



Kapitel B:

**„Rohprotein- und Aminosäuregehalte von
Winterweizen und Triticale aus Biologischem Anbau“**

Abkürzungsverzeichnis

Ala.....	Alanin
Arg.....	Arginin
AS	Aminosäure(n)
Asp.....	Asparagin
Bio-	wird generell verwendet als Synonym für „aus Biologischer Landwirtschaft stammend“, „Biologische Landwirtschaft betreibend“ o. Ä.
Cys	Cystein
dt.....	Dezitonnen
FM.....	Frischmasse
g.....	Gramm
Glu.....	Glutamin
Gly	Glycin
ha	Hektar
His	Histitin
Ile.....	Isoleucin
kg	Kilogramm
konv.....	konventionell, aus konventioneller Landwirtschaft stammend
Leu.....	Leucin
Lys	Lysin
Met.....	Methionin
MJ	Megajoule
mm.....	Millimeter
n	Stichprobengröße
n. s.	nicht signifikant
Phe.....	Phenylalanin
s	Standardabweichung der Stichprobe
Ser.....	Serin
T.....	Trockensubstanz
Thr.....	Threonin
Trp.....	Tryptophan
Tyr	Tyrosin
Val.....	Valin
\bar{x}	arithmetischer Mittelwert
XP.....	Rohprotein
z. B.	zum Beispiel

Inhaltsverzeichnis

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	I
TABELLENVERZEICHNIS	III
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	IV
1 EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG	1
2 LITERATURÜBERSICHT	1
3 ARBEITSHYPOTHESEN	2
4 MATERIAL UND METHODIK	2
4.1 Auswahl der Sorten, Probensammlung	2
4.2 Ertrag, Düngerniveau, Vor- und Zwischenfrüchte	3
4.3 Analysen der Inhaltsstoffe	4
4.3.1 Trockensubstanz (T).....	4
4.3.2 Rohprotein (XP).....	4
1.1.1. Aminosäuren.....	4
4.4 Statistische Auswertung	4
5 ERGEBNISSE	6
5.1 Gehalte an XP und Aminosäuren von Bio-Getreidesorten	6
5.2 Übereinstimmung der XP- und AS-Gehalte mit Literaturwerten	8
5.3 Übereinstimmung der Aminosäuremuster mit Literaturwerten	10
5.4 Sortenunterschiede bei XP- und AS-Gehalten	12
5.4.1 Weizen aus Biologischer Landwirtschaft.....	12
5.4.2 Triticale aus Biologischer Landwirtschaft	18
6 DISKUSSION	24
6.1 Vergleich der Inhaltsstoffgehalte mit Literaturwerten	24
6.2 Vergleich der Aminosäuregehalte im Rohprotein mit Literaturwerten	25
6.3 Sortenunterschiede bei Weizen	26
6.4 Sortenunterschiede bei Triticale	26
6.5 Schlussfolgerungen	27
7 ZUSAMMENFASSUNG	28
LITERATURVERZEICHNIS	30
ANHANG	I

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Analyisierte Weizen- und Triticalesorten aus Biologischer Landwirtschaft	3
Tabelle 2: Unterstellte Werte zur Umrechnung vom Düngeraufwand (laut Erhebungsbögen) auf Stickstoffmengen in kg je ha.....	4
Tabelle 3: Durchschnittliche Gehalte (Mittelwert \bar{x} und Standardabweichung s) an Trockensubstanz (in g/kg FM), Rohprotein (in g/kg T) und Aminosäuren (in g/kg T) in Bio-Winterweizensorten	7
Tabelle 4: Durchschnittliche Gehalte (Mittelwert \bar{x} und Standardabweichung s) an Trockensubstanz (in g/kg FM), Rohprotein (in g/kg T) und Aminosäuren (in g/kg T) in Bio-Triticalesorten	8
Tabelle 5: Gehalte an XP (in g/kg T) und AS (in g/kg FM) von biologisch erzeugtem Winterweizen aus eigenen Analysen im Vergleich zu Literaturwerten.....	9
Tabelle 6: Gehalte an XP (in g/kg T) und AS (in g/kg FM) von biologisch erzeugtem Triticale aus eigenen Analysen im Vergleich zu Literaturwerten.....	10
Tabelle 7: Aminosäurezusammensetzung (in g/16 g N) von biologisch erzeugtem Futterweizen nach eigenen Analysen im Vergleich zu Literaturwerten	11
Tabelle 8: Aminosäurezusammensetzung (in g/16 g N) von biologisch erzeugtem Triticale nach eigenen Analysen im Vergleich zu Literaturwerten.....	11
Tabelle 9: LS-Schätzer der fixen Effekte für die Variable Methioningehalt (g/kg T).....	15
Tabelle 10: LS-Schätzer der fixen Effekte für die Variable Cysteingehalt (g/kg T).....	15
Tabelle 11: Regressionskoeffizienten des stochastischen Zusammenhangs zwischen Aminosäuren und Rohproteingehalt ($Y = a + b \cdot X$)	18
Tabelle 12: LS-Schätzer für den fixen Effekt „Sorte“ für die Variablen Methionin und Cystein	21
Tabelle 13: Regressionskoeffizienten des stochastischen Zusammenhangs zwischen Aminosäuren und Rohproteingehalt ($Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2$).....	24

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Einfluss der Düngermenge auf den Rohproteingehalt	13
Abbildung 2: Zusammenhang zwischen Lysin- und Rohproteingehalt	13
Abbildung 3: Einfluss von Düngermenge auf den Lysingehalt im Rohprotein.....	14
Abbildung 4: Zusammenhang zwischen Gehalt an schwefelhaltigen Aminosäuren (Methionin und Cystein) und Rohproteingehalt	15
Abbildung 5: Zusammenhang zwischen Gehalt an schwefelhaltigen Aminosäuren (Methionin und Cystein) im Protein und Stickstoffdüngermenge.....	16
Abbildung 6: Zusammenhang zwischen Threonin- und Rohproteingehalt	17
Abbildung 7: Zusammenhang zwischen Tryptophan- und Rohproteingehalt.....	17
Abbildung 8: Zusammenhang zwischen Rohproteingehalt in der Trockenmasse und Düngermenge	19
Abbildung 9: Zusammenhang zwischen Lysingehalt und Rohproteingehalt	20
Abbildung 10: Zusammenhang zwischen Lysingehalt in der Trockenmasse und Ertrag	20
Abbildung 11: Zusammenhang zwischen Gehalt an schwefelhaltigen Aminosäuren (Methionin und Cystein) und Rohproteingehalt	21
Abbildung 12: Zusammenhang zwischen Threoningehalt in der Trockenmasse und Ertrag	22
Abbildung 13: Zusammenhang zwischen Tryptophan- und Rohproteingehalt	23

1 Einleitung und Fragestellung

Im Zuge der Bearbeitung des Projekts über das Aufkommen und den Futterwert von Nebenprodukten aus der Lebensmittelverarbeitung biologisch erzeugter Produkte stellte sich die Frage, ob die in der Biologischen Schweinefütterung eingesetzten Futtermittel bezüglich ihrer Inhaltsstoffgehalte mit Gehaltsangaben von Futterwerttabellen übereinstimmen, die ja aufgrund von Analyseergebnissen konventioneller Futtermittel erstellt wurden. Diese Frage war insofern von Interesse, da es in der Praxis der Biologischen Schweinefütterung keine Betriebe gibt, die die betriebseigenen Futtermittel regelmäßig auf ihren Inhaltsstoffgehalt untersuchen ließen, weswegen bei der Schätzung der Inhaltsstoffgehalte der in der Praxis eingesetzten Futtermischungen gewisse Unsicherheiten bestehen.

In der Schweinefütterung der Biologischen Landwirtschaft ist vor allem von einer knappen Eiweißversorgung (vor allem in der Ferkel- und Mastschweinefütterung) auszugehen (Thielen 1993; Wurzinger 1999; Wagner et al. 2000). Die Menge von handelsüblichen Bio-Eiweißfuttermitteln wie Ölkuchen ist aber beschränkt (Wlcek und Zollitsch, 2001) und zusätzlich der Rationsanteil von Körnerleguminosen aufgrund des Gehalts an antinutritiven Inhaltsstoffen und der unzureichenden Gehalte an schwefelhaltigen Aminosäuren (Zettl et al. 1995; Jeroch et al. 1999, S. 211ff) begrenzt. In praxisüblichen Rationen liegt der Getreideanteil meist zwischen 50 und 70 % (Wurzinger 1999, eigene Berechnungen), weswegen der Aminosäuregehalt des Getreides nicht unwesentlich für den Aminosäuregehalt der Gesamtrationen verantwortlich ist.

In diesem Zusammenhang sind die Rohprotein- und Aminosäuregehalte von Bio-Getreide von Interesse, wobei für das vorliegende Projekt nur Winterweizen und Triticale berücksichtigt werden konnten. Auch sollte geklärt werden, ob jene in der Praxis verwendeten Tabellenwerke (DEGUSSA 1990; DLG 1991; BLT 1999) für Futtermittel aus Biologischer Landwirtschaft ebenfalls zutreffend sind. Weiters stellte sich die Frage, ob Unterschiede im Rohprotein- und Aminosäuregehalt zwischen verschiedenen, in der österreichischen Biologischen Landwirtschaft verbreiteten Winterweizen- und Triticalesorten vorhanden sind und somit der Anbau bestimmter Sorten von der Beratung besonders empfohlen werden sollte.

2 Literaturübersicht

Die Gehalte an Rohprotein (XP) und damit an Aminosäuren (AS) in Winterweizen und Triticale hängen von verschiedenen Faktoren ab. So haben sowohl das Erntejahr als auch die Lage einen großen Effekt auf den XP-Gehalt von Weizen und Triticale (Conan et al. 1992; Metayer et al. 1993), aber auch die Verwendung von Stickstoffdüngern und Fungiziden beeinflussen den Gesamtgehalt an Aminosäuren bei Weizen (McNab 1991).

Auch Hinweise auf Sortenunterschiede sind bekannt. So verglichen Martín del Molino et al. (1989) drei Winterweizensorten mit unterschiedlich rascher Blattalterung bezüglich ihrer AS-Gehalte und fanden dabei signifikante Unterschiede (in den reifen Körnern) bei Alanin, Arginin, Asparagin, Glutamin, Histidin, Leucin, Lysin, Prolin, Serin und Threonin. Keine Unterschiede ließen sich bei Glycin, Isoleucin, Methionin, Phenylalanin, Tyrosin und Valin feststellen. Die in dieser Untersuchung berücksichtigten Sorten (Splendeur, Hobbit und Maris Huntsman) sind allerdings in der österreichischen Bio-Landwirtschaft nicht gebräuchlich.

Die Zusammenhänge zwischen XP-Gehalt und den Gehalten der AS Lysin (Lys), Histidin (His) und Arginin (Arg) untersuchten Baudet et al. (1983). Dabei wurden 12 verschiedene französische Sorten einbezogen, um ein möglichst breites XP-Spektrum zu erhalten. Es nahmen Lys und Arg bei steigendem XP-Gehalt relativ zum XP ab, wohingegen His gleich blieb. Das ist insofern

bemerkenswert, da der Gehalt an der in der Schweinefütterung erstlimitierenden AS Lysin in diesem Fall in Getreideproben aus Biologischer Landwirtschaft – wo aufgrund des geringeren Düngungsniveaus niedrigere XP-Gehalte erwartet werden – unterschätzt werden könnte.

Baudet et al. (1983) stellten zusätzlich einen Zusammenhang zwischen der Korngröße und dem XP-Gehalt fest. In der Fraktion mit den kleinsten Körnern wurde der höchste XP-Gehalt gefunden.

Für jene in der österreichischen Biologischen Landwirtschaft eingesetzten Weizen- und Triticalesorten liegen keine Untersuchungen zu den AS-Gehalten vor. Allerdings werden am Bundesamt für Agrarbiologie in Linz, Abteilung Biologischer Landbau, Sortenversuche unter den Bedingungen des Biologischen Landbaus durchgeführt, in deren Rahmen Winterweizen und Triticale unter anderem auf den Rohproteingehalt untersucht wurden (Bundesamt für Agrarbiologie o. J.).

Diese betragen bei den einzelnen Weizensorten am Standort Fraham zwischen 9,6 und 12,4 %, am Standort Gramastetten zwischen 11,6 und 14,5 % und am Standort Aistersheim zwischen 11,4 und 13,6 %. Söllinger (2001) schätzt die für praktische Bedingungen relevanten Unterschiede im XP-Gehalt zwischen den Weizensorten auf etwa 1,5 %.

Bei den Bio-Triticale-Versuchen wurden keine XP-Analysen veröffentlicht. Es ist anzunehmen, dass diese nicht durchgeführt wurden, da Triticale ausschließlich als Futtergetreide eingesetzt wird. Untersuchungen zum Aminosäuregehalt wurden nicht durchgeführt.

Somit liegen nur AS-Gehalte von konventionell erzeugtem Getreide vor (DEGUSSA 1990; ITCF 1994; NRC 1998; BLT 1999).

3 Arbeitshypothesen

- (1) Aufgrund des geringeren Düngungsniveaus im Biologischen Landbau werden in Futterweizen und Triticale geringere Rohproteingehalte erreicht als in gängigen (konventionellen) Futterwerttabellen angegeben. Somit sind die Aminosäuregehalte der Bio-Getreide absolut gesehen ebenfalls geringer als jene in den angeführten Tabellenwerken.
- (2) Die prozentuellen Gehalte von Lysin, Methionin, Cystein, Threonin und Tryptophan (limitierende Aminosäuren in der Schweine-Ernährung) im Rohprotein von Bio-Weizen und Bio-Triticale sind höher als in konventionellen Tabellen angegeben und damit ist der absolute Gehalt an Aminosäuren nicht im selben Ausmaß verringert wie der XP-Gehalt.
- (3) Zwischen den Weizensorten (Brot- und Futtergetreide) sind Unterschiede im XP-Gehalt und damit auch in den Aminosäuregehalten zu erwarten, wobei das Düngungsniveau bzw. der Ertrag beeinflussende Faktoren sind.
- (4) Zwischen den Triticalesorten (Futtergetreide) sind nur zufällige Unterschiede im XP-Gehalt und damit auch in den Aminosäuregehalten zu erwarten, wobei das Düngungsniveau bzw. der Ertrag beeinflussende Faktoren sind.

4 Material und Methodik

4.1 Auswahl der Sorten, Probensammlung

Zur Auswahl der für den Biolandbau in Österreich bedeutendsten Weizen- und Triticale-Sorten wurden Experten der wichtigsten Saatgutvermehrungsbetriebe (RWA, Probstdorfer Saatucht, Kärntner Saatbau und Saatbau Linz) sowie vom Bundesamt für Agrarbiologie befragt. Bei Weizen

wurde darauf Wert gelegt, dass sowohl Qualitätsweizen- als auch Mahl- und Futterweizensorten einbezogen wurden. Jene für die Analysen ausgewählten Sorten sind in Tabelle 1 angeführt.

Die Sammlung der Proben wurde von Ackerbau- und Fütterungsberatern des Bio-Verbandes „Ernte für das Leben“ in den Bundesländern Niederösterreich, Oberösterreich, Steiermark und Burgenland selbstverantwortlich organisiert. Zur Verfügung gestellt wurden lediglich Erhebungsbögen, mit denen Angaben zum Standort, zur Fruchtfolge, zu Düngerart und -menge und zu Besonderheiten im Jahresverlauf erhoben wurden (siehe Anhang). Die Proben stammten überwiegend aus landwirtschaftlichen Betrieben in Niederösterreich, Oberösterreich, der Steiermark und Kärnten. Das Bundesamt für Agrarbiologie in Linz stellte 21 Muster von drei Versuchsflächen zur Verfügung. Weizenproben aus Niederösterreich und dem Burgenland konnten zusätzlich vom Institut für Ökologischen Landbau bezogen werden, wo zeitgleich ein Projekt zum Vergleich der Stickstoffgehalte von Weizen aus biologischen und konventionellen Betrieben durchgeführt wurde.

Die Proben wurden von den Betrieben bzw. den Beratern an das Institut für Nutztierwissenschaften geschickt und sofort vakuumverpackt tiefgefroren.

Tabelle 1: Analytierte Weizen- und Triticale Sorten aus Biologischer Landwirtschaft

Analyse der T		Analyse des XP		Analysen der AS	
Weizen:	Capo	Weizen:	Capo	Weizen:	Capo
	Ludwig		Ludwig		Silvius
	Silvius		Silvius		Dekan
	Belmondo		Belmondo		
	Pegassos		Pegassos		
	Dekan		Dekan		
Triticale:	Presto	Triticale:	Presto	Triticale:	Presto
	Binova		Binova		Binova
	Almo		Almo		Almo
	Trimaran		Trimaran		Trimaran

4.2 Ertrag, Düngerniveau, Vor- und Zwischenfrüchte

Aus den Erhebungsbögen, die den Probesäckchen beigelegt waren, wurden Angaben der Landwirte zum Ertrag, zum Düngerniveau und zur Vorfrucht verwendet. D. h. es wurden die Daten zu den genannten Variablen nicht selbst erhoben, sondern die Angaben der Landwirte wurden als solche übernommen. Allerdings wurden die Angaben zum Ertrag bei den Proben des Bundesamtes für Agrarbiologie, bei denen es sich um Getreide von Versuchspartzen handelt, um 10 % vermindert, um Praxisbedingungen zu simulieren (Söllinger 2001).

Teilweise war es notwendig, unzureichende Angaben der Landwirte bezüglich des Düngerniveaus zu ergänzen. Die Umrechnungsfaktoren von Volumen auf Gewicht bzw. von Frischmasse des Düngers auf Stickstoffgehalt sind Tabelle 2 zu entnehmen. Abweichungen der Stickstoffgehalte z. B. durch Verdünnung der Gülle konnten nicht verifiziert werden.

Tabelle 2: Unterstellte Werte zur Umrechnung vom Düngeraufwand (laut Erhebungsbögen) auf Stickstoffmengen in kg je ha

Düngerart	Volumen m ³ /t	N-Menge kg/t bzw. kg/m ³ FM	Quelle
Rindermist	1,2	5	
Schweinemist	1,1	7	
Hühnertrockenkot	2,0	28	Hydro Agri Dülmen
Rindergülle, 8 % T		4	(1993, S. 279ff)
Schweinegülle, 6 % T		5,1	
Rinderjauche, 2 % T		4	
Kompost		6,5	Amon et al. (1998, S. 178)

4.3 Analysen der Inhaltsstoffe

Nach Auftauen der vakuumierten Proben wurden sie vor der T-Bestimmung in einer Schlagkreuzmühle mit einem Siebeinsatz 1 mm vermahlen. Ein Teil jeder Probe wurde bis zur Durchführung der Aminosäureanalysen nach dem Vermahlen sofort wieder vakuumverpackt.

4.3.1 Trockensubstanz (T)

Die Bestimmung der T erfolgte durch Trocknung im Trockenschrank bei 103°C über 4 Stunden (ALVA 1983).

4.3.2 Rohprotein (XP)

Die Bestimmung des Rohproteins erfolgte nach ALVA (1983). Der XP-Gehalt wurde nach der Kjeldahl-Methode bestimmt, wobei der ermittelte Stickstoffgehalt einheitlich mit dem Faktor 6,25 multipliziert wurde. Zwar handelt es sich bei einigen Sorten um Speisegetreide, für welches der Umrechnungsfaktor 5,70 vorgeschlagen wird (ALVA 1983), da hier aber verschiedene Sorten untereinander verglichen werden sollen, ist ein einheitlicher Faktor Voraussetzung. Weiters wird der XP-Gehalt auch in jener Literatur, die sich auf Futtergetreide bezieht (z. B. Metayer et al. 1993; ITCF 1994), mit dem Faktor 6,25 berechnet.

1.1.1. Aminosäuren

Die Aminosäureanalysen umfassten folgende Aminosäuren: Alanin, Arginin, Asparagin, Cystein, Glutamin, Glycin, Histidin, Isoleucin, Leucin, Lysin, Methionin, Phenylalanin, Serin, Threonin, Tryptophan, Tyrosin und Valin.

Der Aufschluss erfolgte in einem 20-stündigen Kochprozess mit 6-molarer HCl, Tryptophan wurde vor dem Aufschluss mit basischem Bariumhydroxid stabilisiert und Methionin sowie Cystein autoxydiert. Die Analyse wurde mittels Hochdruckflüssigkeitschromatographie (HPLC) nach Vorsäulenderivation mit OPA (Orthophtalaldehyd) in einer Hyperphil ODS 250x4 mm-Säule durchgeführt (ALVA 1983; Degussa 1986; Altman 1992; Kommission der Europäischen Union 1998).

4.4 Statistische Auswertung

Der Vergleich der eigenen Analyseergebnisse des Getreides aus Biologischer Landwirtschaft mit den konventionellen Tabellenwerten (Arbeitshypothesen (1) und (2)) erfolgte mittels t-Test, wobei zuvor ein Test auf Varianzhomogenität mittels F-Test erfolgte (Ebl 1987, S. 90ff). Die XP-

Ergebnisse wurden mit den Werten der DLG (1991) verglichen, die Ergebnisse der Aminosäureanalysen mit den Werten von Degussa (1990), da hier sowohl Stichprobengrößen als auch Standardabweichungen angegeben sind. Bei der Bezeichnung „Futterweizen“ wurden die Sorten *Capo* und *Ludwig* nicht berücksichtigt, da es sich hierbei um Qualitätsweizensorten handelt. Analog zu Eßl (1987, S. 89f) wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit α für den F-Test von 0,01 und für den t-Test von 0,05 gewählt.

Zur Überprüfung von Sortenunterschieden (Arbeitshypothesen (3) und (4)) wurde das Computerprogramm SAS, Version 8, verwendet. Zuerst wurden die Variablen auf Normalverteilung getestet, im zweiten Schritt wurde untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen Sorte und Ertrag mit den vorhandenen Daten nachzuweisen ist. Im weiteren Verlauf wurden Modelle getestet, mit denen eventuell vorhandene Sortenunterschiede im XP- und AS-Gehalt am besten zu erklären sind. Nach Eßl (1997, S. 89) wurde dazu eine Irrtumswahrscheinlichkeit α von 0,10 gewählt.

Zwei Kombinationen von Design- und Regressionsmodellen (Eßl 1987, S. 190) wurden getestet, wobei einerseits die Düngermenge der entsprechenden Kultur sowie eine Leguminosenvor- bzw. -zwischenfrucht (Modell A) und andererseits der Ertrag (Modell B) als Effekte angenommen wurden. Die Modelle wurden für die Variablen Rohprotein (in g/kg T) sowie für die in der Schweinefütterung wichtigsten Aminosäuren Lysin, Methionin, Cystein, Threonin und Tryptophan (in g/kg T und in g/16 g N) schrittweise reduziert, bis sich Einflussgrößen signifikant absichern ließen. Nachdem bei Weizen allerdings ein signifikanter Zusammenhang zwischen Sorte und Ertrag nachgewiesen werden konnte, kam nur noch Merkmalsmodell (A) zur Anwendung. Bei Triticale bestand dieser Zusammenhang nicht und es wurden beide Modelle getestet. Bei Weizen wurden nur jene drei Sorten berücksichtigt, von denen mindestens fünf Proben vorhanden waren.

$$(A) Y_{ij} = \mu + S_i + L_j + (SL)_{ij} + b_1 * x + b_2 * x^2 + b_{1i} * x + b_{2i} * x^2 + e_{ijk}$$

Y_{ij} beobachteter Merkmalswert j der Variablen Y unter Einwirkung der Sorte i , der Leguminosenvorfrucht j und des Düngerniveaus x

μ gemeinsame Konstante der Y -Werte

S_i fixer Effekt der Faktorstufe i der Strukturvariablen „Sorte“, $i =$ Capo, Silvius, Dekan (Weizen), Almo, Binova, Presto, Trimaran (Triticale)

L_j fixer Effekt der Faktorstufe j der Strukturvariablen „Leguminosenvorfrucht“, $j =$ ja, nein

$(SL)_{ij}$ Wechselwirkung zwischen Sorte i und Leguminosenvorfrucht j

b_1 u. b_2 sind gepoolte, lineare bzw. quadratische Regressionskoeffizienten für das Düngerniveau x

x Düngerniveau in kg N/ha

b_{1i} und b_{2i} sind individuelle, lineare bzw. quadratische Regressionskoeffizienten des Düngerniveaus x für die Sorte i

e_{ijk} Zufallskomponente von Y_{ij}

$$(B) Y_{ij} = \mu + S_i + b_1 * x + b_2 * x^2 + b_{1i} * x + b_{2i} * x^2 + e_{ij}$$

Y_{ij} beobachteter Merkmalswert j der Variablen Y unter Einwirkung der Sorte i und des Ertrages x

μ gemeinsame Konstante der Y -Werte

S_i fixer Effekt der Faktorstufe i der Strukturvariablen „Sorte“, $i =$ Almo, Binova, Presto, Trimaran

b_1 und b_2 sind gepoolte, lineare bzw. quadratische Regressionskoeffizienten für den Ertrag x

x Ertrag in dt/ha

b_{1i} und b_{2i} sind individuelle, lineare bzw. quadratische Regressionskoeffizienten des Ertrags x für die Sorte i

e_{ij} Zufallskomponente von Y_{ij}

5 Ergebnisse

Entgegen den Erwartungen wurden von biologisch wirtschaftenden Bauern nicht von allen 10 Sorten eine ausreichende Probenanzahl zur Verfügung gestellt. Der Trockensubstanz- und Rohproteingehalt wurde bei allen eingelangten Proben analysiert, wobei drei Mischproben einer Saathutvermehrungsfirma nicht berücksichtigt werden konnten, da es in der transportverpackung zu Vermischungen zwischen den Sorten gekommen war. Für die statistische Auswertungen zur Überprüfung von Sortenunterschieden wurden nicht von allen vorgesehenen Sorten die notwendige Mindeststichprobengröße von 5 erreicht. Nachdem die Anzahl der zur Verfügung stehenden Aminosäureanalysen begrenzt war, wurden daher die Aminosäuregehalte jener Sorten mit ausreichender Probenanzahl häufiger untersucht und jene Sorten mit zu geringem Stichprobenumfang nur auf Trockensubstanz- und Rohproteingehalt untersucht. Von der Qualitätsweizensorte *Ludwig* wurden darüber hinausgehend die Aminosäuregehalte einer Mischprobe aller vier Einzelproben untersucht, um zumindest einen Anhaltspunkt für deskriptive Analysen zu bekommen. Die Sorten *Pegassos* (n=2), *Belmondo* (n=1) und *Ludwig* (n=4) konnten also bei den Tests auf Sortenunterschiede nicht berücksichtigt werden, für die Überprüfung der Literaturwerte wurden sie allerdings sehr wohl einbezogen.

Der Ertrag von Winterweizen schwankte zwischen 22 und 67 dt/ha, im Durchschnitt konnten 46,9 dt geerntet werden. Die mittels organischem Dünger ausgebrachte Stickstoffmenge lag bei Weizen zwischen 0 und 157 kg N/ha (Mittelwert 42,9). 78 % der Weizenproben stammten von Schlägen, auf denen im Vorjahr eine Leguminosenhaupt- oder -zwischenfrucht angebaut worden war.

Der Triticale-Ertrag schwankte zwischen 15 und 74 dt/ha (Mittelwert 47,1), dabei wurden zwischen 0 und 200 kg N/ha mit Gülle, Mist, Jauche oder Kompost ausgebracht. Nur bei 56 % der Proben waren Leguminosen als Vor- oder Zwischenfrucht angebaut gewesen. In diesem Zusammenhang ist noch einmal darauf hinzuweisen, dass die Angaben zu Düngung und Ertrag von den Landwirten stammten und nicht überprüft werden konnten. Vor allem bei der N-Menge ist von Unsicherheiten auszugehen, da die Mist- oder Güllemengen von einigen Landwirten nur ungefähr geschätzt werden konnten.

5.1 Gehalte an XP und Aminosäuren von Bio-Getreidesorten

In Tabelle 3 sind die durchschnittlichen Gehalte an XP und AS für Bio-Weizen nach Sorten gegliedert dargestellt, in Tabelle 4 die dementsprechenden Ergebnisse für Bio-Triticale.

Tabelle 3: Durchschnittliche Gehalte (Mittelwert \bar{x} und Standardabweichung s) an Trockensubstanz (in g/kg FM), Rohprotein (in g/kg T) und Aminosäuren (in g/kg T) in Bio-Winterweizensorten

Inhaltsstoff	Capo		Ludwig		Silvius		Belmondo	Pegassos		Dekan	
	n=13		n=4		n=9		n=1	n=2		n=5	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s		\bar{x}	s	\bar{x}	s
T	87,9	0,56	87,8	0,22	87,7	0,66	88,7	87,7	0,14	88,1	0,12
XP	125	12,9	114	4,2	116	12,1	104	103,5	0,7	108	13,0
	n=13		n=1		n=9		n=0	n=0		n=5	
Lys	2,94	0,13	2,73	–	2,80	0,31	–	–	–	2,86	0,27
Met	2,00	0,15	1,80	–	1,85	0,18	–	–	–	1,76	0,17
Cys	3,13	0,23	2,95	–	2,89	0,28	–	–	–	2,72	0,24
Tre	3,41	0,26	3,31	–	3,21	0,42	–	–	–	3,13	0,27
Trp	1,15	0,16	1,14	–	1,03	0,30	–	–	–	0,97	0,20
Ala	4,33	0,25	4,23	–	4,19	0,43	–	–	–	4,04	0,37
Arg	5,67	0,40	5,73	–	5,45	0,72	–	–	–	5,06	0,51
Asp	6,18	0,37	6,24	–	5,99	0,67	–	–	–	5,92	0,56
Glu	33,96	4,29	36,93	–	33,25	5,36	–	–	–	30,20	4,14
Gly	4,62	0,31	4,55	–	4,41	0,51	–	–	–	4,02	0,43
His	2,97	0,33	2,98	–	2,81	0,43	–	–	–	2,81	0,38
Ile	4,09	0,41	3,40	–	3,90	0,43	–	–	–	3,68	0,46
Leu	8,16	0,75	7,90	–	7,74	0,82	–	–	–	7,29	0,90
Phe	5,44	0,58	5,42	–	5,05	0,60	–	–	–	4,79	0,67
Ser	5,26	0,48	4,89	–	4,75	0,52	–	–	–	4,73	0,63
Tyr	3,42	0,42	3,39	–	3,18	0,47	–	–	–	2,81	0,34
Val	5,30	0,46	5,11	–	5,10	0,52	–	–	–	4,89	0,49

Tabelle 4: Durchschnittliche Gehalte (Mittelwert \bar{x} und Standardabweichung s) an Trockensubstanz (in g/kg FM), Rohprotein (in g/kg T) und Aminosäuren (in g/kg T) in Bio-Triticalesorten

Inhaltsstoff	Almo		Binowa		Presto		Trimaran	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
T	87,5	0,68	88,0	0,30	87,9	0,66	87,6	0,96
XP	107	20,5	101	7,8	97	4,8	95	4,0
	n=10		n=7		n=10		n=5	
Lys	3,09	0,28	3,14	0,13	3,04	0,29	3,15	0,23
Met	1,77	0,14	1,61	0,07	1,67	0,08	1,78	0,05
Cys	2,66	0,19	2,48	0,09	2,48	0,12	2,58	0,07
Tre	3,05	0,28	3,06	0,13	2,98	0,29	2,84	0,11
Trp	0,88	0,14	0,85	0,14	0,81	0,11	0,85	0,02
Ala	4,18	0,28	4,08	0,16	4,04	0,19	4,11	0,19
Arg	5,05	0,52	5,15	0,17	4,81	0,34	4,70	0,20
Asp	6,65	0,70	6,34	0,23	6,39	0,44	6,16	0,36
Glu	24,42	2,60	23,97	1,25	23,14	2,31	19,47	2,96
Gly	4,12	0,29	4,25	0,14	3,91	0,17	4,03	0,16
His	2,38	0,31	2,49	0,07	2,31	0,30	2,13	0,04
Ile	3,42	0,30	3,18	0,12	3,22	0,20	3,32	0,11
Leu	6,52	0,55	6,23	0,21	6,24	0,27	6,56	0,27
Phe	4,28	0,40	4,15	0,13	4,10	0,28	4,09	0,19
Ser	4,13	0,49	3,91	0,18	3,97	0,35	3,90	0,37
Tyr	2,90	0,20	2,84	0,17	2,66	0,13	2,88	0,16
Val	4,68	0,35	4,48	0,15	4,64	0,24	4,60	0,17

5.2 Übereinstimmung der XP- und AS-Gehalte mit Literaturwerten

Wie in Kapitel 4.4 beschrieben, wurden nach einem Test auf Varianzhomogenität (F-Test) die Mittelwerte für Rohprotein und für die analysierten Aminosäuren (sowohl in g/kg FM als auch in g/16 g N) mittels t-Test auf Unterschiede zu gängigen Futterwerttabellen getestet. In Tabelle 5 und Tabelle 6 sind die Mittelwerte der eigenen Analysen, jene der Tabellenwerte sowie der prozentuelle Unterschied der eigenen Werte von jenen in den Tabellen für Futterweizen und Triticale zusammengefasst. Für Aminosäuren, die in der Spalte Signifikanz mit einem Stern gekennzeichnet sind, bestanden signifikante Unterschiede, wobei Irrtumswahrscheinlichkeiten wie in 4.4 festgehalten unterstellt wurden. Die Tabellen mit den zugehörigen F- und t-Werten sind im Anhang Seiten II-V zu finden. Dort sind auch die Ergebnisse der Vergleiche zwischen allen Weizenproben und den Tabellenwerten nachzulesen.

Es zeigt sich, dass sowohl bei Futterweizen als auch bei Triticale aus Biologischer Landwirtschaft die Gehalte an Rohprotein und damit auch an allen Aminosäuren signifikant unter den in der Praxis verwendeten Tabellenwerten liegen.

Tabelle 5: Gehalte an XP (in g/kg T) und AS (in g/kg FM) von biologisch erzeugtem Winterweizen aus eigenen Analysen im Vergleich zu Literaturwerten

	Literaturwerte (DLG 1991; DEGUSSA 1990)	Futterweizen			Weizen gesamt		
		Werte aus eigenen Analysen	Eigene Werte in % der Literaturwerte	Signifikanz	Werte aus eigenen Analysen	Eigene Werte in % der Literaturwerte	Signifikanz
	n=324	n=17			n=34		
XP	148	111	81	*	117	85	*
	n=148	n=14			n=28		
Lys	3,4	2,5	73	*	2,5	74	*
Met	2,0	1,6	80	*	1,7	83	*
Cys	2,9	2,5	86	*	2,6	90	*
Thr	3,7	2,8	76	*	2,9	78	*
Trp	1,5	0,9	59	*	0,9	63	*
Ala	4,6	3,6	79	*	3,7	81	*
Arg	6,0	4,7	78	*	4,8	80	*
Asp	6,9	5,2	76	*	5,3	77	1
Glu	39,0	28,2	72	*	29,1	75	*
Gly	5,2	3,6	72	*	3,9	75	*
His	3,2	2,5	77	*	2,5	79	*
Ile	4,1	3,4	82	*	3,5	85	*
Leu	8,6	6,7	77	*	6,9	80	*
Phe	6,0	4,4	73	*	4,6	76	*
Ser	6,0	4,2	69	*	4,4	73	*
Tyr	3,8	2,7	70	*	2,8	75	*
Val	5,4	4,4	82	*	4,5	84	1

Der Rohproteingehalt von Bio-Futterweizensorten beträgt nur etwa 80 % der in der DLG-Futterwerttabelle (DLG 1991, S. 58) angegebenen Werte, die Unterschiede beim Rohproteingehalt von Triticale fallen noch deutlicher aus.

Der Tryptophangehalt von Futterweizen liegt nur bei 60 % des Tabellenwertes (DEGUSSA 1990), die Gehalte an Lysin und Threonin sind ebenfalls deutlich geringer als aufgrund der Tabelle angenommen. Für Triticale gilt das Genannte ebenso, wobei die Verteilung der Einzelwerte für den Tryptophangehalt so verschieden von jener der Tabelle ist, dass die Werte statistisch nicht mehr verglichen werden dürfen (Eßl, 1987; S. 82 ff).

Bei den Triticaleproben muss die Hypothese, dass die Bio-Proben aus der selben Grundgesamtheit stammen wie jene Proben, aus denen sich die Tabellenwerte von DEGUSSA (1990) errechnet haben, bei XP und damit auch bei vielen Aminosäuren abgelehnt werden (F-Wert größer als F-Wert für zweiseitige Fragestellung aus der Tabelle). Damit kann kein Test durchgeführt werden, ob die Unterschiede nur zufällig aufgetreten sind, aber offensichtlich handelt es sich um eine Stichprobe, die mit den Tabellenwerten nur bei einigen Aminosäuren verglichen werden kann.

Jene Aminosäuregehalte im Futtermittel wie z. B. Lysin oder Threonin, die mit den Tabellenwerten verglichen werden können, liegen alle signifikant unter den Gehaltswerten der Tabelle. Sie betragen nur 70-82 % der Tabellenwerte.

¹ F-Test ergibt unzureichende Varianzhomogenität. Die Stichproben stammen somit nicht aus der selben Grundgesamtheit. Damit ist ein t-Test nicht zulässig.

Tabelle 6: Gehalte an XP (in g/kg T) und AS (in g/kg FM) von biologisch erzeugtem Triticale aus eigenen Analysen im Vergleich zu Literaturwerten

	Literaturwerte (DLG 1991; DEGUSSA 1990)	Werte aus eigenen Analysen	Eigene Werte in % der Literaturwerte	Signifikanz
	n=35	n=34		
XP	146	101	69	1
	n=16	n=32		
Lys	3,9	2,7	70	*
Met	1,9	1,5	79	1
Cys	2,6	2,2	86	1
Thr	3,5	2,6	75	*
Trp	1,4	0,7	53	1
Ala	4,4	3,6	82	1
Arg	5,6	4,3	77	*
Asp	6,9	5,6	82	*
Glu	28,9	20,3	70	1
Gly	4,8	3,6	74	1
His	2,6	2,1	79	*
Ile	3,8	2,9	76	1
Leu	7,4	5,6	76	1
Phe	4,9	3,7	75	1
Ser	5,0	3,5	70	*
Tyr	3,2	2,5	77	1
Val	5,1	4,0	78	1

5.3 Übereinstimmung der Aminosäurenmuster mit Literaturwerten

Ebenso wie im vorhergehenden Kapitel wurden die Aminosäuregehalte je g Rohprotein aus eigenen Analysen mit den Gehaltsangaben gängiger Tabellen (DEGUSSA 1990) verglichen. Die Ergebnisse dieser Vergleiche sind in Tabelle 7 für Futterweizen und Tabelle 8 für Triticale dargestellt.

Bei Futterweizensorten aus Biologischem Anbau kann man erkennen, dass der Methioningehalt im Protein deutlich, die Gehalte an Alanin und Isoleucin weniger deutlich höher liegen als in der oben angegebenen Literaturstelle dargestellt. Dagegen ist der Gehalt an Lysin – das in der Schweinefütterung die erstlimitierende Aminosäure darstellt – im Protein deutlich geringer als aufgrund des Tabellenwerts erwartet. In Verbindung mit einem niedrigeren XP-Gehalt von Bio-Futterweizen wirkt sich dieser geringere Anteil an Lysin im Protein im absoluten Lysingehalt noch stärker aus (siehe Tabelle 5). Geringere Verschiebungen im Aminosäurenmuster sind bei Glutamin, Glycin, Serin und Tyrosin zu bemerken.

Bei Triticale liegen ebenfalls die Cystein- und Alaningehalte im Protein über den tabellierten Werten, der Gehalt an Lysin im Protein ist wie bei Futterweizen geringer als in DEGUSSA (1990) dargestellt. Bei Tryptophan konnte aufgrund der fehlenden Varianzhomogenität kein t-Test durchgeführt werden, der Absolutwert liegt deutlich unter dem Tabellenwert. Alle anderen Aminosäuren entsprechen dem Aminosäurenmuster der genannten Tabelle.

Tabelle 7: Aminosäurezusammensetzung (in g/16 g N) von biologisch erzeugtem Futterweizen nach eigenen Analysen im Vergleich zu Literaturwerten

Aminosäure	Literaturwerte (DEGUSSA 1990)	Futterweizen			Weizen gesamt		
		Werte aus eigenen Analysen	Eigene Werte in % der Literaturwerte	Signifikanz	Werte aus eigenen Analysen	Eigene Werte in % der Literaturwerte	Signifikanz
	n=148	n=14			n=28		
Lys	2,67	2,51	94	*	2,44	91	*
Met	1,56	1,61	–	n. s.	1,61	103	*
Cys	2,21	2,51	114	*	2,52	114	*
Thr	2,84	2,82	–	n. s.	2,79	–	n. s.
Trp	1,16	0,89	76	*	0,91	78	*
Ala	3,52	3,67	104	*	3,59	–	n. s.
Arg	4,63	4,71	–	n. s.	4,65	–	n. s.
Asp	5,31	5,29	–	n. s.	5,15	97	*
Glu	29,96	28,40	95	*	28,01	93	*
Gly	4,02	3,78	94	*	3,76	93	*
His	2,43	2,49	–	n. s.	2,45	–	n. s.
Ile	3,19	3,38	106	*	3,34	105	*
Leu	6,63	6,71	–	n. s.	6,64	–	n. s.
Phe	4,51	4,39	–	n. s.	4,39	97	*
Ser	4,62	4,20	91	*	4,22	91	*
Tyr	2,88	2,69	94	*	2,72	95	*
Val	4,15	4,46		1	4,36		1

Tabelle 8: Aminosäurezusammensetzung (in g/16 g N) von biologisch erzeugtem Triticale nach eigenen Analysen im Vergleich zu Literaturwerten

Aminosäure	Literaturwerte (DEGUSSA 1990)	Werte aus eigenen Analysen	Eigene Werte in % der Literaturwerte	Signifikanz
	n=16	n=32		
Lys	3,42	3,15	92	*
Met	1,69	1,74	–	n. s.
Cys	2,29	2,60	114	*
Thr	3,07	3,05	–	n. s.
Trp	1,27	0,86		1
Ala	3,91	4,18	107	*
Arg	4,94	5,03	–	n. s.
Asp	6,05	6,54	–	n. s.
Glu	25,14	23,53	–	n. s.
Gly	4,19	4,15	–	n. s.
His	2,28	2,38		1
Ile	3,32	3,35	–	n. s.
Leu	6,53	6,49	–	n. s.
Phe	4,30	4,24	–	n. s.
Ser	4,37	4,06	–	n. s.
Tyr	2,83	2,86	–	n. s.
Val	4,50	4,64	–	n. s.

5.4 Sortenunterschiede bei XP- und AS-Gehalten

5.4.1 Weizen aus Biologischer Landwirtschaft

Neben dem fixen Effekt der Sorte sollten auch die Effekte der Düngermenge (als kg N/ha) und möglicher Leguminosenvorfrüchte auf den Rohproteingehalt, auf die Aminosäuregehalte und das Aminosäurenmuster berücksichtigt werden. Das dementsprechende Modell ist in Kapitel 4.4 dargestellt. Wegen zu geringer Probenanzahl bei den Sorten *Ludwig*, *Pegassos* und *Belmondo* konnten nur die Sorten *Capo* (Qualitätsweizensorte), *Silvius* (Mahlweizensorte) und *Dekan* (Futterweizensorte) in die Untersuchung einbezogen werden.

Nachdem ein signifikanter Zusammenhang zwischen Ertrag und Sorte ($P=0,076$) vorlag, konnte der Einfluss des Ertrages nicht gemeinsam mit dem Sorteneinfluss getestet werden. Die Sorte *Dekan* lag mit einem durchschnittlichen Ertrag von 54 dt/ha signifikant über den beiden anderen Sorten, die sich nicht voneinander unterschieden (*Capo* 42,8 dt/ha; *Silvius* 42,6 dt/ha).

Alle abhängigen Variablen außer dem Rohproteingehalt (in g/kg T) waren normalverteilt. Für die Variable XP-Gehalt wurden die Residuen des gewählten Modells auf Normalverteilung getestet, und nachdem diese normalverteilt waren, wurde das Modell beibehalten.

5.4.1.1 Rohprotein

Es wurden 27 Beobachtungswerte in die Berechnungen einbezogen. Die Werte für XP lagen zwischen 92 und 145 g/kg T. Sowohl die Sorte als auch die Wechselwirkung (WW) zwischen Sorte und Stickstoffmenge waren als signifikante Einflussgrößen erkennbar, dadurch könnten etwa 50 % der Unterschiede zwischen den Beobachtungswerten erklärt werden (Abbildung 1). Bei der Sorte *Capo* lässt sich bei durchschnittlichem Düngerniveau ein signifikant höherer Rohproteingehalt als bei den beiden anderen Sorten beobachten. Bei der Sorte *Dekan* wirkt sich eine Erhöhung der Düngermenge in der beobachteten Größenordnung anders aus als bei den beiden proteinreicheren Sorten.

Ohne Berücksichtigung der Wechselwirkung zwischen Sorte und Stickstoffmenge – d. h. als einziger fixer Effekt wird die Sorte berücksichtigt – ließen sich nur noch 22 % der Unterschiede zwischen den Beobachtungswerten erklären. Es könnte auch nur noch der signifikante Unterschied der Sorte *Capo* zur Sorte *Dekan* abgesichert werden, der Unterschied *Capo* - *Silvius* wäre bei diesem vereinfachten Modell nicht mehr abzusichern.

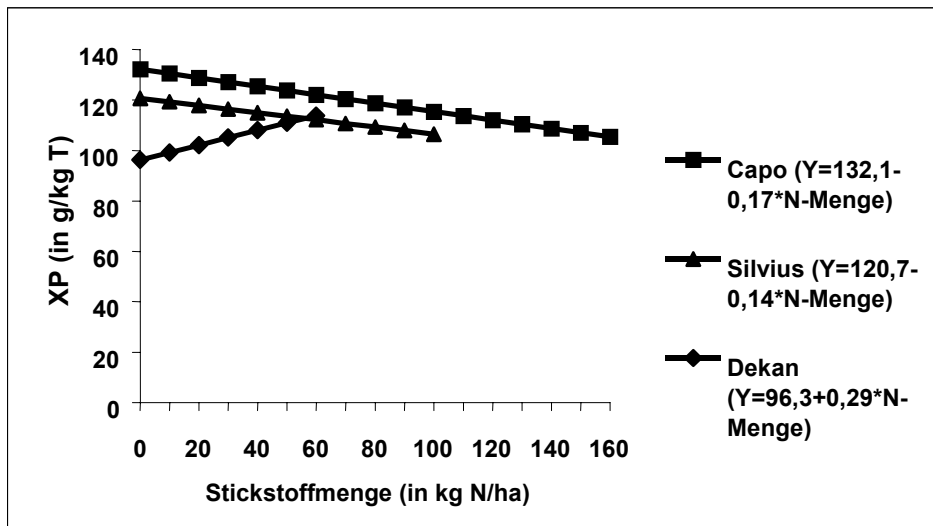


Abbildung 1: Einfluss der Düngermenge auf den Rohproteingehalt

5.4.1.2 Lysin

Der Lysingehalt in der Trockenmasse ist mit dem Rohproteingehalt erwartungsgemäß eng korreliert ($P=0,0006$), wobei der Lysingehalt um 0,01 g zunimmt, wenn der XP-Gehalt um 1 g steigt ($R^2=0,383$). Dagegen sinkt der Gehalt des Lysins im Protein um 0,01 g bei steigendem Rohproteingehalt ($P<0,0001$; $R^2=0,533$) (Abbildung 2). Dieser Effekt ist auch bei anderen Aminosäuren zu beobachten.

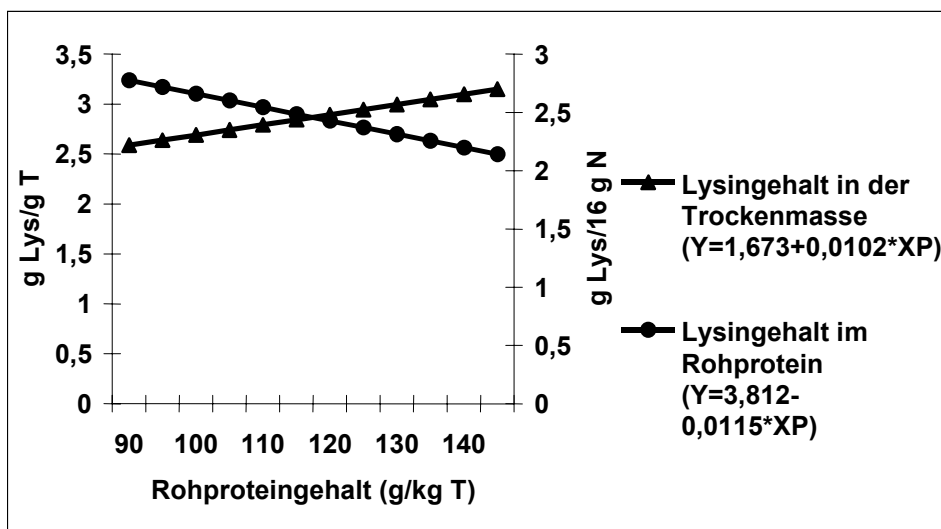


Abbildung 2: Zusammenhang zwischen Lysin- und Rohproteingehalt

Unterschiede zwischen den Sorten beim Lysingehalt je Kilogramm Trockensubstanz konnten nicht festgestellt werden, wohingegen der Lysingehalt im Protein einerseits sortenbedingt unterschiedlich ist und andererseits durch Erhöhung der Düngermenge gesteigert werden kann (Abbildung 3). Mit diesem Modell können immerhin 46 % der Unterschiede zwischen den Beobachtungswerten erklärt werden. Die Sorte *Dekan* hat einen signifikant höheren Lysingehalt im Protein als die beiden anderen Sorten *Capo* und *Silvius*.

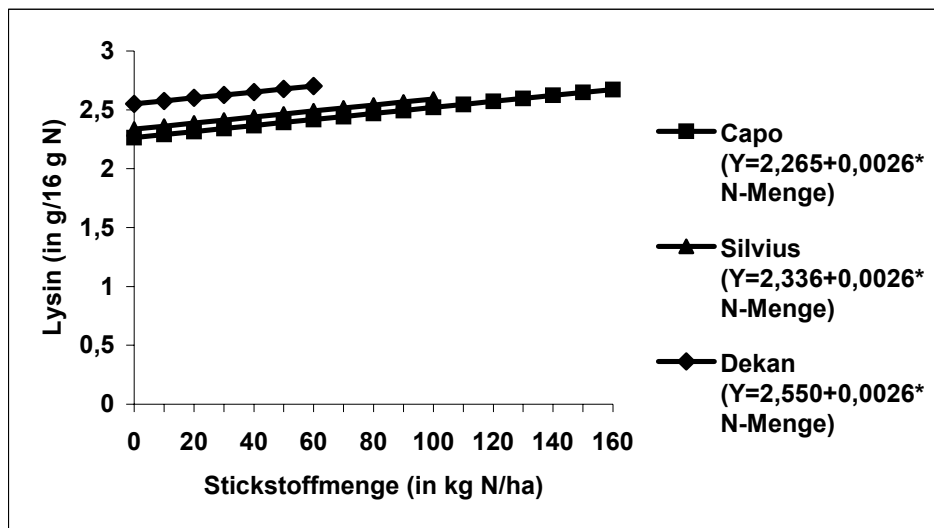


Abbildung 3: Einfluss von Düngermenge auf den Lysingehalt im Rohprotein

Der Lysingehalt im Protein steigt mit zunehmendem Ertrag ebenfalls signifikant an ($P=0,031$; $R^2=0,174$), und zwar um $0,0089$ g/16 g N bei Erhöhung des Ertrags um eine Dezitonne.

5.4.1.3 Methionin und Cystein

Die Gehalte der schwefelhaltigen Aminosäuren Methionin und Cystein je kg Trockensubstanz sind wie der Lysingehalt mit dem Rohproteingehalt eng korreliert (P -Werte jeweils $<0,0001$; R^2 für Methionin $0,771$; R^2 für Cystein $0,780$). Bei dem Regressionsmodell $Y = a + b \cdot x$ beträgt die Konstante a für Methionin $0,524$ und für Cystein $0,782$, der geschätzte Regressionskoeffizient b beträgt bei Methionin $0,012$ und bei Cystein $0,018$ je g Rohprotein. In Abbildung 4 ist dieser Zusammenhang für die Summe der beiden schwefelhaltigen Aminosäuren aufgezeigt ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,783$).

Dagegen sind die Gehalte an Methionin und Cystein im Rohprotein ebenso wie der Lysingehalt abnehmend bei zunehmendem Proteingehalt (R^2 für Methionin $0,300$, $P=0,003$; R^2 für Cystein $0,286$, $P=0,004$). Zur Vereinfachung der Darstellung sind die Zusammenhänge in Abbildung 4 für die Summe der beiden Aminosäuren dargestellt ($R^2=0,299$; $P=0,003$).

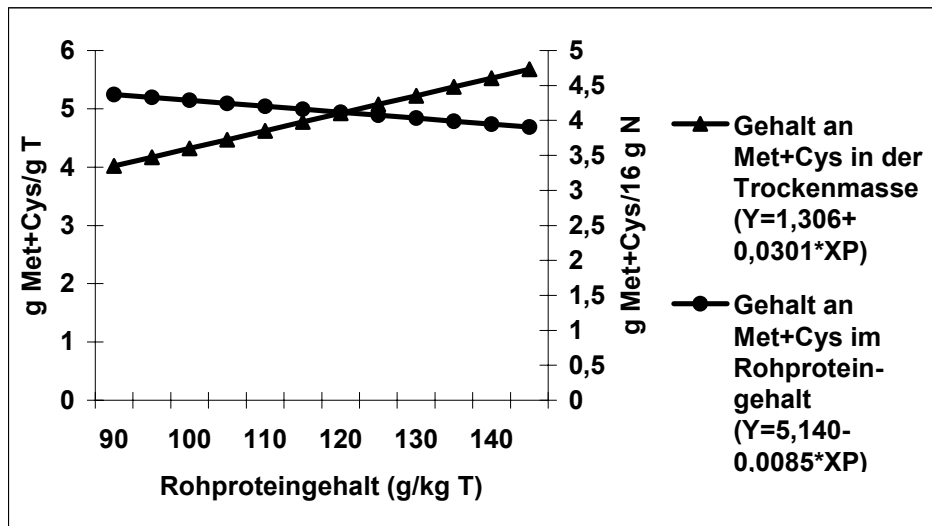


Abbildung 4: Zusammenhang zwischen Gehalt an schwefelhaltigen Aminosäuren (Methionin und Cystein) und Rohproteingehalt

Die Abweichungen der Beobachtungswerte des Methioningehalts in der Trockenmasse lassen sich zu 46 % durch ein Modell erklären, das sowohl die Sorte als auch die Leguminosenvorfrucht als fixe Effekte beinhaltet, jene des Cysteingehalts zu 43 %. Die LS-Schätzer sind in Tabelle 9 für Methionin und in Tabelle 10 für Cystein aufgezeigt. Die Sorte *Capo* besitzt also sowohl einen höheren Methionin- als auch Cysteingehalt in der Trockenmasse. Durch die Aufnahme einer Leguminosenvor- oder -zwischenfrucht in die Fruchtfolge kann offenbar der Gehalt der schwefelhaltigen Aminosäuren in der Trockensubstanz gesteigert werden.

Ohne Berücksichtigung der Leguminosenvorfrucht – also als fixer Effekt nur noch die Sorte – lassen sich beim Methioningehalt in der Trockenmasse nur noch etwa 28 % der Unterschiede zwischen den Beobachtungswerten erklären, beim Cysteingehalt nur noch 32 %.

Tabelle 9: LS-Schätzer der fixen Effekte für die Variable Methioningehalt (g/kg T)

	Capo	Silvius	Dekan	P
LS-Schätzer für fixen Effekt „Sorte“	1,95 ^a	1,80 ^b	1,70 ^b	0,008
		Ohne Leguminosen- vorfrucht	Mit Leguminosen- vorfrucht	P
LS-Schätzer für den fixen Effekt „Leguminosenvorfrucht“		1,73 ^b	1,91 ^a	0,01

Tabelle 10: LS-Schätzer der fixen Effekte für die Variable Cysteingehalt (g/kg T)

	Capo	Silvius	Dekan	P
LS-Schätzer für fixen Effekt „Sorte“	3,04 ^a	2,83 ^b	2,65 ^b	0,006
		Ohne Leguminosen- vorfrucht	Mit Leguminosen- vorfrucht	P
LS-Schätzer für den fixen Effekt „Leguminosenvorfrucht“		2,73 ^b	2,96 ^a	0,042

Andere Zusammenhänge ergaben sich für die Gehalte der schwefelhaltigen Aminosäuren im Protein. Diese unterschieden sich zwischen den Sorten nicht signifikant, es konnte allerdings ein Einfluss der Stickstoffdüngermenge statistisch abgesichert werden. Allerdings können mit diesem Modell die Unterschiede der Beobachtungswerte nur zu etwa 20 % erklärt werden.

Anders als der Lysingehalt steigen sowohl der Methionin- als auch der Cysteingehalt im Protein mit zunehmender Stickstoffmenge leicht an (Abbildung 5), das Bestimmtheitsmaß R^2 beträgt für Methionin 0,159, für Cystein 0,246 und für die Summe Met+Cys 0,216. Bei dem Regressionsmodell $Y = a + b * x$ beträgt die Konstante a für Methionin 1,579 und für Cystein 2,454, der geschätzte Regressionskoeffizient b beträgt bei Methionin 0,0008 und bei Cystein 0,0015 je kg N/ha. Die dazugehörigen P-Werte betragen 0,039, 0,009 und 0,015.

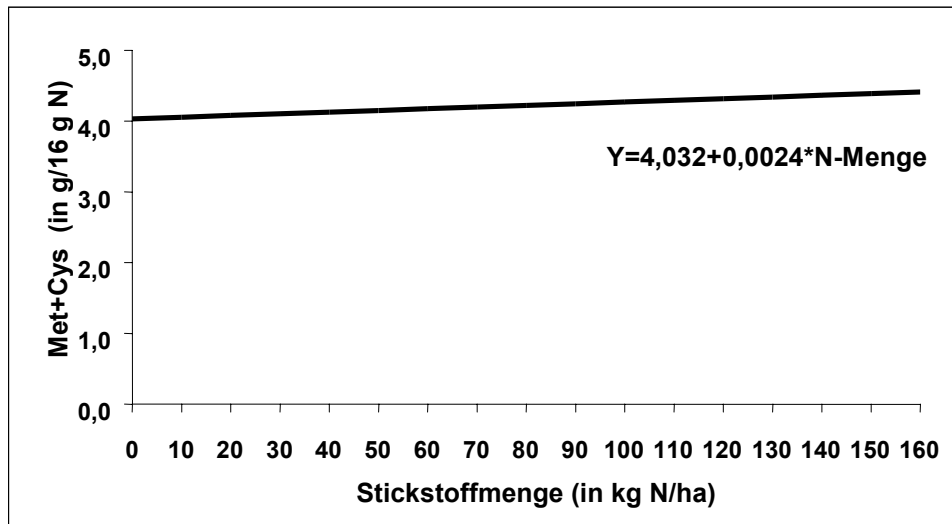


Abbildung 5: Zusammenhang zwischen Gehalt an schwefelhaltigen Aminosäuren (Methionin und Cystein) im Protein und Stickstoffdüngermenge

Ein leicht positiver stochastischer Zusammenhang konnte zwischen dem Methioningehalt im Protein und dem Ertrag nachgewiesen werden. Bei einer Zunahme des Ertrags um eine Dezitonne steigt der Methioningehalt um 0,0037 g ($P=0,024$; $R^2=0,188$). Der Cysteingehalt im Protein wird vom Ertrag nicht statistisch nachweisbar beeinflusst.

5.4.1.4 Threonin

Der Gehalt an Threonin in der Trockenmasse ist wie bei den anderen bisher genannten Aminosäuren eng mit dem Rohproteingehalt korreliert ($P<0,0001$). Bei einer Zunahme des Rohproteingehalts um ein g/kg T steigt der Threoningehalt um 0,017 g/kg T an, wohingegen der Threoningehalt im Rohprotein um 0,008 g abnimmt (Abbildung 6).

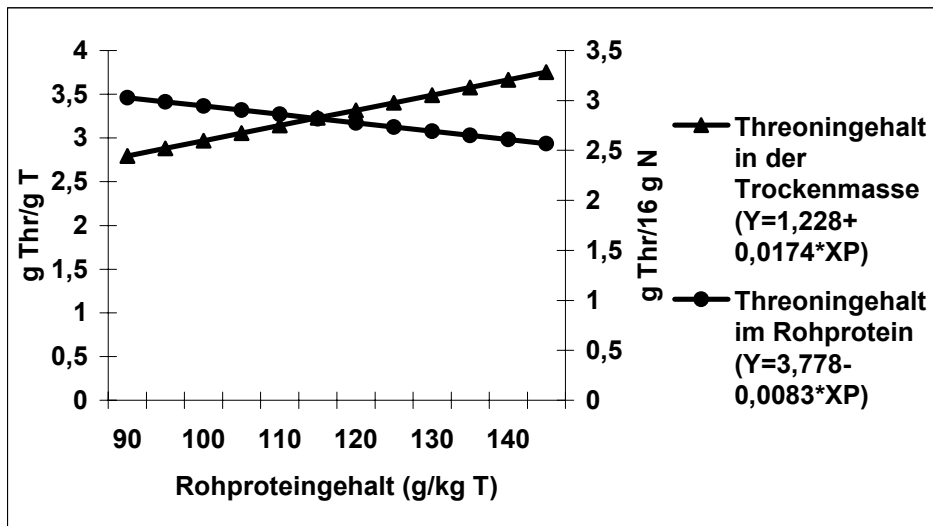


Abbildung 6: Zusammenhang zwischen Threonin- und Rohproteingehalt

Die Unterschiede im Threonin- und Rohproteingehalt der Beobachtungswerte konnten weder mit Sorteneinflüssen noch mit Stickstoffmengen, Leguminosenvorfrüchten oder Erträgen statistisch nachweisbar erklärt werden.

5.4.1.5 Tryptophan

Der Tryptophangehalt in der Trockenmasse ist eng mit dem Rohproteingehalt in der Trockenmasse korreliert ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,540$), wohingegen der Gehalt dieser Aminosäure im Protein unabhängig vom Proteingehalt schwankt.

Es konnten beim Tryptophangehalt in der Trockenmasse oder im Protein ebenso wie beim Threonin- und Rohproteingehalt keine Sortenunterschiede, Vorfruchtwirkungen oder Beeinflussungen durch Stickstoffmengen bzw. unterschiedliche Erträge nachgewiesen werden.

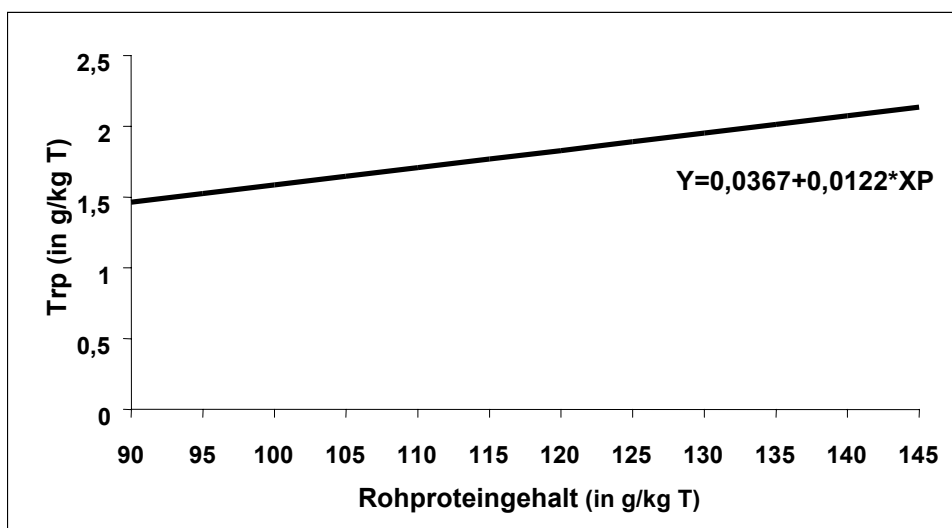


Abbildung 7: Zusammenhang zwischen Tryptophan- und Rohproteingehalt

5.4.1.6 Sonstige Aminosäuren

Neben den erstlimitierenden Aminosäuren, die unter Punkt 5.4.1.2 bis Punkt 5.4.1.5 beschrieben wurden, wurden alle weiteren Aminosäuregehalte außer Prolin analysiert. Die Absolutwerte je nach Sorte sind in Tabelle 3 und Tabelle 4 angeführt.

Die Ergebnisse der Punktschätzungen der Regressionskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen den einzelnen Aminosäuren und dem Rohproteingehalt sind in Tabelle 11 dargestellt.

Es besteht also wie erwartet bei allen Aminosäuren ein stochastischer Zusammenhang zwischen dem Gehalt in der Trockenmasse und dem XP-Gehalt. Dagegen ändert sich die Zusammensetzung des Proteins bei steigendem Proteingehalt.

Tabelle 11: Regressionskoeffizienten des stochastischen Zusammenhangs zwischen Aminosäuren und Rohproteingehalt ($Y = a + b \cdot X$)

Aminosäure	Bestimmtheitsmaß R^2	Wahrscheinlichkeit P	Gemeinsame Konstante a	Regr. Koeffizient b
Ala (g/kg T)	0,793	<0,0001	1,609	0,0221
Arg (g/kg T)	0,680	<0,0001	1,433	0,0342
Asp (g/kg T)	0,666	<0,0001	2,481	0,0303
Glu (g/kg T)	0,589	<0,0001	2,154	0,2606
Gly (g/kg T)	0,824	<0,0001	0,930	0,0296
His (g/kg T)	0,421	0,0002	0,818	0,0175
Ile (g/kg T)	0,873	<0,0001	0,434	0,0297
Leu (g/kg T)	0,912	<0,0001	0,946	0,0584
Phe (g/kg T)	0,910	<0,0001	0,032	0,0441
Ser (g/kg T)	0,819	<0,0001	0,599	0,0371
Tyr (g/kg T)	0,831	<0,0001	0,459	0,0311
Val (g/kg T)	0,838	<0,0001	1,300	0,0325
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>				
Ala (g/16 g N)	0,607	<0,0001	4,892	-0,0110
Arg (g/16 g N)	0,204	0,018	5,775	-0,0095
Asp (g/16 g N)	0,491	<0,0001	7,181	-0,0172
Glu (g/16 g N)	–	n. s.	–	–
Gly (g/16 g N)	0,231	0,011	4,489	-0,0062
His (g/16 g N)	–	n. s.	–	–
Ile (g/16 g N)	–	n. s.	–	–
Leu (g/16 g N)	0,157	0,041	7,387	-0,0063
Phe (g/16 g N)	–	n. s.	–	–
Ser (g/16 g N)	–	n. s.	–	–
Tyr (g/16 g N)	–	n. s.	–	–
Val (g/16 g N)	0,371	0,0008	5,409	-0,0088

5.4.2 Triticale aus Biologischer Landwirtschaft

Um Sortenunterschiede beim XP- und AS-Gehalt zu überprüfen, konnten alle vier Sorten (*Almo*, *Binova*, *Presto* und *Trimaran*) einbezogen werden.

Alle abhängigen Variablen außer Rohprotein in der Trockenmasse waren normalverteilt. Der Test der Residuen des Modells betreffend XP auf Normalverteilung ergab aber, dass eine Varianzanalyse auch für die Variable Rohprotein zulässig ist (P -Wert des Shapiro-Wilk-Test=0,1526).

Es wurde allerdings ein Beobachtungswert bei Rohprotein vor der statistischen Analyse ausgeschlossen, da es sich um einen Ausreißer handelte (d_s -Wert 9,0; siehe EBI 1987, S. 253f).

5.4.2.1 Rohprotein

Der Rohproteingehalt in der Trockenmasse ist bei Triticale nicht nur von der Sorte abhängig, sondern auch von der Düngermenge (in kg N/ha), wobei die Sorten unterschiedlich auf steigende Düngermengen reagieren (Wechselwirkung Sorte*Stickstoffmenge ist signifikant). Durch dieses Modell lassen sich 34 % der Unterschiede zwischen den Beobachtungswerten erklären. In Abbildung 8 ist der Zusammenhang dargestellt. Die P-Werte betragen für die Sorte 0,066, für die Düngermenge 0,026, für das quadratische Glied der Düngermenge 0,027 und für die Wechselwirkung Sorte*Dünger 0,088.

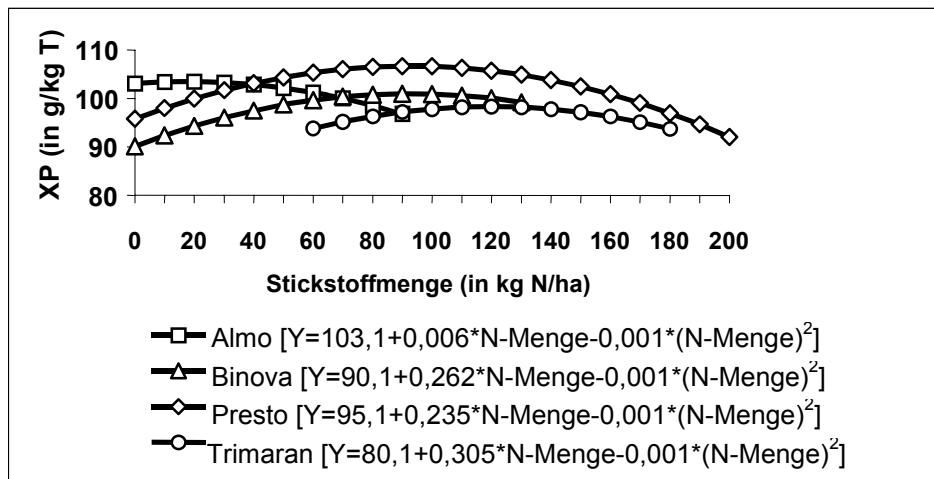


Abbildung 8: Zusammenhang zwischen Rohproteingehalt in der Trockenmasse und Düngermenge

Obwohl der Ertrag bei Triticale nicht sortenabhängig ist, aber von der Art der Vorfrucht und der Düngermenge abhängt, konnte bei XP beim Modell (B) kein Sortenunterschied unter Berücksichtigung des Ertrags festgestellt werden.

5.4.2.2 Lysin

Der Lysingehalt in der Trockenmasse von Triticale steigt ebenso wie bei Winterweizen mit steigendem Rohproteingehalt an, während der Lysingehalt im Protein bei mittlerem Rohproteingehalt am geringsten ist (Abbildung 9).

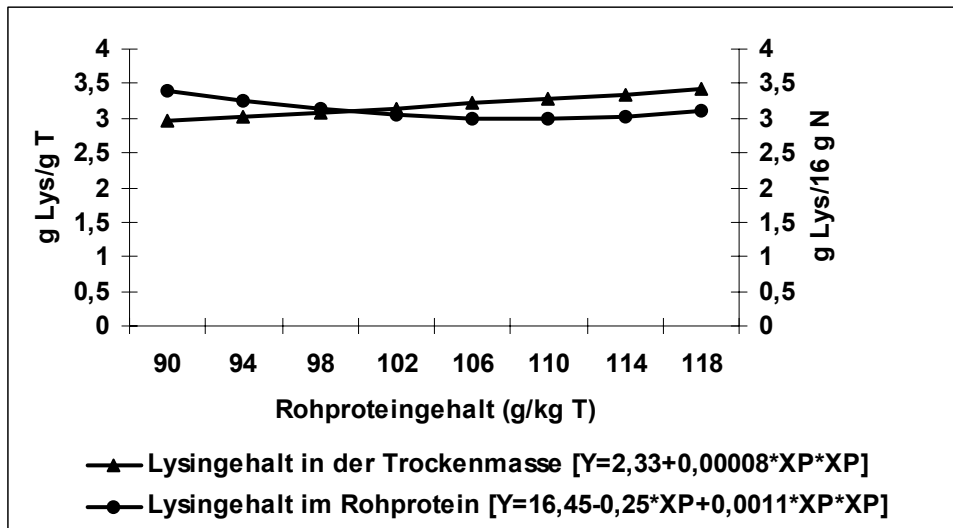


Abbildung 9: Zusammenhang zwischen Lysingehalt und Rohproteingehalt

Im Gegensatz zum Rohprotein erklären sich die Unterschiede zwischen den Beobachtungswerten im Lysingehalt je kg Trockenmasse besser mit Modell (B), d. h. unter Berücksichtigung des Ertragseinflusses (Abbildung 10). Es lassen sich durch dieses Modell etwa 45 % der Unterschiede erklären, der P-Wert für die Sorte beträgt 0,042, für die Wechselwirkung zwischen Sorte und Ertrag 0,083 und für die Wechselwirkung zwischen der Sorte und dem quadratischen Glied des Ertrags 0,092.

Nur die Sorte allein hat keinen statistisch nachweisbaren Einfluss auf den Lysingehalt in der Trockenmasse. Auch der Lysingehalt im Rohprotein ist nicht sortenabhängig und wird auch durch die Düngermenge oder den Ertrag nicht beeinflusst.

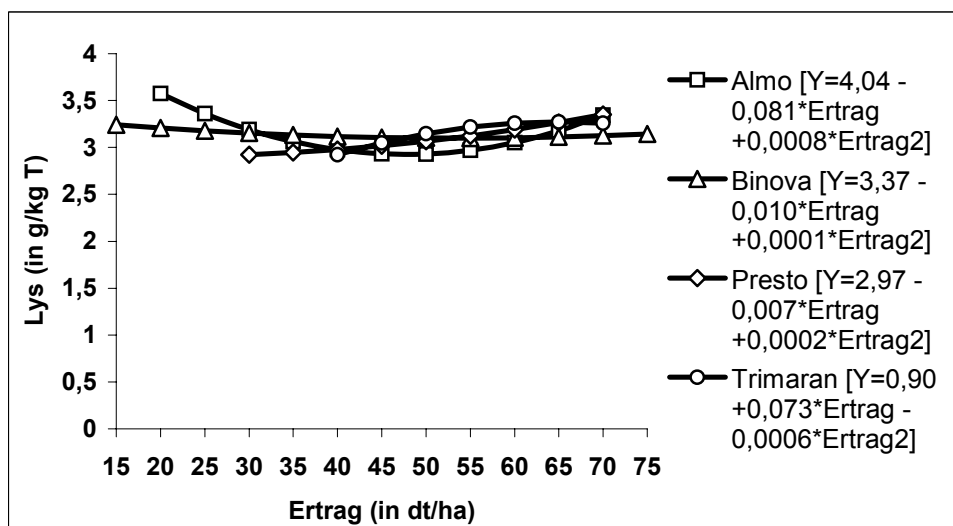


Abbildung 10: Zusammenhang zwischen Lysingehalt in der Trockenmasse und Ertrag

5.4.2.3 Methionin und Cystein

Sowohl der Methionin- als auch der Cysteingehalt in der Trockenmasse steigen signifikant mit dem Rohproteingehalt, während der Anteil der beiden schwefelhaltigen Aminosäuren im Protein sinkt. Beim Gehalt der Aminosäuren in der Trockenmasse gilt folgendes Regressionsmodell: $Y = a + b \cdot x^2$, wobei die Konstante a für Methionin 1,19 und für Cystein 1,79 beträgt, der geschätzte Regressionskoeffizient b beträgt bei Methionin 0,00005 ($P=0,0004$; $R^2=0,345$) und bei Cystein 0,00008 ($P<0,0001$; $R^2=0,446$) je g Rohprotein. Beim Gehalt der beiden schwefelhaltigen Aminosäuren im Rohprotein gilt das Modell $Y = a + b \cdot x$. Hier beträgt die Konstante a für Methionin 2,41 und für Cystein 3,60 sowie der Regressionskoeffizient b für Methionin -0,0068 ($P=0,020$; $R^2=0,167$) und für Cystein -0,0101 ($P=0,005$; $R^2=0,233$). In Abbildung 11 ist die Summe beider Aminosäuren dargestellt.

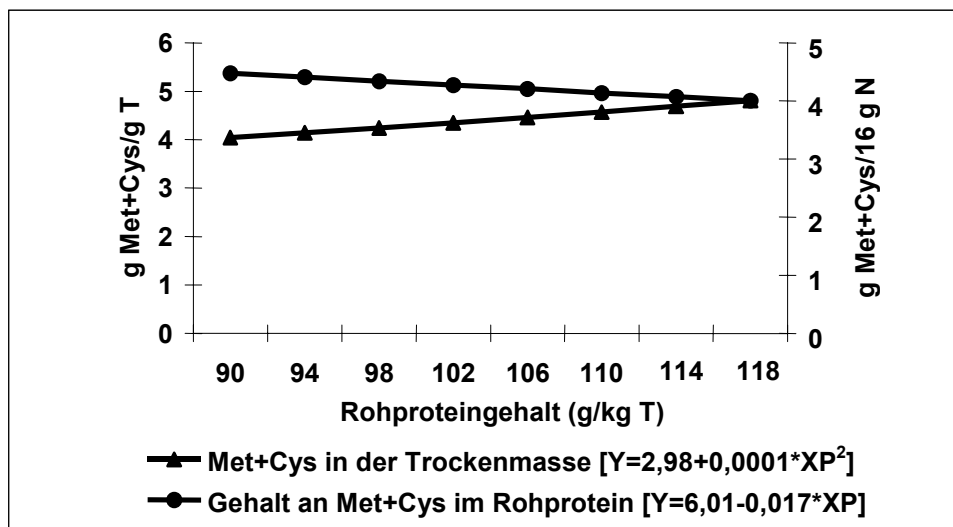


Abbildung 11: Zusammenhang zwischen Gehalt an schwefelhaltigen Aminosäuren (Methionin und Cystein) und Rohproteingehalt

Sowohl Methionin- als auch Cysteingehalt in der Trockenmasse und auch im Protein sind bei den vier Triticalesorten signifikant unterschiedlich. Es wurde kein Einfluss der Düngermenge, der Vorfrucht oder des Ertrages gefunden. Die LS-Schätzer und die P-Werte sind in Tabelle 12 dargestellt.

Tabelle 12: LS-Schätzer für den fixen Effekt „Sorte“ für die Variablen Methionin und Cystein

	Almo	Binova	Presto	Trimaran	P-Wert
Methioningehalt in der Trockenmasse					
LS-Schätzer für den fixen Effekt „Sorte“	1,77a	1,61b	1,67b	1,78a	0,009
Methioningehalt im Rohprotein					
LS-Schätzer für den fixen Effekt „Sorte“	1,75b	1,64c	1,72bc	1,87a	0,0004
Cysteingehalt in der Trockenmasse					
LS-Schätzer für den fixen Effekt „Sorte“	2,66a	2,48b	2,48b	2,58ab	0,020
Cysteingehalt im Rohprotein					
LS-Schätzer für den fixen Effekt „Sorte“	2,64ab	2,23c	2,55b	2,72a	0,032

Es ist zu erkennen, dass der Gehalt an schwefelhaltigen Aminosäuren in den Sorten *Presto* und vor allem *Binova* deutlich geringer sind als in den Sorten *Almo* und *Trimaran*.

5.4.2.4 Threonin

Der Threonengehalt in der Trockenmasse ist erwartungsgemäß mit dem Gehalt an Rohprotein positiv korreliert, wohingegen der Threonengehalt im Protein nicht signifikant mit steigendem XP-Gehalt abnimmt.

Der Threonengehalt wird bei Triticale weder von der Düngermenge noch von eventuellen Vorfrüchten beeinflusst. Anders als beim Weizen hat die Sorte allerdings einen Einfluss auf den Threonengehalt, wobei der Sorteneinfluss unterschiedlich bei verschiedenen Ertragshöhen ist (Abbildung 12). Mit diesem Modell lassen sich 52 % der Unterschiede zwischen den Beobachtungswerten erklären. Dieser unterschiedliche Sorteneinfluss auf den Threonengehalt ist fast ident mit jenem beim Lysingehalt in der Trockensubstanz.

Die Abweichungen im Threonengehalt im Protein lassen sich hingegen weder durch die Sorte noch die Düngermenge, die Vorfrucht oder den Ertrag erklären.

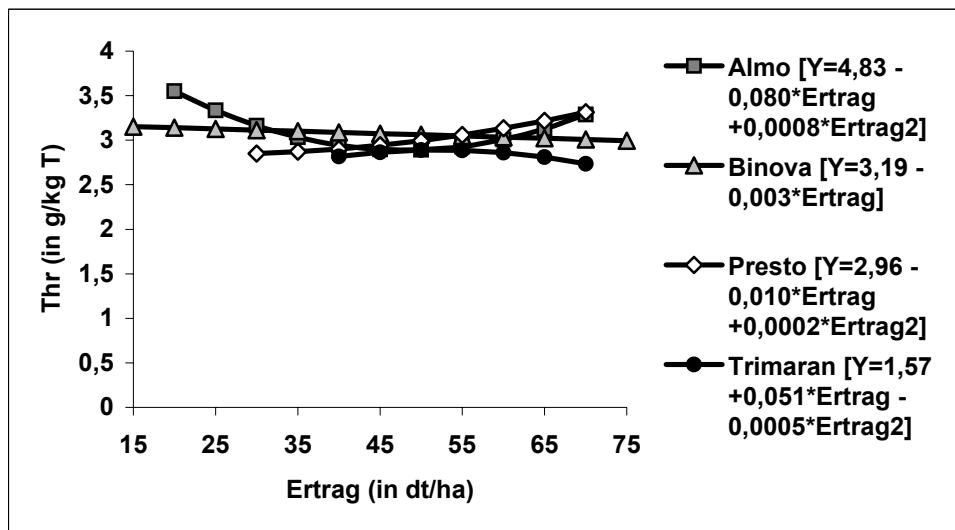


Abbildung 12: Zusammenhang zwischen Threonengehalt in der Trockenmasse und Ertrag

5.4.2.5 Tryptophan

Der Tryptophangehalt in der Trockenmasse ist zwar mit dem XP-Gehalt korreliert ($P=0,044$), er steigt aber bei steigendem XP-Gehalt nur geringfügig an (Abbildung 13). Das Modell erklärt außerdem nur etwa 13 % der Unterschiede zwischen den Beobachtungswerten.

Die Abweichungen zwischen den Tryptophangehalten in der Trockenmasse der Triticaleproben lassen sich weder durch unterschiedliche Sorten noch durch verschiedene Düngermengen, Vorfrüchte oder Erträge erklären. Ebenso wenig konnten Unterschiede beim Tryptophangehalt im Rohprotein durch Sorten, Düngermenge bzw. Ertrag erklärt werden.

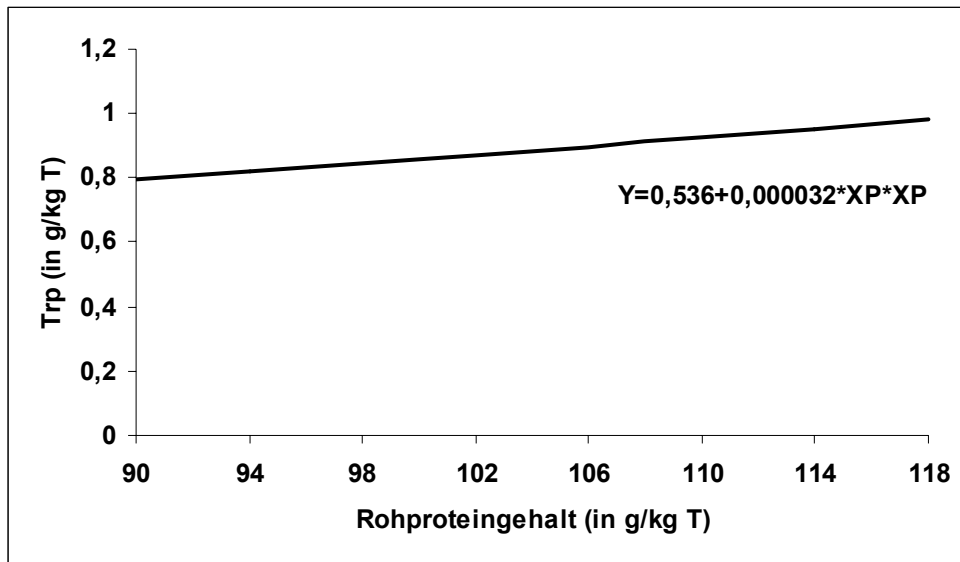


Abbildung 13: Zusammenhang zwischen Tryptophan- und Rohproteingehalt

5.4.2.6 Sonstige Aminosäuren

Der stochastische Zusammenhang zwischen den Gehalten der weiteren Aminosäuren in der Trockenmasse und dem Rohproteingehalt kann erwartungsgemäß nachgewiesen werden. Die verschiedenen Aminosäuregehalte folgen allerdings – anders als bei Weizen – unterschiedlichen Regressionsmodellen, die Konstanten sowie die Regressionskoeffizienten sind in Tabelle 13 dargestellt.

Ebenso wie bei Weizen ändern sich die Aminosäuregehalte im Protein bei steigendem Rohproteingehalt in verschiedene Richtungen, teilweise ist kein Zusammenhang statistisch nachzuweisen.

Tabelle 13: Regressionskoeffizienten des stochastischen Zusammenhangs zwischen Aminosäuren und Rohproteingehalt ($Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2$)

Aminosäure	Bestimmtheitsmaß	Wahrscheinlichkeit	Gemeinsame	linearer Regr.	quadrat. Regr.
	R ²	P	Konstante a	koeffizient b	koeffizient c
Ala (g/kg T)	0,441	<0,0001	3,043	n. s.	0,00011
Arg (g/kg T)	0,517	0,044 ² ; 0,026 ³	21,244	-0,360	0,00197
Asp (g/kg T)	0,598	0,005 ² ; 0,003 ³	35,146	-0,618	0,00330
Glu (g/kg T)	0,381	0,0002	10,352	n. s.	0,00132
Gly (g/kg T)	0,386	0,0001	2,970	n. s.	0,00011
His (g/kg T)	0,286	0,0016	1,307	n. s.	0,00011
Ile (g/kg T)	0,619	0,042 ² ; 0,022 ³	11,709	-0,191	0,00107
Leu (g/kg T)	0,545	<0,0001	4,243	n. s.	0,00022
Phe (g/kg T)	0,668	<0,0001	2,405	n. s.	0,00018
Ser (g/kg T)	0,548	<0,0001	1,956	n. s.	0,00021
Tyr (g/kg T)	0,385	0,0001	1,935	n. s.	0,00009
Val (g/kg T)	0,569	0,086 ² ; 0,050 ³	13,052	-0,196	0,00111
Ala (g/16 g N)	0,448	0,044 ² ; 0,067 ³	15,592	-0,207	0,00092
Arg (g/16 g N)	0,209	0,027 ² ; 0,032 ³	25,608	-0,396	0,00189
Asp (g/16 g N)	0,309	0,003 ² ; 0,003 ³	40,453	-0,657	0,00316
Glu (g/16 g N)	–	n. s.	–	–	–
Gly (g/16 g N)	0,280	0,002	5,966	-0,019	n. s.
His (g/16 g N)	–	n. s.	–	–	–
Ile (g/16 g N)	0,229	0,026 ² ; 0,032 ³	14,659	-0,216	0,00103
Leu (g/16 g N)	0,189	0,013	8,536	-0,021	n. s.
Phe (g/16 g N)	–	n. s.	–	–	–
Ser (g/16 g N)	–	n. s.	–	–	–
Tyr (g/16 g N)	0,170	0,019	3,933	-0,011	n. s.
Val (g/16 g N)	0,356	0,037 ² ; 0,051 ³	17,825	-0,244	0,00112

6 Diskussion

6.1 Vergleich der Inhaltsstoffgehalte mit Literaturwerten

Für alle Bio-Winterweizen-Sorten betrug der XP-Gehalt durchschnittlich 117 g/kg T, das entspricht nur 85 % des XP-Gehaltes von Winterweizenkörnern laut DLG-Futterwerttabelle (DLG 1991). Ohne Berücksichtigung der Qualitätsweizensorten, also ohne *Capo* und *Ludwig*, vergrößerte sich dieser Unterschied sogar noch weiter.

Offenbar können in der Biologischen Landwirtschaft nicht jene XP-Gehalte wie in der konventionellen Landwirtschaft erreicht werden, was eventuell mit dem weniger intensiven Anbau (starke Einschränkung des Einsatzes von Mineraldüngern, geringeres Düngungsniveau) im Bio-Landbau erklärt werden könnte. In Feldversuchen im Jahr 2000 auf drei Standorten, die nach den Richtlinien des Biologischen Landbaus erfolgten, wurden zwar für die Winterweizensorten *Capo*, *Ludwig* und vor allem *Silvius* höhere XP-Gehalte als in dem vorliegenden Versuch erzielt (Bundesamt

² P-Wert des linearen Glieds

³ P-Wert des quadratischen Glieds

für Agrarbiologie o. J.), es handelte sich hierbei allerdings um Versuchspartizellen, deren Ergebnisse nicht ohne Weiteres auf praktische Verhältnisse umgelegt werden können. Die Unterschiede könnten auch auf die verschiedenen Erntejahre zurückzuführen sein. Metayer et al. (1993) fanden unter anderem einen signifikanten Zusammenhang zwischen XP-Gehalt und Jahr.

Der niedrigere XP-Gehalt der Bio-Weizenproben ging einher mit niedrigeren Werten beim Gehalt der einzelnen Aminosäuren im Futtermittel im Vergleich zu jenen von DEGUSSA (1990). Nachdem der Aminosäuregehalt mit dem Rohproteingehalt eng korreliert ist, verwundert dieses Ergebnis nicht. Vor allem der Lysingehalt, der nur noch 73 % des Literaturwertes ausmacht, ist aber so weit vom Tabellenwert entfernt, dass die unkritische Verwendung tabellierter Aminosäuren-Gehalte in der Bio-Fütterung als nicht zulässig erscheint.

Der Rohproteingehalt von Bio-Triticale liegt ebenso unter dem entsprechenden Wert der DLG-Futtermitteltabelle (DLG 1991). Bei Triticale ist dieser Unterschied aber noch größer als bei Weizen, der durchschnittliche analysierte XP-Gehalt beträgt nur noch knappe 70 % des tabellierten Werts. Diese Bio-Proben dürfen eigentlich nicht mehr mit jenen Werten der DLG verglichen werden, da es sich nicht um die selbe Grundgesamtheit handelt, obwohl die Stichprobe mit immerhin 34 Triticaleproben aus Biologischem Anbau sogar größer war als jene von DEGUSSA (1990).

Dadurch sind erwartungsgemäß auch die Gehalte der Aminosäuren im Futtermittel deutlich unter den von DEGUSSA (1990) angegebenen Werten. Der Lysingehalt von Bio-Triticale liegt nur bei 70 % des Tabellenwertes, andere Aminosäuren wie Methionin oder Cystein stammen offenbar überhaupt aus einer anderen Grundgesamtheit. Beim Vergleich der Gehalte an den wichtigsten fünf Aminosäuren Lysin, Methionin, Cystein, Threonin und Tryptophan mit jenen von Golenkov (1983) veröffentlichten Werten liegen alle analysierten AS-Gehalte außer Cystein ebenfalls unter den angegebenen Mittelwerten und teilweise sogar unterhalb der vom Autor angeführten Variationsbreite.

Die Arbeitshypothese 1 – Protein- und Aminosäuregehalte sind in biologisch erzeugtem Weizen und Triticale systematisch geringer als in den üblicherweise verwendeten Futtermitteltabellen – ist offenbar zutreffend und wird somit angenommen. Für die Schweinefütterung auf biologisch wirtschaftenden Betrieben stellt sich nun die Frage, welche Tabellenwerte für Rationsberechnungen herangezogen werden können, um die Gehaltswerte richtig einzuschätzen. Nachdem Weizen, Triticale oder auch Gerste häufig die Hauptbestandteile der Rationen darstellen, führt eine Überschätzung der XP- und Lysingehalte im Getreide zu einem geringeren Einsatz von Eiweißfuttermitteln und damit eventuell zu unausgewogenen Rationszusammensetzungen.

6.2 Vergleich der Aminosäuregehalte im Rohprotein mit Literaturwerten

Die Gehaltswerte der Aminosäuren im Protein entsprechen teilweise den Literaturwerten (DEGUSSA 1990), die Lysin-, Cystein- und Tryptophangehalte von Bio-Weizen- und Bio-Triticaleprotein sind allerdings von jenen der konventionellen Tabellenwerten verschieden. So beinhalten die untersuchten Bio-Getreidesorten deutlich geringere Anteile an Lysin und Tryptophan im Protein, während der Cysteingehalt im Protein im Vergleich zu DEGUSSA (1990) erhöht ist.

Obwohl der Lysingehalt im Protein bei geringeren XP-Gehalten höher ist (siehe auch Kapitel 5.4.1.2 oder 5.4.2.2), sind bei Getreide aus Biologischer Landwirtschaft, die geringere XP-Gehalte als genannte Tabellen aufweisen, die Lysingehalte im Protein im Vergleich zu den tabellierten Werten offenbar nicht erhöht oder sogar vermindert. Nur der Cysteingehalt im Protein ist bei Bio-Getreide vermehrt. Generell muss die Arbeitshypothese 2 – die Aminosäuregehalte im Protein sind für biologisch erzeugten Weizen und Triticale höher als in Tabellen angegeben – somit verworfen werden.

6.3 Sortenunterschiede bei Weizen

Beim Rohproteingehalt in der Trockenmasse konnte ein sortenbedingter Unterschied statistisch nachgewiesen werden, wobei die Wechselwirkung zwischen Sorte und Dünger signifikant war. Es zeigte sich somit, dass sich die drei untersuchten Bio-Weizensorten *Capo*, *Silvius* und *Dekan* bei steigendem Düngerniveau bezüglich ihres XP-Gehaltes unterschiedlich verhalten. Unter der Annahme eines durchschnittlichen Düngerniveaus (d. h. etwa 42 kg N/ha – wobei 30 % der Proben überhaupt nicht gedüngt wurden) zeigt *Capo* einen signifikant höheren XP-Gehalt als *Silvius* und *Dekan*, die sich bezüglich XP-Gehalt bei durchschnittlicher Stickstoffmenge nicht voneinander unterscheiden. Bei sehr hohen oder sehr niedrigen Düngermengen könnten sich andere Unterscheidungen ergeben, mit dem vorhandenen Probenmaterial können diese aber nicht nachgewiesen werden.

Der höhere Proteingehalt bei *Capo* entspricht den Erwartungen, da es sich bei dieser Sorte um Qualitätsweizen handelt, während *Silvius* eine Mahl- und *Dekan* eine Futterweizensorte ist. Qualitätsweizensorten werden auf höhere Protein- bzw. Klebergehalte gezüchtet, da damit bessere Backeigenschaften verbunden sind, während bei der Zucht von Futtergetreide höhere Erträge bzw. pflanzenbauliche Verbesserungen im Mittelpunkt stehen.

Beim Lysingehalt in der Trockenmasse fanden sich dagegen keine sortenbedingten Unterschiede. Das ist insofern bemerkenswert, da offensichtlich jene Sorten mit geringerem XP-Gehalt einen höheren Lysinanteil im Protein haben dürften, und sich damit der geringere XP-Gehalt nicht im Lysingehalt auswirkt. Tatsächlich konnten sowohl ein Sorten- als auch ein Düngungseinfluss auf den Lysingehalt im Protein nachgewiesen werden, wobei hier *Dekan* – der im Mittel den geringsten XP-Gehalt aufweist – den höchsten Lysingehalt im Protein enthält, während *Capo* den geringsten Anteil aufweist und *Silvius* dazwischenliegt.

Bei den Gehalten an den schwefelhaltigen Aminosäuren Methionin und Cystein in der Trockensubstanz treten ebenfalls sortenspezifische Unterschiede auf, wobei die Sorte *Capo* mit dem höchsten XP-Gehalt auch den höchsten Gehalt an Met+Cys in der Trockenmasse aufweist. Dieses Ergebnis entspricht den Erwartungen, da der Aminosäuregehalt in der Trockenmasse bei steigendem XP-Gehalt zunimmt. Zusätzlich kann ein Effekt von Leguminosenvorfrüchten erkannt werden, die den Gehalt der schwefelhaltigen Aminosäuren anheben können. Dagegen unterscheiden sich die Weizensorten nicht beim Methionin- und Cysteingehalt im Protein.

Martín del Molino et al. (1989) fanden dagegen sortenbedingte Unterschiede beim Lysingehalt, während sich die drei von den AutorInnen untersuchten Weizensorten im Methioningehalt nicht unterschieden. Diese Unterschiede erklärten sich nicht zur Gänze durch die unterschiedlichen Proteingehalte. Es wurden Sorten mit unterschiedlich rascher Blattalterung miteinander verglichen, die in der österreichischen Biologischen Landwirtschaft nicht angebaut werden.

In den durchgeführten Analysen konnten keine Unterschiede zwischen den Sorten beim Gehalt an Threonin oder Tryptophan nachgewiesen werden, und zwar weder beim Gehalt in der Trockenmasse noch im Protein. Hier wirken sich die unterschiedlich hohen XP-Gehalte offenbar nicht aus. Martín del Molino et al. (1989) konnten beim Threoningehalt sehr wohl sortenbedingte Unterschiede erkennen, der Tryptophangehalt wurde offenbar nicht untersucht.

Die Arbeitshypothese 3 – der Rohprotein-, Lysin- und Met+Cys-Gehalt ist sortenbedingt unterschiedlich – trifft aber überwiegend zu und wird somit angenommen.

6.4 Sortenunterschiede bei Triticale

Der Rohproteingehalt von Triticale unterscheidet sich ebenfalls aufgrund der verschiedenen Sorten, aber – wie auch bei Weizen – zusätzlich aufgrund der Wechselwirkung zwischen Sorte und Düngungsniveau. Wie auch in Abbildung 8 zu erkennen ist, zeigt die Sorte *Presto* bei

durchschnittlichem Düngungsniveau (54,9 kg N/ha) den höchsten XP-Gehalt und unterscheidet sich hier signifikant von der Sorte *Trimaran*. Dagegen zeigt bei einem totalen Verzicht auf Düngung die Sorte *Almo* den höchsten XP-Gehalt. Der Sorteneinfluss allein, d. h. ohne Einfluss des Düngers, ist bei Triticale allerdings anders als bei Weizen nicht mehr signifikant.

Die geringen Sortenunterschiede lassen sich eventuell dadurch erklären, dass die Pflanzenzüchtung bei Triticale – anders als bei Weizen – nicht die Steigerung des Proteingehalts verfolgt, sondern es vor allem pflanzenbauliche Verbesserungen sind, die angestrebt werden. Für jene Sorten, die in der Biologischen Landwirtschaft verwendet werden, sind vor allem Resistenzen gegenüber Pilzkrankungen von Bedeutung.

Der Lysingehalt in der Trockenmasse unterscheidet sich nicht zwischen den Sorten. Die signifikante Wechselwirkung zwischen Sorte und Ertrag zeigt, dass die Sorten bei unterschiedlich hohen Erträgen wechselnde Reihungen aufweisen, insgesamt aber gleich sind. Der Lysingehalt im Protein unterscheidet sich weder zwischen den Sorten noch bei verschiedenen Düngungsniveaus signifikant.

Dagegen variieren die Gehalte an Methionin und Cystein signifikant zwischen den Sorten. *Almo* und *Trimaran* weisen einen höheren Gehalt an schwefelhaltigen Aminosäuren in der Trockenmasse auf als *Presto* und *Binova*. Auch der Gehalt der beiden AS im Protein ist bei *Trimaran* am höchsten und bei *Binova* am geringsten.

Beim Threoningehalt in der Trockenmasse zeigt sich ein ähnlicher Effekt wie beim Lysingehalt: Zwar kann ein signifikanter Einfluss der Sorte und der Wechselwirkung zwischen Sorte und Ertrag aufgezeigt werden, bei einem durchschnittlichen Ertrag (47 dt/ha) lassen die P-Werte bei paarweisen Vergleichen der LS-Schätzer keine Sortenunterschiede mehr erkennen. Die Sortenunterschiede im Threoningehalt dürften nur bei sehr hohen oder sehr niedrigen Erträgen relevant sein.

Die Sortenunterschiede in den Aminosäuregehalten sind also bei Triticale nur bei den schwefelhaltigen AS nachzuweisen. Beim Rohproteingehalt muss neben der Sorte auch die Düngung berücksichtigt werden. Aber offenbar unterscheiden sich die untersuchten Sorten in ihren Gehaltswerten nicht nur zufällig voneinander, es muss also die Arbeitshypothese 4 – Triticale-Sorten unterscheiden sich nur zufällig im Protein- und Aminosäuregehalt – abgelehnt werden.

6.5 Schlussfolgerungen

Beim Einsatz von Weizen oder Triticale aus Biologischem Anbau in der Schweinefütterung müssen aufgrund der dargestellten Ergebnisse die Gehaltsangaben von Rohprotein und erstlimitierenden Aminosäuren in konventionellen Literaturquellen (z. B. DLG 1991, BLT 1999, DEGUSSA 1990) hinterfragt werden.

Die Gehaltswerte an XP und AS in Getreide-Futtermitteln aus Biologischem Anbau liegen nach eigenen Analysen 20-30 % unter jenen in genannten Tabellen dargestellten Werten. Bei Rationsberechnungen müssten diese geringeren Gehalte berücksichtigt werden. Dadurch könnten sich höherer Anteile von Eiweißfuttermitteln in der Ration ergeben. Ob auch andere Getreidearten aus Biologischem Anbau – vor allem Gerste, die das am häufigsten eingesetzte Getreide ist – geringere Proteingehalte aufweisen als in konventionellen Tabellen angegeben, müsste noch untersucht werden.

Der Anbau bestimmter Weizen- oder Triticalesorten mit höheren XP- oder AS-Gehalten kann aufgrund der eigenen Ergebnisse nicht empfohlen werden. Zwar hat die Qualitätsweizensorte *Capo* einen nachweislich höheren XP-Gehalt als die Futterweizensorte *Dekan*, der Ertrag von *Capo* liegt aber mit etwa 43 dt/ha signifikant unter dem Ertrag von *Dekan* mit 54 dt/ha. *Dekan* hätte also einen Proteinertrag von etwa 580 kg/ha, während bei *Capo* trotz höherem Gehalt an XP nur etwa 540 kg/ha zu erwarten sind. Hier müssen auch andere Kriterien als die Inhaltsstoffgehalte herangezogen werden.

Der Anbau von Leguminosenvor- oder -zwischenfrüchten könnte von jenen Landwirten, die sie ihre Fruchtfolgen (noch) nicht integriert haben, zumindest angedacht werden. Es gibt Hinweise darauf, dass der Gehalt an schwefelhaltigen Aminosäuren durch diese Maßnahme gesteigert werden kann.

Diese Untersuchung liefert somit einen Beitrag zur Optimierung der Nährstoffversorgung von Schweinen in der Biologischen Landwirtschaft: Nach den vorliegenden Ergebnissen müssen bei der Sortenwahl auch das Ertragspotenzial des Standortes, Düngermenge und Vorfruchtwirkungen berücksichtigt werden, wenn die über das Futtergetreide erfolgende Aminosäurenversorgung der Tiere maximiert werden soll.

7 Zusammenfassung

Nachdem es Unsicherheiten von Seiten der Praxis gibt, ob die Gehalte an Rohprotein oder an Aminosäuren in Getreide aus Biologischem Anbau den Gehaltswerten in konventionellem Getreide entsprechen, sollte der Rohprotein- und Aminosäuregehalt von 10 Winterweizen- und Triticalesorten von biologisch wirtschaftenden Betrieben untersucht werden.

Die in der Biologischen Landwirtschaft bedeutendsten Weizensorten *Capo*, *Ludwig*, *Silvius*, *Pegassos*, *Belmondo* und *Dekan* sowie die Triticalesorten *Almo*, *Binova*, *Presto* und *Trimaran* wurden in die Untersuchungen einbezogen. Der Trockensubstanz- und Rohproteingehalt wurde von allen Proben analysiert, der Aminosäuregehalt nur bei jenen Sorten mit ausreichend großer Stichprobe.

Der Rohproteingehalt von Bio-Weizen lag mit durchschnittlich 117 g/kg T nur bei etwa 85 % des Gehaltes, der von DLG (1991) für Winterweizen ausgewiesen wird. Der XP-Gehalt von Triticale lag mit 101 g/kg T noch geringer bei etwa 70 % des Wertes der DLG (1991). Auch die Gehalte aller Aminosäuren im Futtermittel lagen signifikant unter den Tabellenwerten (DEGUSSA 1990), wobei die Aminosäuregehalte im Bio-Weizen nur 63 bis 90 % und im Bio-Triticale nur 53 bis 82 % der konventionellen Werte erreichten.

Bei den Aminosäuregehalten im Protein zeigten sich ebenfalls Differenzen der Bio-Getreideproben zu den tabellierten Werten. Sowohl Weizen als auch Triticale wiesen deutlich geringere Gehalte von Lysin und vor allem Tryptophan im Protein auf als aufgrund der Gehaltsangaben von DEGUSSA (1990) zu vermuten gewesen wäre. Dagegen lag der Cysteingehalt im Protein bei beiden Getreidearten über dem konventionellen Tabellenwert.

Die drei Weizensorten *Capo*, *Silvius* und *Dekan* unterschieden sich bezüglich ihrer Gehalte an XP, an Lysin im Protein sowie an Methionin und Cystein in der Trockenmasse voneinander. Ebenso beeinflussen die Düngermenge bzw. die Einbeziehung von Leguminosenvor- oder -zwischenfrüchten in die Fruchtfolge die untersuchten Inhaltsstoffgehalte.

Zwischen den Triticalesorten *Almo*, *Binova*, *Presto* und *Trimaran* wurden ebenfalls Unterschiede beim Gehalt an XP gezeigt, allerdings nur unter Berücksichtigung der Düngung. Auch die Gehalte an den schwefelhaltigen Aminosäuren Methionin und Cystein sind sortenbedingt unterschiedlich, wobei ebenso wie bei Weizen die Art der Vorfrucht einen Einfluss aufweist.

Wegen der Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Faktoren kann weder eine bestimmte Weizen- noch eine bestimmte Triticalesorte besonders für schweinehaltende Bio-Betriebe empfohlen werden. Grundsätzlich ist jedenfalls zu beachten, dass bei Berechnungen der Inhaltsstoffgehalte von Rationen in der Biologischen Schweinefütterung geringere Rohproteingehalte (20-30 % unter den Tabellenwerten) und niedrigere Lysingehalte im Bio-Getreide berücksichtigt werden müssen.

Abstract

There is considerable uncertainty about the expected protein and amino acid contents of grain that has been produced on organic farms. The relevance of informations based on the chemical analysis of conventionally produced grains for diet formulation for organic pigs is frequently disputed. Therefore a study was carried out in which protein and amino acid contents were analyzed for 10 different varieties of organically produced wheat and triticale.

The varieties *Capo*, *Ludwig*, *Silvius*, *Pegassos*, *Belmondo* and *Dekan* (wheat) as well as *Almo*, *Binova*, *Presto* and *Trimaran* (triticale) were included into this study. Dry matter and crude protein contents were analyzed from all these varieties, amino acid analysis was performed only for varieties where a sufficient number of samples was obtained.

The crude protein contents of organic wheat and triticale were 117 and 101 g/kg DM, respectively, which is only 85 % and 70 % of the values usually suggested for winter wheat and triticale, respectively. The same trend was reflected by the amino acid contents which varied between 63 and 90 % (wheat) and between 53 and 82 % (triticale) of the expected values for conventionally produced grains of the same species.

The percentages of amino acids in the grain proteins were also different from the values given in commonly used tables: both wheat and triticale showed markedly lower contents of lysine and especially of tryptophan. Contrary to this, protein from organic grains contained more cysteine than was expected.

The contents of crude protein and of sulfur containing amino acids (on a dry matter basis) as well as the lysine percentage (on a crude protein basis) were significantly different for the wheat-varieties *Capo*, *Silvius* and *Dekan*. The contents of several nutrients were also significantly affected by varying amounts of nitrogen fertilizers applied to organic wheat and by the fact that legume plants were incorporated into crop rotation prior to wheat.

Similar effects were found for organically grown triticale; however, the varieties *Almo*, *Binova*, *Presto* and *Trimaran* were found to be different in their nutrient contents only if the amount of fertilizers was included into the statistical model as a variable.

Because of these interactions, it is not feasible to generally recommend a specific variety of wheat or triticale for feed production on organic farms. When formulating diets for organic pigs, the fact has to be considered that the protein and lysine contents of organic wheat and triticale are probably lower by 20 to 30 % as compared to values suggested in feed tables.

Literaturverzeichnis

- Altmann F. (1992): Determination of Amino Sugars and Amino Acids in Glycoconjugates Using Precolumn Derivatization with o-Phthalaldehyde. *Anal. Biochem.*, 204, 215-219
- ALVA (1983), Arbeitsgemeinschaft Landwirtschaftlicher Versuchsanstalten in Österreich: Österreichisches Methodenbuch für die Untersuchung von Futtermitteln, Futterzusatzstoffen und Schadstoffen. Wien : Eigenverlag
- Amon B., T. Amon und J. Boxberger (1998): Untersuchungen der Ammoniakemissionen in der Landwirtschaft Österreichs zur Ermittlung der Reduktionspotentiale und Reduktionsmöglichkeiten. Endbericht des Forschungsprojekts L 883/94 des BMLFUW, Wien
- Baudet J., J.-C. Huet, J. Mossé (1983): The amino acid composition of wheat grain as related to its protein content. In: Lásztity R. and M. Hidvégi (Eds.): Amino acid composition and biological value of cereal proteins. Proc. of the International Association for Cereal Chemistry Symposium on Amino Acid Composition and Biological Value of Cereal Proteins, Budapest, Hungary, May 31-June 1, 1983, p. 439-450
- BLT, Bayerische Landesanstalt für Tierzucht (1999): Futterberechnung für Schweine, 12. Aufl., Poing : Eigenverl.
- Bundesamt für Agrarbiologie, Abteilung Biologischer Landbau (o. J.): Jahresbericht und Ergebnisse aus Feldversuchen 2000. Linz : Eigenverlag
- Conan L., J. P. Metayer, M. Lessire and J. L. Widiez (1992): Metabolizable energy content of cereal grains in poultry. *Zit. nach Hughes R. J. and M. Choct (1999): Chemical and physical characteristics of grain related to variability in energy and amino acid availability in poultry. Aust. J. Agric. Res.*, 50, 689-701
- Degussa AG (1990): Die Aminosäurezusammensetzung von Futtermitteln. Frankfurt a. M. u. Hanau : Eigenverlag
- Degussa (1986): Analytik/Analysis (01/86). A 4, 1-2
- DLG, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (1991): DLG-Futterwerttabellen – Schweine. 6., erw. u. völlig neu gestaltete Aufl. – Frankfurt a. M. : DLG-Verlag
- Eßl A. (1987): Statistische Methoden in der Tierproduktion. Wien : Österreichischer Agrarverlag
- Golenkov V. F. (1983): Comparative amino acid composition of proteins of wheat, rye and triticale grain. Proc. of the International Association for Cereal Chemistry Symposium on Amino Acid Composition and Biological Value of Cereal Proteins, Budapest, Hungary, May 31-June 1, 1983, p. 349-356
- Hydro Agri Dülmen (1993): Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau. 12., überarb., erg. u. erw. Aufl. Wien u. a. : Verlagsunion Agrar
- ITCF (1994): Ileale Verdaulichkeit von Aminosäuren in Futtermitteln für Schweine. Lohmann-LTE-GmbH Cuxhaven : Eigenverlag
- Jeroch H., W. Drochner und O. Simon (1999): Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere : Ernährungsphysiologie, Futtermittelkunde, Fütterung. Stuttgart : Ulmer
- Kommission der Europäischen Union (1998): Richtlinie 98/64/EG der Kommission vom 3.9.1998 zur Festlegung gemeinschaftlicher Analysemethoden für die Bestimmung von Aminosäuren, Rohfetten und Olaquinox in Futtermitteln und zur Änderung der Richtlinie 71/39/EWG. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, Teil A, L257/16-23
- Martín des Molino I. M., B. Rojo, R. Martínez-Carrasco and P. Pérez (1989): Varietal differences in amino acid composition of wheat (*triticum aestivum* L) grain. *J. Sci. Food Agric.*, 48, 177-188

- McNab J. M. (1991): Factors affecting the nutritive value of wheat for poultry. HGCA Project Report No. 43. Home Grown Cereals Authority. Zit. nach Hughes R. J. and M. Choct (1999): Chemical and physical characteristics of grain related to variability in energy and amino acid availability in poultry. *Aust. J. Agric. Res.*, **50**, 689-701
- Metayer J. P., F. Grosjean and J. Castaing (1993): Study of variability in French cereals. *Anim. Feed Sc. Techn.*, **43**, 87-108
- National Research Council, NRC (1998): Nutrient Requirements of Swine. 10th rev. ed. Washington D.C. : National Academy Press
- Söllinger J. (2001), Bundesamt für Agrarbiologie, Linz: persönliche Mitteilungen, 22. 6. 2001
- Wagner E., C. Iben, T. Gruber u. J. Baumgartner (2000): Bioschweinehaltung in Österreich – Fütterung in der Schweinemast. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.*, **9**, 78
- Wlcek S. und W. Zollitsch (2001): Systemkompatible Ernährung von Schweinen im Biologischen Landbau – Art, Menge und Futterwert von Nebenprodukten aus der österreichischen Bio-Lebensmittelerzeugung. In: Reents H.-J. (Hrsg.): Beiträge zu 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau „Von Leit-Bildern zu Leit-Linien“, 6.-8. 3. 2001, S. 317-320
- Wurzinger M. (1999): Erhebung der Fütterungspraxis bei Mastschweinen auf biologisch wirtschaftenden Betrieben in Niederösterreich. Diplomarbeit am Inst. f. Nutztierwissenschaften d. Univ. f. Bodenkultur, Wien
- Zettl A., F. Lettner und W. Wetscherek (1995): Einsatz von weißer Süßlupine (*Lupinus albus* vr. AMIGA) in der Schweinemast. *Die Bodenkultur*, **46**, **2**, 165-175

Anhang

Erhebungsblatt (Bitte für jede Probe ausfüllen!)

Name:	PLZ, Ort:	Tel:
Fax:	Email:	

Getreideart (Weizen bzw. Triticale)		Sorte	
Umstellungsjahr		Anerkennungsjahr	
Bodenarten (S L T)	Temperatur Ø°C	Niederschlag mm/Jahr	
Ackerzahl		Ertrag (dt/ha)	
Besonderheiten des Bodens und der Witterung			

Fruchtfolge auf dem Schlag über fünf Jahre vorher angeben:

Erntejahr	Kulturart incl. Zwischenfrucht (ZF) (Angabe der Arten! sowie Futter- oder Gründüngungsnutzung)	Organische Düngung Art (Mist, Jauche, Gülle) kg N/ha	Bemerkungen
1997			
ZF			
1998			
ZF			
1999			
ZF			
2000			
ZF			
2001			

Ergebnisse des Tests auf Unterschiede zwischen den analysierten Werten und Literaturwerten (Weizen) – Seite 1

	ts	xp	xpt	asp	glu	ser	his	gly	thr	arg	ala	tyr	val	ile	phe	leu	lys	cys	met	trp
Futterweizen																				
Mittelwert	87,9	97,7	111,2	5,24	28,24	4,16	2,47	3,75	2,80	4,67	3,64	2,67	4,41	3,35	4,36	6,65	2,48	2,49	1,60	0,88
Varianz	0,31	105,35	140,99	0,284	19,132	0,214	0,123	0,191	0,102	0,331	0,120	0,153	0,183	0,141	0,283	0,535	0,062	0,054	0,023	0,053
Anzahl	17	17	17	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Weizen gesamt																				
Mittelwert	87,9	102,5	116,6	5,34	29,13	4,38	2,54	3,90	2,89	4,83	3,71	2,84	4,53	3,47	4,57	6,90	2,52	2,61	1,67	0,95
Varianz	0,27	128,56	170,26	0,197	16,800	0,235	0,105	0,149	0,084	0,247	0,087	0,163	0,177	0,141	0,300	0,518	0,040	0,061	0,025	0,039
Anzahl	34	34	34	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Literaturwerte (DLG, DEGUSSA)																				
Mittelwert	88		138	6,9	39,0	6,0	3,2	5,2	3,7	6,0	4,6	3,8	5,4	4,1	6,0	8,6	3,4	2,9	2,0	1,5
Standardabweichung			21	0,959	6,942	0,804	0,506	0,749	0,492	0,840	0,580	0,680	0,896	0,664	1,074	1,213	0,408	0,377	0,322	0,192
Varianz			441	0,920	48,191	0,646	0,256	0,561	0,242	0,706	0,336	0,463	0,804	0,441	1,153	1,470	0,166	0,142	0,104	0,037
Anzahl			324	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148
F-Wert, Futterweizen			3,128	3,244	2,519	3,020	2,073	2,935	2,367	2,130	2,806	3,015	4,395	3,137	4,071	2,750	2,669	2,612	4,518	1,444
F-Wert, Futterweizen, Tabelle zweiseitig			5,58	6,172	6,172	6,172	6,172	6,172	6,172	6,172	6,172	6,172	6,172	6,172	6,172	6,172	6,172	6,172	6,172	6,172
F-Wert, Weizen gesamt			2,590	4,659	2,869	2,748	2,440	3,775	2,890	2,862	3,880	2,841	4,540	3,136	3,850	2,837	4,192	2,314	4,151	1,057
F-Wert, Weizen ges., Tabelle zweiseitig			3,927	4,312	4,312	4,312	4,312	4,312	4,312	4,312	4,312	4,312	4,312	4,312	4,312	4,312	4,312	4,312	4,312	4,312
t-Wert-Berechnung, Futterweizen																				
t-Wert errechnet			5,211	6,381	5,683	8,408	5,278	7,114	6,737	5,804	6,115	6,086	4,081	4,131	5,649	5,894	8,293	4,030	4,624	11,264
t-Wert Tabelle			1,969	1,976	1,976	1,976	1,976	1,976	1,976	1,976	1,976	1,976	1,976	1,976	1,976	1,976	1,976	1,976	1,976	1,976
Diff. Mittelwerte Futterweizen			-27	-1,662	-10,758	-1,838	-0,730	-1,449	-0,905	-1,334	-0,965	-1,126	-0,990	-0,746	-1,644	-1,946	-0,922	-0,414	-0,403	-0,616
Diff. in % der Tabelle (Futterweizen)			80,6	75,9	72,4	69,4	77,2	72,1	75,5	77,8	79,0	70,4	81,7	81,8	72,6	77,4	72,9	85,7	79,9	59,0
t-Wert-Berechnung, Weizen gesamt																				
t-Wert errechnet			5,809	8,442	7,275	10,300	6,656	8,938	8,418	7,141	7,878	7,224	5,034	4,861	6,882	7,155	11,101	3,895	5,307	13,889
t-Wert Tabelle			1,968	1,975	1,975	1,975	1,975	1,975	1,975	1,975	1,975	1,975	1,975	1,975	1,975	1,975	1,975	1,975	1,975	1,975
Diff. Mittelwerte Weizen ges.			-21	-1,564	-9,867	-1,620	-0,661	-1,298	-0,809	-1,172	-0,885	-0,960	-0,872	-0,629	-1,433	-1,696	-0,877	-0,289	-0,331	-0,552
Diff. in % der Tabelle (Weizen ges.)			84,5	77,3	74,7	73,0	79,3	75,0	78,1	80,5	80,8	74,7	83,9	84,7	76,1	80,3	74,2	90,0	83,5	63,2

Ergebnisse des Tests auf Unterschiede zwischen den analysierten Werten und Literaturwerten (Weizen) – Seite 2

	aspxp	gluxp	serxp	hisxp	glyxp	thrxp	argxp	alaxp	tyrxp	valxp	ilexp	phexp	leuxp	lysxp	cysxp	metxp	trpxp
Futterweizen																	
Mittelwert	5,29	28,40	4,20	2,49	3,78	2,82	4,71	3,67	2,69	4,46	3,38	4,39	6,71	2,51	2,51	1,61	0,89
Varianz	0,083	3,278	0,053	0,040	0,029	0,030	0,075	0,020	0,040	0,023	0,009	0,015	0,025	0,038	0,012	0,006	0,027
Anzahl	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Weizen gesamt																	
Mittelwert	5,15	28,01	4,21	2,45	3,76	2,79	4,65	3,59	2,72	4,36	3,34	4,39	6,64	2,44	2,52	1,61	0,91
Varianz	0,110	5,569	0,045	0,053	0,031	0,045	0,083	0,037	0,028	0,039	0,017	0,024	0,046	0,046	0,017	0,008	0,017
Anzahl	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Literaturwerte (DLG, DEGUSSA)																	
Mittelwert	5,31	29,96	4,62	2,43	4,02	2,84	4,63	3,52	2,88	4,15	3,19	4,51	6,63	2,67	2,21	1,56	1,16
Standardabweichung	0,35	2,28	0,21	0,20	0,19	0,13	0,25	0,19	0,25	0,42	0,22	0,28	0,21	0,21	0,16	0,12	0,10
Varianz	0,119	5,185	0,045	0,040	0,037	0,017	0,063	0,035	0,063	0,179	0,047	0,078	0,045	0,042	0,025	0,016	0,010
Anzahl	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148
F-Wert, Futterweizen	1,430	1,582	0,853	0,998	1,303	1,753	1,194	1,734	1,563	7,938	5,243	5,366	1,774	1,118	2,054	2,804	2,711
F-Wert, Futterweizen, Tabelle zweiseitig	6,172	6,172	6,172	6,172	6,172	4,405	4,405	6,172	6,172	6,172	6,172	6,172	6,172	6,172	6,172	6,172	4,405
F-Wert, Weizen gesamt	1,080	1,074	1,005	1,336	1,215	2,650	1,321	1,054	2,259	4,649	2,802	3,193	1,020	1,099	1,503	2,061	1,732
F-Wert, Weizen ges., Tabelle zweiseitig	4,312	3,713	3,713	3,713	4,312	3,713	3,713	3,713	4,312	4,312	4,312	4,312	3,713	3,713	4,312	4,312	3,713
t-Wert-Berechnung, Futterweizen																	
t-Wert errechnet	0,168	2,492	6,965	-1,067	4,413	0,447	-1,104	-3,004	2,701	-2,674	-3,305	1,592	-1,419	2,821	-6,957	-1,600	9,218
t-Wert Tabelle	1,976	1,976	1,976	1,976	1,976	1,976	1,976	1,976	1,976	1,976	1,976	1,976	1,976	1,976	1,976	1,976	1,976
Diff. Mittelwerte Futterweizen		-1,563	-0,417		-0,236			0,154	-0,186		0,194			-0,161	0,303		-0,274
Diff. in % der Tabelle (Futterweizen)		94,8	91,0		94,1			104,4	93,5		106,1			94,0	113,7		76,3
t-Wert-Berechnung, Weizen gesamt																	
t-Wert errechnet	2,228	4,138	9,252	-0,406	6,677	1,666	-0,429	-1,700	3,167	-2,616	-3,518	2,249	-0,308	5,352	-9,598	-1,985	11,654
t-Wert Tabelle	1,975	1,975	1,975	1,975	1,975	1,975	1,975	1,975	1,975	1,975	1,975	1,975	1,975	1,975	1,975	1,975	1,975
Diff. Mittelwerte Weizen ges.	-0,158	-1,953	-0,405		-0,262				-0,156	0,214	0,149	-0,122		-0,228	0,306	0,049	-0,253
Diff. in % der Tabelle (Weizen ges.)	97,0	93,5	91,2		93,5				94,6	105,2	104,7	97,3		91,4	113,9	103,1	78,2

Ergebnisse des Tests auf Unterschiede zwischen den analysierten Werten und Literaturwerten (Triticale) – Seite 1

	ts	xp	xpt	asp	glu	ser	his	gly	thr	arg	ala	tyr	val	ile	phe	leu	lys	cys	met	trp
Triticale gesamt																				
Mittelwert	87,7	88,4	100,8	5,64	20,32	3,51	2,06	3,57	2,63	4,34	3,60	2,47	4,00	2,89	3,65	5,59	2,72	2,24	1,49	0,74
Varianz	0,439	132,193	169,953	0,203	6,275	0,108	0,056	0,046	0,045	0,123	0,037	0,028	0,055	0,042	0,067	0,117	0,047	0,018	0,011	0,011
Anzahl	34	34	34	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
Literaturwerte (DLG, DEGUSSA dt. Trit.)																				
Mittelwert	88		146	6,9	28,9	5	2,6	4,8	3,5	5,6	4,4	3,2	5,1	3,8	4,9	7,4	3,9	2,6	1,9	1,4
Standardabweichung			26	0,745	5,925	0,705	0,348	0,566	0,396	0,655	0,488	0,483	0,709	0,578	0,774	1,051	0,359	0,322	0,270	0,294
Varianz			676	0,555	35,100	0,497	0,121	0,321	0,156	0,429	0,239	0,233	0,503	0,334	0,599	1,104	0,129	0,104	0,073	0,086
Anzahl			35	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
F-Wert, Triticale			3,978	2,738	5,593	4,585	2,178	6,949	3,487	3,495	6,503	8,349	9,164	8,039	8,920	9,412	2,720	5,776	6,922	7,966
F-Wert, Tabelle zweiseitig			4,51	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24
t-Wert-Berechnung, Triticale																				
t-Wert errechnet			9,089	7,319	7,078	10,051	6,395	10,877	9,945	8,736	8,149	7,780	8,027	8,056	8,294	8,902	14,233	5,458	7,536	11,374
t-Wert Tabelle			1,996	2,013	2,013	2,013	2,013	2,013	2,013	2,013	2,013	2,013	2,013	2,013	2,013	2,013	2,013	2,013	2,013	2,013
Diff. Mittelwerte			-45,2	-1,263	-8,581	-1,492	-0,544	-1,227	-0,868	-1,263	-0,799	-0,734	-1,101	-0,912	-1,246	-1,806	-1,185	-0,359	-0,405	-0,656
Diff. in % der Tabelle			69,0	81,7		70,2	79,1		75,2	77,5							69,6			

Ergebnisse des Tests auf Unterschiede zwischen den analysierten Werten und Literaturwerten (Triticale) – Seite 2

	aspxp	gluxp	serxp	hisxp	glyxp	thrxp	argxp	alaxp	tyrxp	valxp	ilexp	phexp	leuxp	lyxpx	cysxp	metxp	trpxp
Triticale gesamt																	
Mittelwert	6,54	23,53	4,06	2,38	4,15	3,05	5,03	4,18	2,86	4,64	3,35	4,24	6,49	3,15	2,60	1,73	0,86
Varianz	0,146	5,189	0,066	0,051	0,051	0,036	0,091	0,044	0,029	0,048	0,028	0,032	0,095	0,060	0,018	0,012	0,013
Anzahl	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
Literaturwerte (DLG, DEGUSSA dt. Trit.)																	
Mittelwert	6,05	25,14	4,37	2,28	4,19	3,07	4,94	3,91	2,83	4,5	3,32	4,3	6,53	3,42	2,29	1,69	1,27
Standardabweichung	0,321	1,584	0,122	0,073	0,159	0,129	0,212	0,188	0,071	0,360	0,100	0,159	0,137	0,243	0,133	0,106	0,287
Varianz	0,103	2,508	0,015	0,005	0,025	0,017	0,045	0,035	0,005	0,130	0,010	0,025	0,019	0,059	0,018	0,011	0,082
Anzahl	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
F-Wert, Triticale	1,419	2,069	4,419	9,532	1,999	2,186	2,007	1,238	5,796	2,690	2,778	1,256	5,049	1,026	1,038	1,024	6,480
F-Wert, Tabelle zweiseitig	6,164	6,164	6,164	6,164	6,164	6,164	6,164	6,164	6,164	5,24	6,164	6,164	6,164	6,164	6,164	6,164	5,24
t-Wert-Berechnung, Triticale																	
t-Wert errechnet	-4,377	2,537	4,493	-1,770	0,675	0,330	-1,067	-4,373	-0,711	-1,675	-0,647	1,209	0,491	3,569	-7,559	-1,367	7,067
t-Wert Tabelle	2,013	2,013	2,013	2,013	2,013	2,013	2,013	2,013	2,013	2,013	2,013	2,013	2,013	2,013	2,013	2,013	2,013
Diff. Mittelwerte	0,487	-1,614	-0,306					0,271						-0,268	0,311		-0,407
Diff. in % der Tabelle	108,0	93,6	93,0					106,9						92,2	113,6		67,9