig geprüft wurden, können für eine Ursachenforschung keine weiteren Vergleichszahlenherangezogen werden. Besonders niedrig waren die N-Salden beim System „Bio-Modell“, da die in diesem System ermittelten N-Düngemengen mit 157 bzw. 150 kg N/ha deutlich unter dem Niveau der Vergleichsvarianten lagen und die Erträge nicht signifikant geringer waren.

Tabelle 22: Kornerträge [dt TM/ha] der Einzeljahre – Kraichgau

Frühjahrsdüngung		2013	2014	2015	Mittel
ohne Herstdüngung	ohne N	22,5	16,0	18,4	19,0
	150 N	40,7	41,1	36,2	39,3
	180 N	43,2	44,1	37,8	41,7
	210 N	45,1	46,1	38,4	43,2
	240 N	44,9	47,2	38,8	43,6
	NID	44,0	40,9	36,6	40,5
	Bio-Modell	40,7	41,5	36,2	39,5
	Kieler Modell			37,3	
	EUF	43,1			
mit Herstdüngung	ohne N	27,6	26,0	23,0	25,5
	150 N	43,1	43,5	37,4	41,4
	180 N	44,1	45,9	39,1	43,0
	210 N	43,7	47,7	39,9	43,7
	240 N	46,3	47,1	41,2	44,9
	NID	45,6	45,7	38,3	43,2
	Bio-Modell	41,7	38,3	38,1	39,4
	Kieler Modell			37,4	
	EUF	44,2			

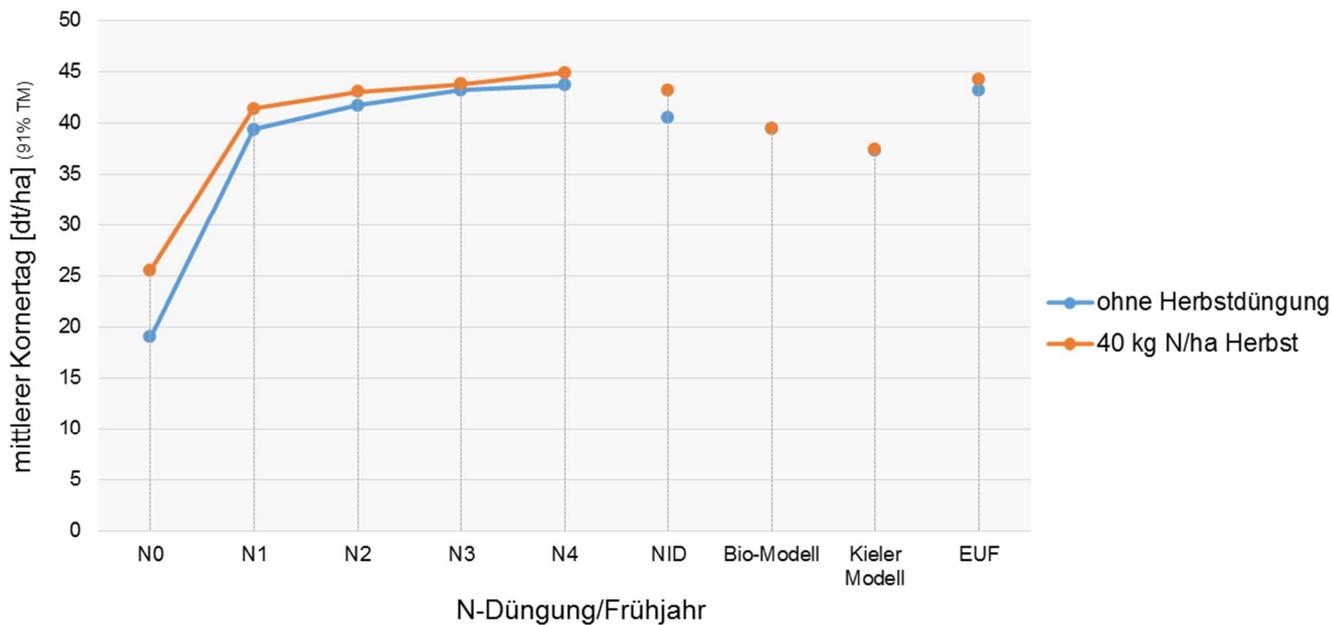


Abbildung 11: (mittlere) Kornerträge [dt TM/ha] über alle Jahre.

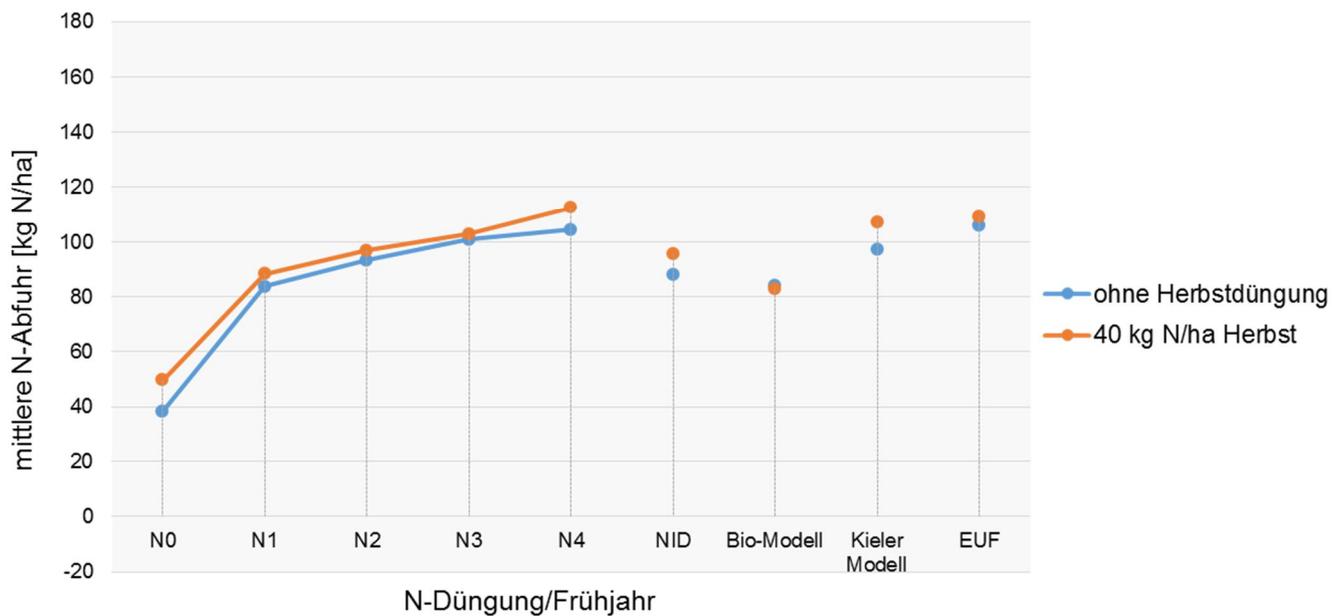


Abbildung 12: (mittlere) N-Abfuhr [kg N/ha] über alle Jahre.

Tabelle 23: Kenndaten (1) der Versuche – Kraichgau (im Mittel der Jahre)

Dg. System	Herbst	Frühjahr	Σ N-Düngung	N-Abfuhr	N-Saldo
	[kg N/ha]				
N0	0	0	0	38	
N1	0	150	150	84	66
N2	0	180	180	93	87
N3	0	210	210	101	109
N4	0	240	240	104	136
NID	0	177	177	88	89
Bio-Modell	0	157	157	84	73
Kieler Modell	0	190	190	97	103
EUf	0	215	215	106	109
N0	40	0	40	50	
N1	40	150	190	88	102
N2	40	180	220	97	123
N3	40	210	250	103	147
N4	40	240	280	112	168
NID	40	177	217	95	121
Bio-Modell	40	150	190	83	93
Kieler Modell	40	175	215	107	130
EUf	40	210	250	109	131

Die Einflussgrößen auf den Kornertrag sowie den Rohprotein- und Ölgehalt waren am Standort Kraichgau ähnlich denen am Standort Neckar-Odenwald. Jedoch waren die Erträge am letzteren durchwegs höher.

Tabelle 24: N-Salden [kg N/ha] der Einzeljahre – Kraichgau

Frühjahrsdüngung		2013	2014	2015	Mittel
ohne Herbstdüngung	ohne N				
	150 N	56	73	70	66
	180 N	76	91	93	87
	210 N	98	112	118	109
	240 N	125	135	147	136
	NID	86	89	92	89
	Bio-Modell	57	79	82	73
	Kieler Modell			103	
EUF	109				
mit Herbstdüngung	ohne N				
	150 N	91	106	108	102
	180 N	114	127	129	123
	210 N	141	148	153	147
	240 N	156	173	173	168
	NID	119	119	125	121
	Bio-Modell	94	73	114	93
	Kieler Modell			130	
EUF	131				

Tabelle 25: Kenndaten (2) der Versuche – Kraichgau (im Mittel der Jahre)

Dg. System	Herbst	Frühjahr	Σ N-Düngung	$N_{\min}/n.$ Ernte	N-Effizienz
	[kg N/ha]			[netto %]	
N0	0	0	0	18	
N1	0	150	150	21	0,55
N2	0	180	180	27	0,51
N3	0	210	210	27	0,47
N4	0	240	240	37	0,43
NID	0	177	177	23	0,49
Bio-Modell	0	157	157	23	0,52
Kieler Modell	0	190	190	44	0,66
EUF	0	215	215	22	0,45
N0	40	0	40	25	
N1	40	150	190	24	0,49
N2	40	180	220	27	0,46
N3	40	210	250	30	0,43
N4	40	240	280	41	0,42
NID	40	177	217	26	0,46
Bio-Modell	40	150	190	24	0,51
Kieler Modell	40	175	215	32	0,65
EUF	40	210	250	23	0,42

Abbildung 13: (mittlere) N-Salden [kg N/ha] über alle Jahre.

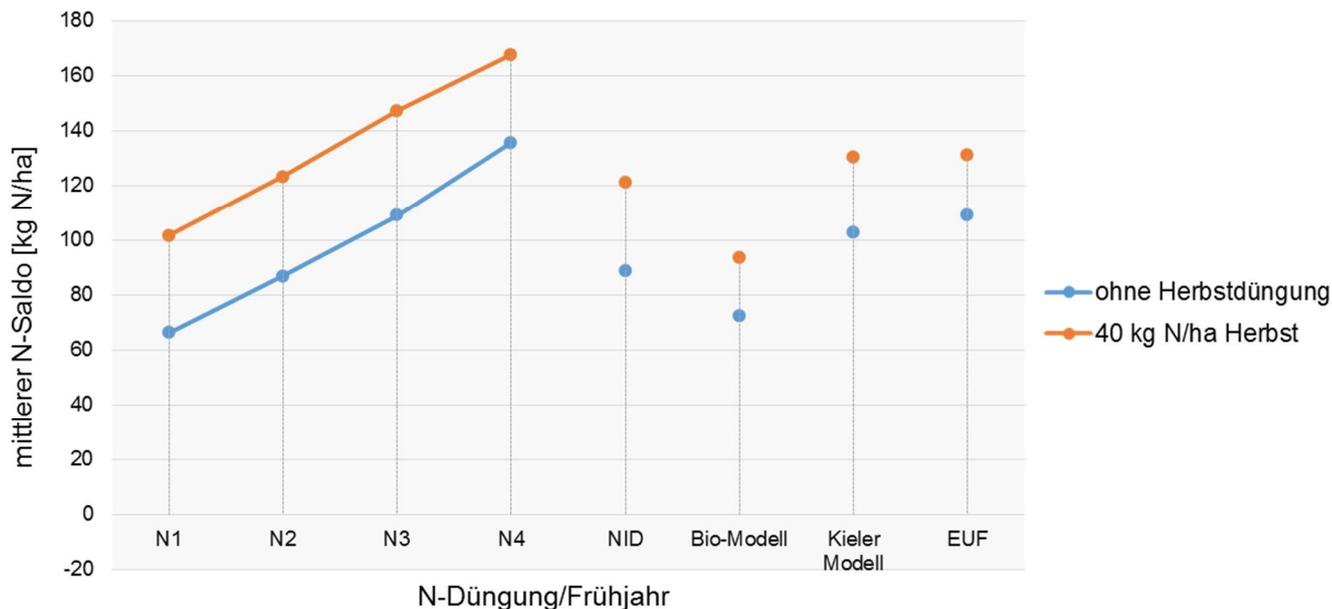


Tabelle 26: Kenndaten (3) der Versuche – Kraichgau (im Mittel der Jahre)

Dg. System	Herbst	Frühjahr	Σ N-Düngung	Rohprotein	Öl	TKM
	[kg N/ha]					
N0	0	0	0	13,7	51,0	4,9
N1	0	150	150	14,6	50,1	4,2
N2	0	180	180	15,4	49,4	4,1
N3	0	210	210	16,1	48,7	4,2
N4	0	240	240	16,5	48,4	4,3
NID	0	177	177	14,9	49,8	4,2
Bio-Modell	0	157	157	14,7	50,0	4,4
Kieler Modell	0	190	190	16,0	48,1	4,3
EUf	0	215	215	16,9	51,0	
N0	40	0	40	13,4	51,2	4,7
N1	40	150	190	14,7	49,9	4,4
N2	40	180	220	15,5	49,4	4,3
N3	40	210	250	16,2	48,6	4,3
N4	40	240	280	17,2	47,8	4,4
NID	40	177	217	15,2	49,6	4,4
Bio-Modell	40	150	190	14,5	50,3	4,4
Kieler Modell	40	175	215	15,6	48,8	4,3
EUf	40	210	250	17,0	50,9	

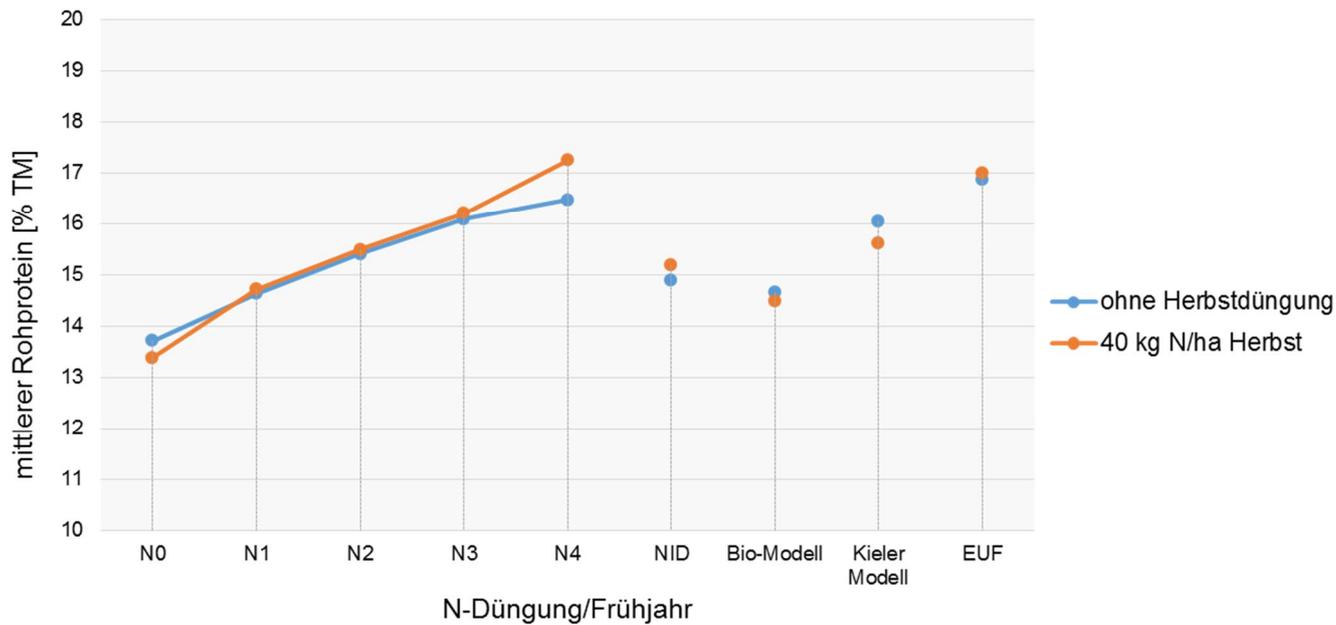


Abbildung 14: (mittlere) Rohproteingehalte [% TM] über alle Jahre.

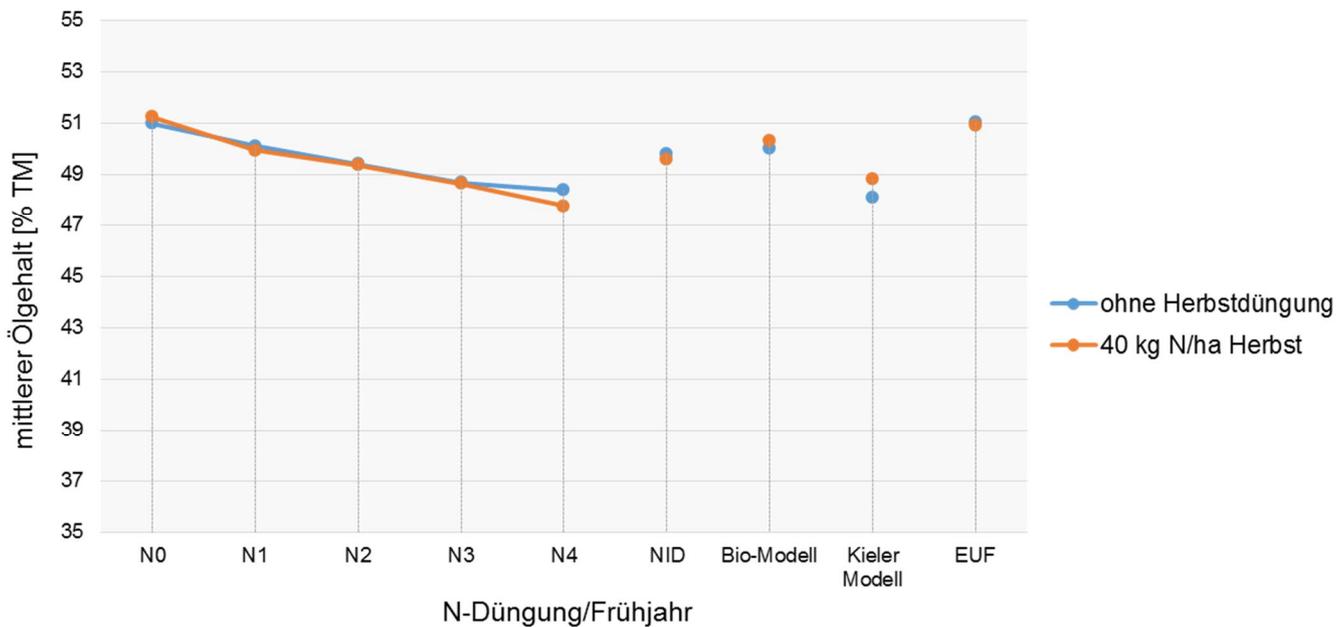


Abbildung 15: (mittlere) Ölgehalte [% TM] über alle Jahre.

Tabelle 27: vergleichende Übersicht „Signifikanzen“ – Kraichgau

abh. Variable	Kornertrag	Rohprotein	Öl
Jahr (J)	**	***	***
Frühjahrsdüngung (FD)	***	***	**
Herbstdüngung (HD)	*	-	-
J * FD	*	**	*
J * HD	-	-	-
HD * FD	*	*	*
J * HD * FD	*	**	*

*** sehr hoch signifikant ** hoch signifikant * signifikant

Den deutlichsten Einfluss auf den Kornertrag hatte am Standort „Kraichgau“ (Tabelle 27) die Frühjahrsdüngung, vermutlich wiederum eine Folge der zur frühen Vegetationsphase noch günstigen Wasserversorgung. Bei der Bewertung der Rohprotein- und Ölgehalte waren nun das Jahr und die Frühjahrsdüngung nahezu gleichermaßen prägend (N-Dynamik bei noch guter Wasserversorgung!). Für die Ausprägung des Ölgehaltes ist ähnliches anzunehmen wie im Falle der Vergleichsstandorte bei sehr hohem Jahreseinfluss (N-Dynamik) und kleinerer Bedeutung der N-Düngung.

Anhang – Teil 2 statistische Kennzahlen

Die Daten für Ertrag, Rohprotein und N-Abfuhr wurden für jedes Versuchsjahr getrennt und für alle Versuchsjahre gemischt mit SPSS ausgewertet. Eine Transformation der Daten sowie das Entfernen von Ausreißern war nicht notwendig.

Hierzu erfolgte mittels der Prozedur „univariate Varianzanalyse“ der Test der Zwischensubjekteffekte.

Ebenso wurden die geschätzten Randmittel für die Versuchsjahre, die Varianten und die Wiederholungen berechnet (mittlere Differenz mit einer Signifikanz auf dem 0,05 % Niveau).

Vergleich „JAHRE“

BEWERTUNG „JAHRESEINFLUSS ÜBER ALLE VARIANTEN“

Tabelle 1 mittlere Kornerträge [dt TM/ha], Rohprotein- und Ölgehalte [% TM]

	Kornertrag [dt TM/ha]		RP-Gehalt [% TM]		Öl-Gehalt [% TM]
2012	46,6	2012	17,8		
2013	47,1	2013	17,3	2013	49,7
2014	50,4	2014	14,8	2014	46,8
2015	44,0	2015	16,4	2015	43,9

Tabelle 2 statistische Maßzahlen „Kornerträge“

Jahr		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
2012	2013	-0,459		-1,981	1,062
	2014	-3,768	***	-5,289	-2,246
	2015	2,620	***	1,098	4,142
2013	2014	-3,308	***	-4,384	-2,232
	2015	3,079	***	2,003	4,155
2014	2015	6,388	***	5,312	7,464

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 3 statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

Jahr		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
2012	2013	0,563	***	0,356	0,769
	2014	2,986	***	2,779	3,192
	2015	1,424	***	1,217	1,631
2013	2014	2,423	***	2,277	2,569
	2015	0,862	***	0,715	1,008
2014	2015	-1,561	***	-1,708	-1,415

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 4 statistische Maßzahlen „Ölgehalte“

Jahr		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
2013	2014	2,886	***	2,725	3,046
	2015	5,792	***	5,631	5,953
2014	2015	2,906	***	2,745	3,067

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

BEWERTUNG „JAHRESEINFLUSS BEI FRÜHJAHRSDÜNGUNG (OHNE HERBSTDÜNGUNG)“

Tabelle 5 mittlere Kornerträge [dt TM/ha], Rohprotein- und Ölgehalte [% TM]

Kornertrag		RP-Gehalt		Öl-Gehalt	
[dt TM/ha]		[% TM]		[% TM]	
2012	45,5	2012	17,7		
2013	46,4	2013	17,1	2013	49,9
2014	49,8	2014	14,8	2014	46,8
2015	42,9	2015	16,3	2015	43,9

Tabelle 6 statistische Maßzahlen „Kornerträge“

Jahr		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
2012	2013	-0,896		-3,537	1,745
	2014	-4,248	***	-6,889	-1,607
	2015	2,593		-0,048	5,233
2013	2014	-3,352	***	-5,219	-1,485
	2015	3,489	***	1,621	5,356
2014	2015	6,841	***	4,973	8,708

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 7 statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

Jahr		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
2012	2013	0,573	***	0,271	0,874
	2014	2,859	***	2,558	3,161
	2015	1,344	***	1,042	1,645
2013	2014	2,286	***	2,073	2,500
	2015	0,771	***	0,558	0,984
2014	2015	-1,516	***	-1,729	-1,302

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 8 statistische Maßzahlen „Ölgehalte“

Jahr		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
2013	2014	3,133	***	2,892	3,374
	2015	5,939	***	5,697	6,180
2014	2015	2,805	***	2,564	3,046

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

BEWERTUNG „JAHRESEINFLUSS BEI FRÜHJAHRSDÜNGUNG (MIT HERBSTDÜNGUNG)“

Tabelle 9 mittlere Kornerträge [dt TM/ha], Rohprotein- und Ölgehalte [% TM]

Kornertrag		RP-Gehalt		Öl-Gehalt	
[dt TM/ha]		[% TM]		[% TM]	
2012	47,7	2012	18,0		
2013	47,8	2013	17,4	2013	49,5
2014	51,0	2014	14,8	2014	46,9
2015	45,1	2015	16,5	2015	43,9

Tabelle 10 statistische Maßzahlen „Kornerträge“

Jahr		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
2012	2013	-0,026		-1,576	1,524
	2014	-3,286	***	-4,837	-1,736
	2015	2,645	***	1,095	4,195
2013	2014	-3,260	***	-4,357	-2,164
	2015	2,671	***	1,575	3,767
2014	2015	5,931	***	4,835	7,027

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 11 statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

Jahr		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
2012	2013	0,568	***	0,280	0,856
	2014	3,123	***	2,835	3,411
	2015	1,516	***	1,228	1,803
2013	2014	2,555	***	2,352	2,759
	2015	0,948	***	0,744	1,151
2014	2015	-1,607	***	-1,811	-1,404

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 12 statistische Maßzahlen „Ölgehalte“

Jahr		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
2013	2014	2,640	***	2,422	2,857
	2015	5,638	***	5,420	5,855
2014	2015	2,998	***	2,780	3,215

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Vergleich „STANDORT“

BEWERTUNG „STANDORTEINFLUSS ÜBER ALLE VARIANTEN“

Tabelle 13 mittlere Kornerträge [dt TM/ha], Rohprotein- und Ölgehalte [% TM]

	Kornertrag [dt TM/ha]		RP-Gehalt [% TM]
Hohenlohe	48,9	Hohenlohe	17,9
Kraichgau	39,4	Kraichgau	15,2
Neckar-Odenwald	52,4	Neckar-Odenwald	15,4

	Öl-Gehalt [% TM]
Hohenlohe	43,8
Kraichgau	49,5
Neckar-Odenwald	47,1

Tabelle 14 statistische Maßzahlen „Kornerträge“

Standort		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
Hohenlohe	Kraichgau	9,588	***	8,675	10,500
	Neckar-Odenwald	-3,482	***	-4,395	-2,569
Kraichgau	Neckar-Odenwald	-13,070	***	-14,045	-12,094

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 15 statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

Standort		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
Hohenlohe	Kraichgau	2,644	***	2,520	2,768
	Neckar-Odenwald	2,479	***	2,355	2,603
Kraichgau	Neckar-Odenwald	-0,165	***	-0,298	-0,033

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 16 statistische Maßzahlen „Ölgehalte“

Standort		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
Hohenlohe	Kraichgau	-5,758	***	-5,919	-5,598
	Neckar-Odenwald	-3,374	***	-3,535	-3,214
Kraichgau	Neckar-Odenwald	2,384	***	2,224	2,545

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

BEWERTUNG „JAHRESEINFLUSS BEI FRÜHJAHRSDÜNGUNG (OHNE HERBSTDÜNGUNG)“

Tabelle 17 mittlere Kornerträge [dt TM/ha], Rohprotein- und Ölgehalte [% TM]

	Kornertrag [dt TM/ha]		RP-Gehalt [% TM]
Hohenlohe	48,2	Hohenlohe	17,8
Kraichgau	38,2	Kraichgau	15,2
Neckar-Odenwald	51,8	Neckar-Odenwald	15,3
	Öl-Gehalt [% TM]		
Hohenlohe	43,9		
Kraichgau	49,5		
Neckar-Odenwald	47,2		

Tabelle 18 statistische Maßzahlen „Kornerträge“

Standort		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
Hohenlohe	Kraichgau	9,914	***	8,331	11,496
	Neckar-Odenwald	-3,683	***	-5,266	-2,100
Kraichgau	Hohenlohe	-13,597	***	-15,289	-11,905

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 19 statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

Standort		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
Hohenlohe	Kraichgau	2,602	***	2,421	2,783
	Neckar-Odenwald	2,445	***	2,264	2,626
Kraichgau	Hohenlohe	-0,157		-0,350	0,036

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 20 statistische Maßzahlen „Ölgehalte“

Jahr		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
Hohenlohe	Kraichgau	-5,667	***	-5,908	-5,426
	Neckar-Odenwald	-3,333	***	-3,574	-3,092
Kraichgau	Hohenlohe	2,333	***	2,092	2,574

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

BEWERTUNG „JAHRESEINFLUSS BEI FRÜHJAHRSDÜNGUNG (MIT HERBSTDÜNGUNG)“

Tabelle 21 mittlere Kornerträge [dt TM/ha], Rohprotein- und Ölgehalte [% TM]

	Kornertrag [dt TM/ha]		RP-Gehalt [% TM]
Hohenlohe	49,7	Hohenlohe	18,0
Kraichgau	40,5	Kraichgau	15,3
Neckar-Odenwald	53,0	Neckar-Odenwald	15,5
	Öl-Gehalt [% TM]		
Hohenlohe	43,6		
Kraichgau	49,5		
Neckar-Odenwald	47,1		

Tabelle 22 statistische Maßzahlen „Kornerträge“

Standort		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
Hohenlohe	Kraichgau	9,253	***	8,324	10,182
	Neckar-Odenwald	-3,283	***	-4,212	-2,353
Kraichgau	Hohenlohe	-12,535	***	-13,529	-11,542

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 23 statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

Standort		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
Hohenlohe	Kraichgau	2,696	***	2,524	2,869
	Neckar-Odenwald	2,518	***	2,345	2,691
Kraichgau	Hohenlohe	-0,178		-0,363	0,006

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 24 statistische Maßzahlen „Ölgehalte“

Jahr		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
Hohenlohe	Kraichgau	-5,870	***	-6,087	-5,652
	Neckar-Odenwald	-3,412	***	-3,630	-3,195
Kraichgau	Hohenlohe	2,457	***	2,240	2,675

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Vergleich „DÜNGUNG“

BEWERTUNG „HERBSTDÜNGUNG“ (über alle Frühjahrsvarianten)

Tabelle 25 mittlere Kornerträge [dt TM/ha], Rohprotein- und Ölgehalte [% TM]

	Kornertrag [dt TM/ha]		RP-Gehalt [% TM]
ohne Herbstdüngung	46,3	ohne Herbstdüngung	16,2
mit Herbstdüngung	47,9	mit Herbstdüngung	16,4
	Ölgehalt [% TM]		
ohne N	46,9		
150 kg N/ha	46,7		

Tabelle 26 statistische Maßzahlen „Kornerträge“

N-Düngung		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	40 kg N/ha	-1,639	***	-2,257	-1,021

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 27 statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

N-Düngung		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	40 kg N/ha	0,159	***	-0,243	-0,075

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 28 statistische Maßzahlen „Ölgehalte“

N-Düngung		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	40 kg N/ha	0,127	***	0,020	0,234

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

BEWERTUNG „FRÜHJAHRSDÜNGUNG (OHNE/MIT HERBSTDÜNGUNG)“

Tabelle 29 mittlere Kornerträge [dt TM/ha], Rohprotein- und Ölgehalte [% TM]

	Kornertrag [dt TM/ha]		RP-Gehalt [% TM]
ohne N	33,9	ohne N	14,1
150 kg N/ha	48,6	150 kg N/ha	16,1
180 kg N/ha	48,8	180 kg N/ha	16,8
210 kg N/ha	50,0	210 kg N/ha	17,1
240 kg N/ha	50,6	240 kg N/ha	17,5
190 NID	49,1	190 NID	16,5
190 frz. Biomassemodell	47,3	190 frz. Biomassemodell	15,9
190 Kieler Modell	48,6	190 Kieler Modell	16,6
	Ölgehalt [% TM]		
ohne N	49,0		
150 kg N/ha	46,9		
180 kg N/ha	46,3		
210 kg N/ha	46,0		
240 kg N/ha	45,7		
190 NID	46,6		
190 frz. Biomassemodell	47,2		
190 Kieler Modell	46,5		

Tabelle 30 statistische Maßzahlen „Kornerträge“

N-Düngung		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	150 kg N/ha	-14,679	***	-16,656	-12,703
	180 kg N/ha	-14,953	***	-16,930	-12,977
	210 kg N/ha	-16,066	***	-18,043	-14,090
	240 kg N/ha	-16,735	***	-18,712	-14,759
	190 NID	-15,212	***	-17,188	-13,235
	190 frz. Biomassemodell	-13,401	***	-15,377	-11,424
	190 Kieler Modell	-14,655	***	-16,632	-12,679
150 kg N/ha	180 kg N/ha	-0,274		-2,251	1,702
	210 kg N/ha	-1,387		-3,364	0,589
	240 kg N/ha	-2,056	***	-4,033	-0,079
	190 NID	-0,532		-2,509	1,444
	190 frz. Biomassemodell	1,278		-0,698	3,255
	190 Kieler Modell	0,024		-1,953	2,000
180 kg N/ha	210 kg N/ha	-1,113		-3,090	0,863
	240 kg N/ha	-1,782		-3,758	0,195
	190 NID	-0,258		-2,235	1,718
	190 frz. Biomassemodell	1,553		-0,424	3,529
	190 Kieler Modell	0,298		-1,678	2,275
210 kg N/ha	240 kg N/ha	-0,669		-2,645	1,308
	190 NID	0,855		-1,122	2,831
	190 frz. Biomassemodell	2,666	***	0,689	4,642
	190 Kieler Modell	1,411		-0,565	3,388
240 kg N/ha	190 NID	1,524		-0,453	3,500
	190 frz. Biomassemodell	3,334	***	1,358	5,311
	190 Kieler Modell	2,08	***	0,103	4,056
190 NID	190 frz. Biomassemodell	1,811		-0,166	3,787
	190 Kieler Modell	0,556		-1,420	2,533
190 frz. Biomassemodell	190 Kieler Modell	-1,254		-3,231	0,722

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 31 statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

N-Düngung		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	150 kg N/ha	-1,970	***	-2,239	-1,701
	180 kg N/ha	-2,655	***	-2,923	-2,386
	210 kg N/ha	-2,986	***	-3,255	-2,717
	240 kg N/ha	-3,359	***	-3,627	-3,090
	190 NID	-2,384	***	-2,653	-2,115
	190 frz. Biomassemodell	-1,769	***	-2,038	-1,501
	190 Kieler Modell	-2,454	***	-2,722	-2,185
150 kg N/ha	180 kg N/ha	-0,685	***	-0,953	-0,416
	210 kg N/ha	-1,016	***	-1,285	-0,748
	240 kg N/ha	-1,389	***	-1,658	-1,120
	190 NID	-0,414	***	-0,683	-0,146
	190 frz. Biomassemodell	0,201		-0,068	0,469
	190 Kieler Modell	-0,484	***	-0,753	-0,215
180 kg N/ha	210 kg N/ha	-0,332	***	-0,600	-0,063
	240 kg N/ha	-0,704	***	-0,973	-0,435
	190 NID	0,270	***	0,002	0,539
	190 frz. Biomassemodell	0,885	***	0,617	1,154
	190 Kieler Modell	0,201		-0,068	0,470
210 kg N/ha	240 kg N/ha	-0,373	***	-0,641	-0,104
	190 NID	0,602	***	0,333	0,871
	190 frz. Biomassemodell	1,217	***	0,948	1,486
	190 Kieler Modell	0,532	***	0,264	0,801
240 kg N/ha	190 NID	0,975	***	0,706	1,243
	190 frz. Biomassemodell	1,589	***	1,321	1,858
	190 Kieler Modell	0,905	***	0,636	1,174
190 NID	190 frz. Biomassemodell	0,615	***	0,346	0,884
	190 Kieler Modell	-0,070		-0,338	0,199
190 frz. Biomassemodell	190 Kieler Modell	-0,684	***	-0,953	-0,416

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 32 statistische Maßzahlen „Ölgehalte“

N-Düngung		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	150 kg N/ha	2,104	***	1,760	2,447
	180 kg N/ha	2,713	***	2,370	3,056
	210 kg N/ha	3,021	***	2,678	3,364
	240 kg N/ha	3,348	***	3,005	3,691
	190 NID	2,461	***	2,118	2,804
	190 frz. Biomassemodell	1,81	***	1,467	2,153
	190 Kieler Modell	2,518	***	2,175	2,861
150 kg N/ha	180 kg N/ha	0,609	***	0,266	0,952
	210 kg N/ha	0,918	***	0,575	1,261
	240 kg N/ha	1,245	***	0,902	1,588
	190 NID	0,358	***	0,015	0,701
	190 frz. Biomassemodell	-0,293		-0,636	0,050
	190 Kieler Modell	0,414	***	0,071	0,757
	180 kg N/ha	210 kg N/ha	0,308		-0,035
240 kg N/ha		0,635	***	0,292	0,979
190 NID		-0,252		-0,595	0,091
190 frz. Biomassemodell		-0,903	***	-1,246	-0,560
190 Kieler Modell		-0,195		-0,538	0,148
210 kg N/ha	240 kg N/ha	0,327		-0,016	0,670
	190 NID	-0,56	***	-0,903	-0,217
	190 frz. Biomassemodell	-1,211	***	-1,554	-0,868
	190 Kieler Modell	-0,504	***	-0,847	-0,161
240 kg N/ha	190 NID	-0,887	***	-1,230	-0,544
	190 frz. Biomassemodell	-1,538	***	-1,881	-1,195
	190 Kieler Modell	-0,831	***	-1,174	-0,488
190 NID	190 frz. Biomassemodell	-0,651	***	-0,994	-0,308
	190 Kieler Modell	0,056		-0,287	0,400
190 frz. Biomassemodell	190 Kieler Modell	0,707	***	0,364	1,051

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

BEWERTUNG „FRÜHJAHRSDÜNGUNG (OHNE HERBSTDÜNGUNG)“

Tabelle 33 mittlere Kornerträge [dt TM/ha], Rohprotein- und Ölgehalte [% TM]

<u>ohne Herbstdüngung</u>		<u>ohne Herbstdüngung</u>	
	Kornertrag [dt TM/ha]		RP-Gehalt [% TM]
ohne N	31,9	ohne N	14,1
150 kg N/ha	47,7	150 kg N/ha	16,0
180 kg N/ha	47,9	180 kg N/ha	16,7
210 kg N/ha	49,3	210 kg N/ha	17,0
240 kg N/ha	49,9	240 kg N/ha	17,3
190 NID	48,8	190 NID	16,4
190 frz. Biomassemodell	47,2	190 frz. Biomassemodell	16,0
190 Kieler Modell	47,6	190 Kieler Modell	16,5

<u>ohne Herbstdüngung</u>	
	Öl-Gehalt [% TM]
ohne N	49,1
150 kg N/ha	47,1
180 kg N/ha	46,4
210 kg N/ha	46,1
240 kg N/ha	45,8
190 NID	46,8
190 frz. Biomassemodell	47,1
190 Kieler Modell	46,5

Tabelle 34 statistische Maßzahlen „Kornerträge“

N-Düngung		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	150 kg N/ha	-15,785	***	-18,947	-12,622
	180 kg N/ha	-16,046	***	-19,208	-12,883
	210 kg N/ha	-17,413	***	-20,575	-14,250
	240 kg N/ha	-18,043	***	-21,205	-14,880
	190 NID	-16,873	***	-20,036	-13,711
	190 frz. Biomassemodell	-15,316	***	-18,478	-12,153
	190 Kieler Modell	-15,725	***	-18,888	-12,562
150 kg N/ha	180 kg N/ha	-0,261		-3,423	2,902
	210 kg N/ha	-1,628		-4,790	1,535
	240 kg N/ha	-2,258		-5,420	0,905
	190 NID	-1,089		-4,251	2,074
	190 frz. Biomassemodell	0,469		-2,694	3,632
	190 Kieler Modell	0,060		-3,103	3,222
180 kg N/ha	210 kg N/ha	-1,367		-4,530	1,796
	240 kg N/ha	-1,997		-5,160	1,166
	190 NID	-0,828		-3,991	2,335
	190 frz. Biomassemodell	0,730		-2,433	3,892
	190 Kieler Modell	0,321		-2,842	3,483
210 kg N/ha	240 kg N/ha	-0,630		-3,793	2,533
	190 NID	0,539		-2,623	3,702
	190 frz. Biomassemodell	2,097		-1,066	5,259
	190 Kieler Modell	1,688		-1,475	4,850
240 kg N/ha	190 NID	1,169		-1,993	4,332
	190 frz. Biomassemodell	2,727		-0,436	5,890
	190 Kieler Modell	2,318		-0,845	5,480
190 NID	190 frz. Biomassemodell	1,558		-1,605	4,720
	190 Kieler Modell	1,149		-2,014	4,311
190 frz. Biomassemodell	190 Kieler Modell	-0,409		-3,572	2,753

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 35 statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

N-Düngung		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	150 kg N/ha	-1,864	***	-2,294	-1,434
	180 kg N/ha	-2,583	***	-3,013	-2,153
	210 kg N/ha	-2,917	***	-3,347	-2,487
	240 kg N/ha	-3,214	***	-3,644	-2,784
	190 NID	-2,292	***	-2,722	-1,862
	190 frz. Biomassemodell	-1,873	***	-2,303	-1,443
	190 Kieler Modell	-2,433	***	-2,863	-2,003
150 kg N/ha	180 kg N/ha	-0,719	***	-1,149	-0,289
	210 kg N/ha	-1,053	***	-1,483	-0,623
	240 kg N/ha	-1,350	***	-1,780	-0,920
	190 NID	-0,428		-0,858	0,002
	190 frz. Biomassemodell	-0,009		-0,439	0,421
	190 Kieler Modell	-0,569	***	-0,999	-0,139
180 kg N/ha	210 kg N/ha	-0,335		-0,765	0,095
	240 kg N/ha	-0,631	***	-1,061	-0,201
	190 NID	0,290		-0,140	0,720
	190 frz. Biomassemodell	0,710	***	0,280	1,140
	190 Kieler Modell	0,150		-0,280	0,580
210 kg N/ha	240 kg N/ha	-0,296		-0,726	0,134
	190 NID	0,625	***	0,195	1,055
	190 frz. Biomassemodell	1,045	***	0,615	1,475
	190 Kieler Modell	0,484	***	0,054	0,914
240 kg N/ha	190 NID	0,921	***	0,491	1,351
	190 frz. Biomassemodell	1,341	***	0,911	1,771
	190 Kieler Modell	0,781	***	0,351	1,211
190 NID	190 frz. Biomassemodell	0,420		-0,010	0,850
	190 Kieler Modell	-0,141		-0,571	0,289
190 frz. Biomassemodell	190 Kieler Modell	-0,560	***	-0,990	-0,130

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 36 statistische Maßzahlen „Ölgehalte“

N-Düngung		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	150 kg N/ha	1,975	***	1,459	2,491
	180 kg N/ha	2,686	***	2,170	3,202
	210 kg N/ha	2,950	***	2,434	3,466
	240 kg N/ha	3,272	***	2,756	3,788
	190 NID	2,322	***	1,806	2,838
	190 frz. Biomassemodell	1,978	***	1,462	2,494
	190 Kieler Modell	2,556	***	2,039	3,072
150 kg N/ha	180 kg N/ha	0,711	***	0,195	1,227
	210 kg N/ha	0,975	***	0,459	1,491
	240 kg N/ha	1,297	***	0,781	1,813
	190 NID	0,347		-0,169	0,863
	190 frz. Biomassemodell	0,003		-0,513	0,519
	190 Kieler Modell	0,581	***	0,064	1,097
180 kg N/ha	210 kg N/ha	0,264		-0,252	0,780
	240 kg N/ha	0,586	***	0,070	1,102
	190 NID	-0,364		-0,880	0,152
	190 frz. Biomassemodell	-0,708	***	-1,224	-0,192
	190 Kieler Modell	-0,131		-0,647	0,386
210 kg N/ha	240 kg N/ha	0,322		-0,194	0,838
	190 NID	-0,628	***	-1,144	-0,112
	190 frz. Biomassemodell	-0,972	***	-1,488	-0,456
	190 Kieler Modell	-0,394		-0,911	0,122
240 kg N/ha	190 NID	-0,950	***	-1,466	-0,434
	190 frz. Biomassemodell	-1,294	***	-1,811	-0,778
	190 Kieler Modell	-0,717	***	-1,233	-0,201
190 NID	190 frz. Biomassemodell	-0,344		-0,861	0,172
	190 Kieler Modell	0,233		-0,283	0,749
190 frz. Biomassemodell	190 Kieler Modell	0,578	***	0,062	1,094

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

BEWERTUNG „FRÜHJAHRSDÜNGUNG (MIT HERBSTDÜNGUNG)“

Tabelle 37 mittlere Kornerträge [dt TM/ha], Rohprotein- und Ölgehalte [% TM]

<u>mit Herbstdüngung</u>		<u>mit Herbstdüngung</u>	
	Kornertrag [dt TM/ha]		RP-Gehalt [% TM]
ohne N	35,9	ohne N	14,2
150 kg N/ha	49,5	150 kg N/ha	16,2
180 kg N/ha	49,8	180 kg N/ha	16,9
210 kg N/ha	50,6	210 kg N/ha	17,2
240 kg N/ha	51,3	240 kg N/ha	17,7
190 NID	49,5	190 NID	16,6
190 frz. Biomassemodell	47,4	190 frz. Biomassemodell	15,8
190 Kieler Modell	49,5	190 Kieler Modell	16,6
 <u>mit Herbstdüngung</u>			
	Öl-Gehalt [% TM]		
ohne N	49,0		
150 kg N/ha	46,8		
180 kg N/ha	46,3		
210 kg N/ha	45,9		
240 kg N/ha	45,6		
190 NID	46,4		
190 frz. Biomassemodell	47,4		
190 Kieler Modell	46,5		

Tabelle 38 statistische Maßzahlen „Kornerträge“

N-Düngung		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	150 kg N/ha	-13,573	***	-16,736	-10,411
	180 kg N/ha	-13,861	***	-17,023	-10,698
	210 kg N/ha	-14,720	***	-17,883	-11,558
	240 kg N/ha	-15,428	***	-18,590	-12,265
	190 NID	-13,550	***	-16,712	-10,387
	190 frz. Biomassemodell	-11,486	***	-14,648	-8,323
	190 Kieler Modell	-13,585	***	-16,748	-10,423
150 kg N/ha	180 kg N/ha	-0,287		-3,450	2,875
	210 kg N/ha	-1,147		-4,309	2,016
	240 kg N/ha	-1,854		-5,017	1,308
	190 NID	0,024		-3,139	3,186
	190 frz. Biomassemodell	2,088		-1,075	5,250
	190 Kieler Modell	-0,012		-3,175	3,151
180 kg N/ha	210 kg N/ha	-0,859		-4,022	2,303
	240 kg N/ha	-1,567		-4,729	1,596
	190 NID	0,311		-2,851	3,474
	190 frz. Biomassemodell	2,375		-0,787	5,538
	190 Kieler Modell	0,276		-2,887	3,438
210 kg N/ha	240 kg N/ha	-0,707		-3,870	2,455
	190 NID	1,171		-1,992	4,333
	190 frz. Biomassemodell	3,235	***	0,072	6,397
	190 Kieler Modell	1,135		-2,028	4,298
240 kg N/ha	190 NID	1,878		-1,285	5,041
	190 frz. Biomassemodell	3,942	***	0,779	7,105
	190 Kieler Modell	1,842		-1,320	5,005
190 NID	190 frz. Biomassemodell	2,064		-1,099	5,227
	190 Kieler Modell	-0,036		-3,198	3,127
190 frz. Biomassemodell	190 Kieler Modell	-2,100		-5,262	1,063

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 39 statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

N-Düngung		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	150 kg N/ha	-2,076	***	-2,506	-1,646
	180 kg N/ha	-2,726	***	-3,156	-2,296
	210 kg N/ha	-3,055	***	-3,485	-2,625
	240 kg N/ha	-3,504	***	-3,934	-3,074
	190 NID	-2,476	***	-2,906	-2,046
	190 frz. Biomassemodell	-1,666	***	-2,096	-1,236
	190 Kieler Modell	-2,474	***	-2,904	-2,044
150 kg N/ha	180 kg N/ha	-0,651	***	-1,081	-0,221
	210 kg N/ha	-0,979	***	-1,409	-0,549
	240 kg N/ha	-1,428	***	-1,858	-0,998
	190 NID	-0,400		-0,830	0,030
	190 frz. Biomassemodell	0,410		-0,020	0,840
	190 Kieler Modell	-0,399		-0,829	0,031
180 kg N/ha	210 kg N/ha	-0,329		-0,759	0,101
	240 kg N/ha	-0,778	***	-1,208	-0,348
	190 NID	0,250		-0,180	0,680
	190 frz. Biomassemodell	1,060	***	0,630	1,490
	190 Kieler Modell	0,252		-0,178	0,682
210 kg N/ha	240 kg N/ha	-0,449	***	-0,879	-0,019
	190 NID	0,579	***	0,149	1,009
	190 frz. Biomassemodell	1,389	***	0,959	1,819
	190 Kieler Modell	0,581	***	0,151	1,011
240 kg N/ha	190 NID	1,028	***	0,598	1,458
	190 frz. Biomassemodell	1,838	***	1,408	2,268
	190 Kieler Modell	1,030	***	0,600	1,460
190 NID	190 frz. Biomassemodell	0,810	***	0,380	1,240
	190 Kieler Modell	0,002		-0,428	0,432
190 frz. Biomassemodell	190 Kieler Modell	-0,808	***	-1,238	-0,378

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 40 statistische Maßzahlen „Ölgehalte“

N-Düngung		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	150 kg N/ha	2,228	***	1,762	2,693
	180 kg N/ha	2,747	***	2,282	3,213
	210 kg N/ha	3,103	***	2,637	3,568
	240 kg N/ha	3,419	***	2,954	3,885
	190 NID	2,611	***	2,145	3,077
	190 frz. Biomassemodell	1,642	***	1,176	2,107
	190 Kieler Modell	2,475	***	2,009	2,941
150 kg N/ha	180 kg N/ha	0,519	***	0,054	0,985
	210 kg N/ha	0,875	***	0,409	1,341
	240 kg N/ha	1,192	***	0,726	1,657
	190 NID	0,383		-0,082	0,849
	190 frz. Biomassemodell	-0,586	***	-1,052	-0,120
	190 Kieler Modell	0,247		-0,218	0,713
180 kg N/ha	210 kg N/ha	0,356		-0,110	0,821
	240 kg N/ha	0,672	***	0,207	1,138
	190 NID	-0,136		-0,602	0,330
	190 frz. Biomassemodell	-1,106	***	-1,571	-0,640
	190 Kieler Modell	-0,272		-0,738	0,193
210 kg N/ha	240 kg N/ha	0,317		-0,149	0,782
	190 NID	-0,492	***	-0,957	-0,026
	190 frz. Biomassemodell	-1,461	***	-1,927	-0,995
	190 Kieler Modell	-0,628	***	-1,093	-0,162
240 kg N/ha	190 NID	-0,808	***	-1,274	-0,343
	190 frz. Biomassemodell	-1,778	***	-2,243	-1,312
	190 Kieler Modell	-0,944	***	-1,410	-0,479
190 NID	190 frz. Biomassemodell	-0,969	***	-1,435	-0,504
	190 Kieler Modell	-0,136		-0,602	0,330
190 frz. Biomassemodell	190 Kieler Modell	0,833	***	0,368	1,299

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Anhang – statistische Kennzahlen II

Einzelstandort – „HOHENLOHE“

Vergleich „JAHRE“

BEWERTUNG „JAHRESEINFLUSS ÜBER ALLE VARIANTEN“

Tabelle 41 mittlere Kornerträge [dt TM/ha], Rohprotein- und Ölgehalte [% TM]

	Kornertrag [dt TM/ha]		RP-Gehalt [% TM]		Öl-Gehalt [% TM]
2012	46,6	2012	17,8		
2013	52,7	2013	18,2	2013	47,0
2014	60,1	2014	17,9	2014	42,6
2015	36,3	2015	17,6	2015	41,6

Tabelle 42 statistische Maßzahlen „Kornerträge“

Jahr		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
2012	2013	-6,083	***	-9,005	-3,160
	2014	-13,512	***	-16,435	-10,590
	2015	10,344	***	7,421	13,266
2013	2014	-7,430	***	-10,352	-4,507
	2015	16,427	***	13,504	19,349
2014	2015	23,856	***	20,934	26,779

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 43 statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

Jahr		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
2012	2013	-0,366		-1,036	0,305
	2014	-0,056		-0,727	0,614
	2015	0,255		-0,416	0,925
2013	2014	0,309		-0,361	0,980
	2015	0,620		-0,050	1,291
2014	2015	0,311		-0,359	0,981

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 44 statistische Maßzahlen „Ölgehalte“

Jahr		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
2013	2014	4,422	***	3,733	5,111
	2015	5,423	***	4,734	6,113
2014	2015	1,002	***	0,312	1,691

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

BEWERTUNG „HERBSTDÜNGUNG“ (UNABHÄNGIG VON EINER FRÜHJAHRSDÜNGUNG)

Tabelle 45 mittlere Kornerträge [dt TM/ha], Rohprotein- und Ölgehalte [% TM]

	Kornertrag [dt TM/ha]		RP-Gehalt [% TM]
ohne Herbstdüngung	48,2	ohne Herbstdüngung	17,8
mit Herbstdüngung	49,7	mit Herbstdüngung	18,0
	Ölgehalt [% TM]		
ohne Herbstdüngung	43,9		
mit Herbstdüngung	43,6		

Tabelle 46 statistische Maßzahlen „Kornerträge“

N-Düngung		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	40 kg N/ha	-1,560	***	-3,087	-0,034

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 47 statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

N-Düngung		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	40 kg N/ha	-0,205		-0,558	0,147

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 48 statistische Maßzahlen „Ölgehalte“

N-Düngung		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	40 kg N/ha	0,219		-0,242	0,680

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

BEWERTUNG „FRÜHJAHRSDÜNGUNG“ (UNABHÄNGIG VON EINER HERBSTDÜNGUNG)

Tabelle 49 mittlere Kornerträge [dt TM/ha], Rohprotein- und Ölgehalte [% TM]

	Kornertrag [dt TM/ha]		RP-Gehalt [% TM]
ohne N	37,6	ohne N	15,0
150 kg N/ha	50,4	150 kg N/ha	17,7
180 kg N/ha	50,4	180 kg N/ha	18,4
210 kg N/ha	50,6	210 kg N/ha	18,7
240 kg N/ha	51,3	240 kg N/ha	18,8
190 NID	50,7	190 NID	18,3
190 frz. Biomassemodell	50,2	190 frz. Biomassemodell	17,7
190 Kieler Modell	50,3	190 Kieler Modell	18,2
	Ölgehalt [% TM]		
ohne N	47,0		
150 kg N/ha	43,8		
180 kg N/ha	43,1		
210 kg N/ha	42,9		
240 kg N/ha	42,8		
190 NID	43,1		
190 frz. Biomassemodell	43,9		
190 Kieler Modell	43,4		

Tabelle 50 statistische Maßzahlen „Kornerträge“

N-Düngung		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	150 kg N/ha	-12,709	***	-15,661	-9,757
	180 kg N/ha	-12,797	***	-15,749	-9,845
	210 kg N/ha	-12,913	***	-15,864	-9,961
	240 kg N/ha	-13,681	***	-16,633	-10,729
	190 NID	-13,056	***	-16,008	-10,104
	190 frz. Biomassemodell	-12,550	***	-15,502	-9,598
	190 Kieler Modell	-12,609	***	-15,561	-9,657
150 kg N/ha	180 kg N/ha	-0,087		-3,039	2,864
	210 kg N/ha	-0,203		-3,155	2,749
	240 kg N/ha	-0,972		-3,924	1,980
	190 NID	-0,347		-3,299	2,605
	190 frz. Biomassemodell	0,159		-2,793	3,111
	190 Kieler Modell	0,100		-2,852	3,052
180 kg N/ha	210 kg N/ha	-0,116		-3,068	2,836
	240 kg N/ha	-0,884		-3,836	2,068
	190 NID	-0,259		-3,211	2,693
	190 frz. Biomassemodell	0,247		-2,705	3,199
	190 Kieler Modell	0,188		-2,764	3,139
210 kg N/ha	240 kg N/ha	-0,769		-3,721	2,183
	190 NID	-0,144		-3,096	2,808
	190 frz. Biomassemodell	0,363		-2,589	3,314
	190 Kieler Modell	0,303		-2,649	3,255
240 kg N/ha	190 NID	0,625		-2,327	3,577
	190 frz. Biomassemodell	1,131		-1,821	4,083
	190 Kieler Modell	1,072		-1,880	4,024
190 NID	190 frz. Biomassemodell	0,506		-2,446	3,458
	190 Kieler Modell	0,447		-2,505	3,399
190 frz. Biomassemodell	190 Kieler Modell	-0,059		-3,011	2,893

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 51 statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

N-Düngung		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	150 kg N/ha	-2,750	***	-3,264	-2,236
	180 kg N/ha	-3,434	***	-3,948	-2,920
	210 kg N/ha	-3,659	***	-4,173	-3,145
	240 kg N/ha	-3,844	***	-4,358	-3,330
	190 NID	-3,306	***	-3,820	-2,792
	190 frz. Biomassemodell	-2,753	***	-3,267	-2,239
	190 Kieler Modell	-3,225	***	-3,739	-2,711
150 kg N/ha	180 kg N/ha	-0,684	***	-1,198	-0,170
	210 kg N/ha	-0,909	***	-1,423	-0,395
	240 kg N/ha	-1,094	***	-1,608	-0,580
	190 NID	-0,556	***	-1,070	-0,042
	190 frz. Biomassemodell	-0,003		-0,517	0,511
	190 Kieler Modell	-0,475		-0,989	0,039
180 kg N/ha	210 kg N/ha	-0,225		-0,739	0,289
	240 kg N/ha	-0,409		-0,923	0,105
	190 NID	0,128		-0,386	0,642
	190 frz. Biomassemodell	0,681	***	0,167	1,195
	190 Kieler Modell	0,209		-0,305	0,723
210 kg N/ha	240 kg N/ha	-0,184		-0,698	0,330
	190 NID	0,353		-0,161	0,867
	190 frz. Biomassemodell	0,906	***	0,392	1,420
	190 Kieler Modell	0,434		-0,080	0,948
240 kg N/ha	190 NID	0,537	***	0,023	1,052
	190 frz. Biomassemodell	1,091	***	0,577	1,605
	190 Kieler Modell	0,619	***	0,105	1,133
190 NID	190 frz. Biomassemodell	0,553	***	0,039	1,067
	190 Kieler Modell	0,081		-0,433	0,595
190 frz. Biomassemodell	190 Kieler Modell	-0,472		-0,986	0,042

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 52 statistische Maßzahlen „Ölgehalte“

N-Düngung		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	150 kg N/ha	3,183	***	2,396	3,971
	180 kg N/ha	3,842	***	3,054	4,629
	210 kg N/ha	4,079	***	3,291	4,867
	240 kg N/ha	4,133	***	3,346	4,921
	190 NID	3,812	***	3,025	4,600
	190 frz. Biomassemodell	3,042	***	2,254	3,829
	190 Kieler Modell	3,567	***	2,779	4,354
150 kg N/ha	180 kg N/ha	0,658		-0,129	1,446
	210 kg N/ha	0,896	***	0,108	1,684
	240 kg N/ha	0,950	***	0,162	1,738
	190 NID	0,629		-0,159	1,417
	190 frz. Biomassemodell	-0,142		-0,929	0,646
	190 Kieler Modell	0,383		-0,404	1,171
	180 kg N/ha	210 kg N/ha	0,238		-0,550
240 kg N/ha		0,292		-0,496	1,079
190 NID		-0,029		-0,817	0,759
190 frz. Biomassemodell		-0,800	***	-1,588	-0,012
190 Kieler Modell		-0,275		-1,063	0,513
210 kg N/ha	240 kg N/ha	0,054		-0,734	0,842
	190 NID	-0,267		-1,054	0,521
	190 frz. Biomassemodell	-1,038	***	-1,825	-0,250
	190 Kieler Modell	-0,513		-1,300	0,275
240 kg N/ha	190 NID	-0,321		-1,109	0,467
	190 frz. Biomassemodell	-1,092	***	-1,879	-0,304
	190 Kieler Modell	-0,567		-1,354	0,221
190 NID	190 frz. Biomassemodell	-0,771		-1,559	0,017
	190 Kieler Modell	-0,246		-1,034	0,542
190 frz. Biomassemodell	190 Kieler Modell	0,525		-0,263	1,313

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Einzelstandort – „NECKAR-ODENWALD“

Vergleich „JAHRE“

BEWERTUNG „JAHREINFLUSS ÜBER ALLE VARIANTEN“

Tabelle 53 mittlere Kornerträge [dt TM/ha], Rohprotein- und Ölgehalte [% TM]

	Kornertrag [dt TM/ha]		RP-Gehalt [% TM]		Öl-Gehalt [% TM]
2013	47,3	2013	17,0	2013	50,7
2014	50,1	2014	13,0	2014	49,3
2015	60,9	2015	16,1	2015	41,4

Tabelle 54 statistische Maßzahlen „Kornerträge“

Jahr		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
2013	2014	-2,825	***	-5,405	-0,245
	2015	-13,575	***	-16,155	-10,995
2014	2015	-10,750	***	-13,330	-8,170

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 55 statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

Jahr		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
2013	2014	0,039	***	3,606	4,472
	2015	0,955	***	0,521	1,388
2014	2015	-3,084	***	-3,518	-2,651

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 56 statistische Maßzahlen „Ölgehalte“

Jahr		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
2013	2014	1,330	***	0,854	1,805
	2015	9,314	***	8,839	9,790
2014	2015	7,984	***	7,509	8,460

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

BEWERTUNG „HERBSTDÜNGUNG“ (UNABHÄNGIG VON EINER FRÜHJAHRSDÜNGUNG)

Tabelle 57 mittlere Kornerträge [dt TM/ha], Rohprotein- und Ölgehalte [% TM]

	Kornertrag [dt TM/ha]		RP-Gehalt [% TM]
ohne Herbstdüngung	52,5	ohne Herbstdüngung	15,3
mit Herbstdüngung	53,0	mit Herbstdüngung	15,5
	Ölgehalt [% TM]		
ohne Herbstdüngung	47,2		
mit Herbstdüngung	47,1		

Tabelle 58 statistische Maßzahlen „Kornerträge“

N-Düngung		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
0 kg N/ha	40 kg N/ha			Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	40 kg N/ha	0,483		-2,216	1,249

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 59 statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

N-Düngung		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
0 kg N/ha	40 kg N/ha			Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	40 kg N/ha	0,132		-0,422	0,157

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 60 statistische Maßzahlen „Ölgehalte“

N-Düngung		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
0 kg N/ha	40 kg N/ha			Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	40 kg N/ha	0,140		-0,178	0,457

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

BEWERTUNG „FRÜHJAHRSDÜNGUNG“ (UNABHÄNGIG VON EINER HERBSTDÜNGUNG)

Tabelle 61 mittlere Kornerträge [dt TM/ha], Rohprotein- und Ölgehalte [% TM]

	Kornertrag [dt TM/ha]		RP-Gehalt [% TM]
ohne N	40,5	ohne N	13,6
150 kg N/ha	54,4	150 kg N/ha	15,3
180 kg N/ha	55,9	180 kg N/ha	16,0
210 kg N/ha	55,7	210 kg N/ha	16,0
240 kg N/ha	56,1	240 kg N/ha	16,3
190 NID	54,2	190 NID	15,6
190 frz. Biomassemodell	51,3	190 frz. Biomassemodell	14,8
190 Kieler Modell	53,9	190 Kieler Modell	15,5
	Ölgehalt [% TM]		
ohne N	49,1		
150 kg N/ha	47,0		
180 kg N/ha	46,5		
210 kg N/ha	46,5		
240 kg N/ha	46,2		
190 NID	46,9		
190 frz. Biomassemodell	47,6		
190 Kieler Modell	47,1		

Tabelle 62 statistische Maßzahlen „Kornerträge“

N-Düngung		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	150 kg N/ha	-13,883	***	-16,358	-11,408
	180 kg N/ha	-15,400	***	-17,875	-12,925
	210 kg N/ha	-15,113	***	-17,588	-12,637
	240 kg N/ha	-15,521	***	-17,996	-13,046
	190 NID	-13,675	***	-16,150	-11,200
	190 frz. Biomassemodell	-10,750	***	-13,225	-8,275
	190 Kieler Modell	-13,383	***	-15,858	-10,908
150 kg N/ha	180 kg N/ha	-1,517		-3,992	0,958
	210 kg N/ha	-1,229		-3,704	1,246
	240 kg N/ha	-1,637		-4,113	0,838
	190 NID	0,208		-2,267	2,683
	190 frz. Biomassemodell	3,133	***	0,658	5,608
	190 Kieler Modell	0,500		-1,975	2,975
180 kg N/ha	210 kg N/ha	0,287		-2,188	2,763
	240 kg N/ha	-0,121		-2,596	2,354
	190 NID	1,725		-0,750	4,200
	190 frz. Biomassemodell	4,650	***	2,175	7,125
	190 Kieler Modell	2,017		-0,458	4,492
210 kg N/ha	240 kg N/ha	-0,408		-2,883	2,067
	190 NID	1,438		-1,038	3,913
	190 frz. Biomassemodell	4,363	***	1,887	6,838
	190 Kieler Modell	1,729		-0,746	4,204
240 kg N/ha	190 NID	1,846		-0,629	4,321
	190 frz. Biomassemodell	4,771	***	2,296	7,246
	190 Kieler Modell	2,137		-0,338	4,613
190 NID	190 frz. Biomassemodell	2,925	***	0,450	5,400
	190 Kieler Modell	0,292		-2,183	2,767
190 frz. Biomassemodell	190 Kieler Modell	-2,633	***	-5,108	-0,158

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 63 statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

N-Düngung		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	150 kg N/ha	-1,779	***	-2,281	-1,277
	180 kg N/ha	-2,383	***	-2,886	-1,881
	210 kg N/ha	-2,479	***	-2,981	-1,977
	240 kg N/ha	-2,754	***	-3,256	-2,252
	190 NID	-2,025	***	-2,527	-1,523
	190 frz. Biomassemodell	-1,200	***	-1,702	-0,698
	190 Kieler Modell	-1,917	***	-2,419	-1,414
150 kg N/ha	180 kg N/ha	-0,604	***	-1,106	-0,102
	210 kg N/ha	-0,700	***	-1,202	-0,198
	240 kg N/ha	-0,975	***	-1,477	-0,473
	190 NID	-0,246		-0,748	0,256
	190 frz. Biomassemodell	0,579	***	0,077	1,081
	190 Kieler Modell	-0,137		-0,640	0,365
180 kg N/ha	210 kg N/ha	-0,096		-0,598	0,406
	240 kg N/ha	-0,371		-0,873	0,131
	190 NID	0,358		-0,144	0,861
	190 frz. Biomassemodell	1,183	***	0,681	1,686
	190 Kieler Modell	0,467		-0,036	0,969
210 kg N/ha	240 kg N/ha	-0,275		-0,777	0,227
	190 NID	0,454		-0,048	0,956
	190 frz. Biomassemodell	1,279	***	0,777	1,781
	190 Kieler Modell	0,563	***	0,060	1,065
240 kg N/ha	190 NID	0,729	***	0,227	1,231
	190 frz. Biomassemodell	1,554	***	1,052	2,056
	190 Kieler Modell	0,838	***	0,335	1,340
190 NID	190 frz. Biomassemodell	0,825	***	0,323	1,327
	190 Kieler Modell	0,108		-0,394	0,611
190 frz. Biomassemodell	190 Kieler Modell	-0,717	***	-1,219	-0,214

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 64 statistische Maßzahlen „Ölgehalte“

N-Düngung		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	150 kg N/ha	2,038	***	1,447	2,628
	180 kg N/ha	2,579	***	1,989	3,170
	210 kg N/ha	2,542	***	1,951	3,132
	240 kg N/ha	2,875	***	2,284	3,466
	190 NID	2,171	***	1,580	2,761
	190 frz. Biomassemodell	1,446	***	0,855	2,036
	190 Kieler Modell	1,958	***	1,368	2,549
150 kg N/ha	180 kg N/ha	0,542		-0,049	1,132
	210 kg N/ha	0,504		-0,086	1,095
	240 kg N/ha	0,838	***	0,247	1,428
	190 NID	0,133		-0,457	0,724
	190 frz. Biomassemodell	-0,592	***	-1,182	-0,001
	190 Kieler Modell	-0,079		-0,670	0,511
180 kg N/ha	210 kg N/ha	-0,037		-0,628	0,553
	240 kg N/ha	0,296		-0,295	0,886
	190 NID	-0,408		-0,999	0,182
	190 frz. Biomassemodell	-1,133	***	-1,724	-0,543
	190 Kieler Modell	-0,621	***	-1,211	-0,030
210 kg N/ha	240 kg N/ha	0,333		-0,257	0,924
	190 NID	-0,371		-0,961	0,220
	190 frz. Biomassemodell	-1,096	***	-1,686	-0,505
	190 Kieler Modell	-0,583		-1,174	0,007
240 kg N/ha	190 NID	-0,704	***	-1,295	-0,114
	190 frz. Biomassemodell	-1,429	***	-2,020	-0,839
	190 Kieler Modell	-0,917	***	-1,507	-0,326
190 NID	190 frz. Biomassemodell	-0,725	***	-1,316	-0,134
	190 Kieler Modell	-0,213		-0,803	0,378
190 frz. Biomassemodell	190 Kieler Modell	0,512		-0,078	1,103

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Einzelstandort – „KRAICHGAU“

Vergleich „JAHRE“

BEWERTUNG „JAHRESEINFLUSS ÜBER ALLE VARIANTEN“

Tabelle 65 mittlere Kornerträge [dt TM/ha], Rohprotein- und Ölgehalte [% TM]

	Kornertrag [dt TM/ha]		RP-Gehalt [% TM]		Öl-Gehalt [% TM]
2013	41,3	2013	16,5	2013	51,4
2014	40,9	2014	13,6	2014	48,5
2015	35,9	2015	15,5	2015	48,7

Tabelle 66 statistische Maßzahlen „Kornerträge“

Jahr		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
2013	2014	0,336		-2,764	3,436
	2015	5,373	***	2,273	8,474
2014	2015	5,037	***	1,937	8,138

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 67 statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

Jahr		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
2013	2014	2,914	***	2,456	3,372
	2015	1,003	***	0,545	1,461
2014	2015	-1,911	***	-2,369	-1,453

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 68 statistische Maßzahlen „Ölgehalte“

Jahr		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
2013	2014	2,908	***	2,473	3,342
	2015	2,627	***	2,192	3,061
2014	2015	-0,281		-0,716	0,153

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

BEWERTUNG „HERBSTDÜNGUNG“ (UNABHÄNGIG VON EINER FRÜHJAHRSDÜNGUNG)

Tabelle 69 mittlere Kornerträge [dt TM/ha], Rohprotein- und Ölgehalte [% TM]

	Kornertrag [dt TM/ha]		RP-Gehalt [% TM]
ohne Herbstdüngung	38,2	ohne Herbstdüngung	15,2
mit Herbstdüngung	40,5	mit Herbstdüngung	15,3
	Ölgehalt [% TM]		
ohne Herbstdüngung	49,5		
mit Herbstdüngung	49,5		

Tabelle 70 statistische Maßzahlen „Kornerträge“

N-Düngung		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
0 kg N/ha	40 kg N/ha			Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	40 kg N/ha	-2,221	***	-4,277	-0,165

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 71 statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

N-Düngung		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
0 kg N/ha	40 kg N/ha			Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	40 kg N/ha	0,111		-0,418	0,195

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 72 statistische Maßzahlen „Ölgehalte“

N-Düngung		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
0 kg N/ha	40 kg N/ha			Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	40 kg N/ha	0,016		-0,275	0,306

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

BEWERTUNG „FRÜHJAHRSDÜNGUNG“ (UNABHÄNGIG VON EINER HERBSTDÜNGUNG)

Tabelle 73 mittlere Kornerträge [dt TM/ha], Rohprotein- und Ölgehalte [% TM]

	Kornertrag [dt TM/ha]		RP-Gehalt [% TM]
ohne N	22,2	ohne N	13,5
150 kg N/ha	40,4	150 kg N/ha	14,7
180 kg N/ha	42,3	180 kg N/ha	15,4
210 kg N/ha	43,5	210 kg N/ha	16,1
240 kg N/ha	44,2	240 kg N/ha	16,8
190 NID	41,8	190 NID	15,0
190 frz. Biomassemodell	39,4	190 frz. Biomassemodell	14,6
190 Kieler Modell	40,9	190 Kieler Modell	15,5
	Ölgehalt [% TM]		
ohne N	51,1		
150 kg N/ha	50,0		
180 kg N/ha	49,4		
210 kg N/ha	48,6		
240 kg N/ha	48,1		
190 NID	49,7		
190 frz. Biomassemodell	50,2		
190 Kieler Modell	49,1		

Tabelle 74 statistische Maßzahlen „Kornerträge“

N-Düngung		mittlere Ertragsdifferenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	150 kg N/ha	-18,112	***	-19,849	-16,376
	180 kg N/ha	-20,100	***	-21,837	-18,363
	210 kg N/ha	-21,237	***	-22,974	-19,501
	240 kg N/ha	-22,004	***	-23,741	-20,267
	190 NID	-19,604	***	-21,341	-17,867
	190 frz. Biomassemodell	-17,179	***	-18,916	-15,442
	190 Kieler Modell	-18,654	***	-20,391	-16,917
150 kg N/ha	180 kg N/ha	-1,987	***	-3,724	-0,251
	210 kg N/ha	-3,125	***	-4,862	-1,388
	240 kg N/ha	-3,892	***	-5,629	-2,155
	190 NID	-1,492		-3,229	0,245
	190 frz. Biomassemodell	0,933		-0,804	2,670
	190 Kieler Modell	-0,542		-2,279	1,195
180 kg N/ha	210 kg N/ha	-1,138		-2,874	0,599
	240 kg N/ha	-1,904	***	-3,641	-0,167
	190 NID	0,496		-1,241	2,233
	190 frz. Biomassemodell	2,921	***	1,184	4,658
	190 Kieler Modell	1,446		-0,291	3,183
210 kg N/ha	240 kg N/ha	-0,767		-2,504	0,970
	190 NID	1,633		-0,104	3,370
	190 frz. Biomassemodell	4,058	***	2,321	5,795
	190 Kieler Modell	2,583	***	0,846	4,320
240 kg N/ha	190 NID	2,400	***	0,663	4,137
	190 frz. Biomassemodell	4,825	***	3,088	6,562
	190 Kieler Modell	3,350	***	1,613	5,087
190 NID	190 frz. Biomassemodell	2,425	***	0,688	4,162
	190 Kieler Modell	0,950		-0,787	2,687
190 frz. Biomassemodell	190 Kieler Modell	-1,475		-3,212	0,262

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 75 statistische Maßzahlen „Rohproteingehalte“

N-Düngung		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	150 kg N/ha	-1,125	***	-1,460	-0,790
	180 kg N/ha	-1,896	***	-2,231	-1,561
	210 kg N/ha	-2,592	***	-2,926	-2,257
	240 kg N/ha	-3,300	***	-3,635	-2,965
	190 NID	-1,483	***	-1,818	-1,149
	190 frz. Biomassemodell	-1,013	***	-1,347	-0,678
	190 Kieler Modell	-1,954	***	-2,289	-1,619
150 kg N/ha	180 kg N/ha	-0,771	***	-1,106	-0,436
	210 kg N/ha	-1,467	***	-1,801	-1,132
	240 kg N/ha	-2,175	***	-2,510	-1,840
	190 NID	-0,358	***	-0,693	-0,024
	190 frz. Biomassemodell	0,112		-0,222	0,447
	190 Kieler Modell	-0,829	***	-1,164	-0,494
180 kg N/ha	210 kg N/ha	-0,696	***	-1,031	-0,361
	240 kg N/ha	-1,404	***	-1,739	-1,069
	190 NID	0,413	***	0,078	0,747
	190 frz. Biomassemodell	0,883	***	0,549	1,218
	190 Kieler Modell	-0,058		-0,393	0,276
210 kg N/ha	240 kg N/ha	-0,708	***	-1,043	-0,374
	190 NID	1,108	***	0,774	1,443
	190 frz. Biomassemodell	1,579	***	1,244	1,914
	190 Kieler Modell	0,637		0,303	0,972
240 kg N/ha	190 NID	1,817	***	1,482	2,151
	190 frz. Biomassemodell	2,288	***	1,953	2,622
	190 Kieler Modell	1,346	***	1,011	1,681
190 NID	190 frz. Biomassemodell	0,471	***	0,136	0,806
	190 Kieler Modell	-0,471	***	-0,806	-0,136
190 frz. Biomassemodell	190 Kieler Modell	-0,942	***	-1,276	-0,607

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Tabelle 76 statistische Maßzahlen „Ölgehalte“

N-Düngung		mittlere Differenz	Signifikanz *	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
				Untergrenze	Obergrenze
0 kg N/ha	150 kg N/ha	1,083	***	0,697	1,470
	180 kg N/ha	1,729	***	1,343	2,116
	210 kg N/ha	2,458	***	2,072	2,845
	240 kg N/ha	3,029	***	2,643	3,416
	190 NID	1,417	***	1,030	1,803
	190 frz. Biomassemodell	0,942	***	0,555	1,328
	190 Kieler Modell	2,021	***	1,634	2,407
150 kg N/ha	180 kg N/ha	0,646	***	0,259	1,032
	210 kg N/ha	1,375	***	0,988	1,762
	240 kg N/ha	1,946	***	1,559	2,332
	190 NID	0,333		-0,053	0,720
	190 frz. Biomassemodell	-0,142		-0,528	0,245
	190 Kieler Modell	0,937	***	0,551	1,324
180 kg N/ha	210 kg N/ha	0,729	***	0,343	1,116
	240 kg N/ha	1,300	***	0,913	1,687
	190 NID	-0,312		-0,699	0,074
	190 frz. Biomassemodell	-0,787	***	-1,174	-0,401
	190 Kieler Modell	0,292		-0,095	0,678
210 kg N/ha	240 kg N/ha	0,571	***	0,184	0,957
	190 NID	-1,042	***	-1,428	-0,655
	190 frz. Biomassemodell	-1,517	***	-1,903	-1,130
	190 Kieler Modell	-0,438		-0,824	-0,051
240 kg N/ha	190 NID	-1,613	***	-1,999	-1,226
	190 frz. Biomassemodell	-2,088	***	-2,474	-1,701
	190 Kieler Modell	-1,008	***	-1,395	-0,622
190 NID	190 frz. Biomassemodell	-0,475	***	-0,862	-0,088
	190 Kieler Modell	0,604	***	0,218	0,991
190 frz. Biomassemodell	190 Kieler Modell	1,079	***	0,693	1,466

* Die mittlere Differenz ist auf dem ,05-Niveau signifikant.

Herausgeber:

Landwirtschaftliches Technologiezentrum
Augustenberg (LTZ)
Neßlerstr. 23-31
76227 Karlsruhe

Tel.: 0721 / 9468-0

Fax: 0721 / 9468-209

eMail: poststelle@ltz.bwl.de

Internet: www.ltz-augustenberg.de

Bearbeitung und

Redaktion:

LTZ Augustenberg
Dr. Markus Mokry
Referat 12: SG Pflanzenernährung

Stand: Dezember 2016