

**Maria Gertrud Burghard**

---

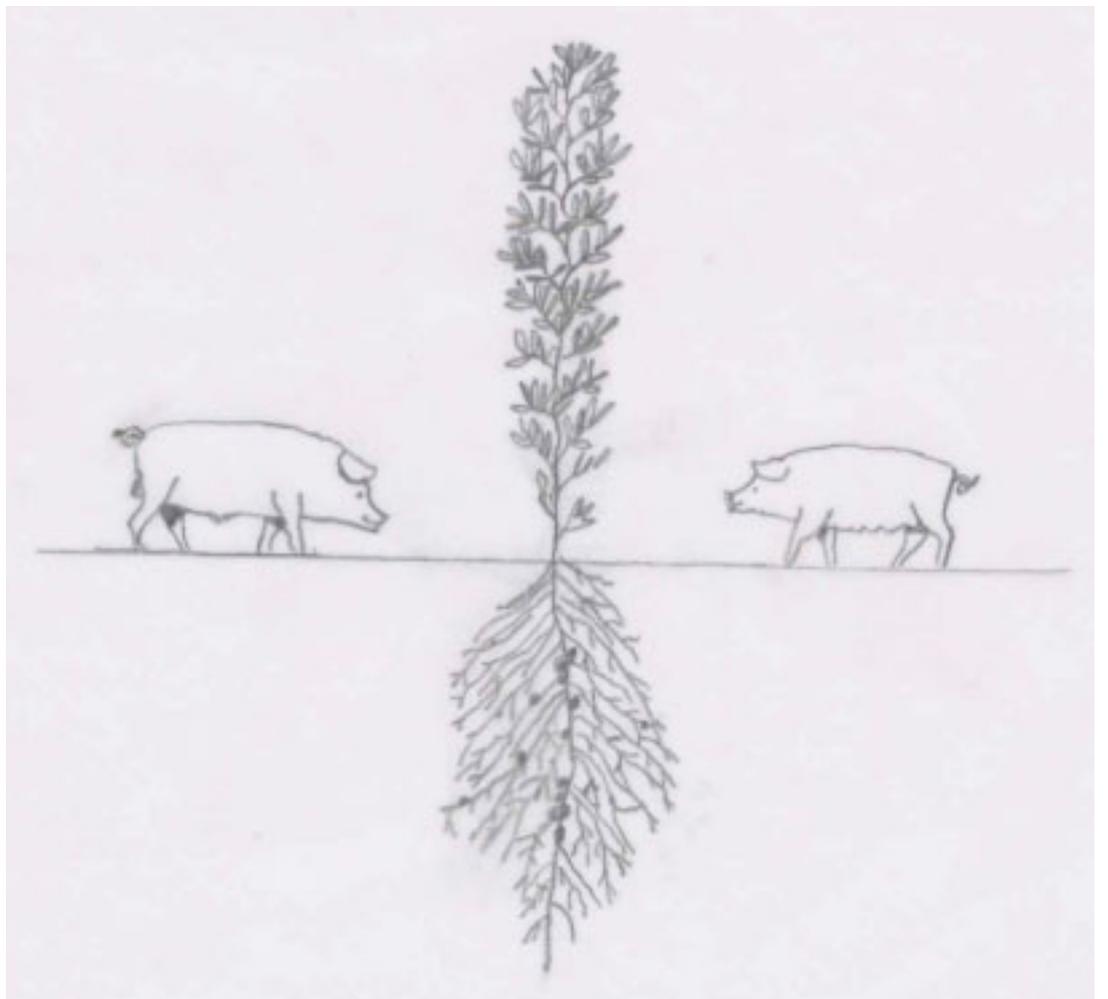
**Sortenspezifische Untersuchungen zu Ackerbohnen  
als Futterkomponente für Schweine**

**Parameter des Anbaus, Futterwert, Stoffwechselwirkungen,  
Mast- und Schlachtleistungen**

---



**Cuvillier Verlag Göttingen**





Aus dem Institut für Tierphysiologie und Tierernährung der  
Georg-August-Universität zu Göttingen

**Sortenspezifische Untersuchungen zu Ackerbohnen als  
Futterkomponente für Schweine  
Parameter des Anbaus, Futterwert, Stoffwechselwirkungen,  
Mast- und Schlachtleistungen**

Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Fakultät für Agrarwissenschaften  
der Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von

**Maria Gertrud Burghard**

geboren in Unkel/Rhein

Göttingen, Juli 2001

Gefördert durch die DFG im Graduiertenkolleg "Landwirtschaft und  
Umwelt" am Forschungs- und Studienzentrum Landwirtschaft und Umwelt  
der Fakultät für Agrarwissenschaften

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

**Burghard, Maria Gertrud:**

Sortenspezifische Untersuchungen zu Ackerbohnen als Futterkomponente für Schweine: Parameter des Anbaus, Futterwert, Stoffwechselwirkungen, Mast- und Schlachtleistungen / vorgelegt von Maria Gertrud Burghard. -

1. Aufl. - Göttingen : Cuvillier, 2001

Zugl.: Göttingen, Univ., Diss., 2001

ISBN 3-89873-244-4

D 7

Referent: Prof. Dr. Hj. Abel

Korreferentin: Prof. Dr. E. Pawelzik

Tag der mündlichen Prüfung: 12. Juli 2001

© CUVILLIER VERLAG, Göttingen 2001

Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen

Telefon: 0551-54724-0

Telefax: 0551-54724-21

[www.cuvillier.de](http://www.cuvillier.de)

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile daraus auf fotomechanischem Weg (Fotokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.

1. Auflage, 2001

Gedruckt auf säurefreiem Papier

ISBN 3-89873-244-4

*Meiner Familie*



---

**INHALTSVERZEICHNIS**

Tabellenverzeichnis.....	IV
Tabellenverzeichnis des Anhangs.....	VII
Abbildungsverzeichnis.....	VII
Abkürzungsverzeichnis.....	VIII
1 Einleitung.....	1
2 Literaturübersicht.....	2
2.1 Pflanzenbauliche Eigenschaften von Ackerbohnen ( <i>Vicia faba</i> L.).....	2
2.1.1 N <sub>2</sub> -Fixierung und Erträge.....	2
2.1.2 Wertbestimmende Inhaltsstoffe.....	4
2.1.3 Antinutritive Inhaltsstoffe.....	6
2.1.3.1 Tannine.....	6
2.1.3.2 Proteaseinhibitoren.....	8
2.1.3.3 Pyrimidinglucoside.....	8
2.1.4 Möglichkeiten der Züchtung.....	9
2.2 Ernährungsphysiologische Aspekte beim Einsatz von Ackerbohnen im Futter.....	10
2.2.1 Futterwert.....	10
2.2.1.1 Futterwert beim Geflügel.....	10
2.2.1.2 Futterwert bei Schweinen.....	12
2.2.2 Aminosäuregehalte und Möglichkeiten der Ergänzung.....	12
2.2.2.1 Ergänzungen mit verschiedenen Methioninquellen.....	13
2.2.2.2 Verdaulichkeiten des Rohproteins.....	15
2.2.3 Mast- und Schlachtversuche.....	15
3 Material und Methoden.....	17
3.1 Betriebliche und pflanzenbauliche Erhebungen zum Anbau der Ackerbohnen.....	17
3.2 Ernährungsphysiologische Untersuchungen.....	18
3.2.1 Stoffwechselversuche.....	18
3.2.1.1 Zum Futterwert verschiedener Ackerbohnsorten.....	19
3.2.1.2 Versuchstiere.....	22

---

3.2.2	Fütterungsversuche in Rellichausen.....	23
3.2.2.1	Tierwägungen und Futterzuteilung .....	26
3.2.2.2	Schlachtkörpermerkmale.....	27
3.3	Analysen.....	29
3.3.1	Weender Analyse und Aminosäurenbestimmung .....	29
3.3.2	Stärke- und Zuckerbestimmung .....	29
3.3.3	Mineralstoffbestimmung .....	29
3.3.4	Pufferkapazität des Futters .....	30
3.3.5	Säure-Basen-Status .....	30
3.3.6	pH-Wert im Harn .....	31
3.4	Berechnungen.....	31
3.4.1	Verdaulichkeiten, umsetzbare Energie und Futterwert.....	31
3.4.2	Stickstoff- und Mineralstoffbilanz .....	32
3.5	Statistik.....	32
3.5.1	Stoffwechselversuche.....	32
3.5.2	Fütterungsversuche .....	32
3.5.2.1	Anfangsmastversuch mit Ackerbohnen der Ernte 1998.....	33
3.5.2.2	Endmastversuch mit Ackerbohnen der Ernte 1997.....	33
3.5.2.3	Endmastversuch mit Ackerbohnen der Ernte 1999.....	35
4	Ergebnisse .....	37
4.1	Daten zum Anbau der Ackerbohnen in Rellichausen .....	37
4.2	Stoffwechselversuche an Schweinen .....	42
4.2.1	Futterwert der Ackerbohnsorten.....	42
4.2.1.1	Ackerbohnen der Ernte 1997 aus Rellichausen (Versuch I).....	42
4.2.1.2	Ackerbohnen der Ernte 1997 aus Hohenlieth (Versuch II).....	45
4.2.1.3	Ackerbohne „Divine“ der Ernte 1999 (Versuch III).....	48
4.2.2	Fütterungsversuche .....	55
4.2.2.1	Anfangsmast mit Ackerbohnen der Ernte 1998 .....	55
4.2.2.2	Endmast mit Ackerbohnen der Ernte 1997 .....	59
4.2.2.3	Endmast mit Ackerbohnen der Ernte 1999 .....	63

---

5	Diskussion .....	68
5.1	Pflanzenbauliche Untersuchungen .....	68
5.1.1	Erträge .....	68
5.1.2	TM-Harvest-Index und N-Harvest-Index .....	69
5.2	Inhaltsstoffe der Ackerbohnen .....	71
5.2.1	Weender Rohnährstoffe.....	71
5.2.2	Aminosäuregehalte der Ackerbohnen .....	72
5.3	Futterbewertung .....	72
5.3.1	Methode.....	72
5.3.2	Rationsgestaltung .....	73
5.3.3	Aminosäuregehalte der Futtermischungen.....	73
5.3.4	N-Bilanz .....	77
5.3.5	Verdaulichkeit der organischen Substanz und Energie.....	79
5.3.6	Ackerbohne „Divine“ der Ernte 1999 (Versuch III).....	83
5.3.7	Mast- und Schlachtversuche .....	85
5.3.7.1	Anfangsmast mit Ackerbohnen der Ernte 1998 .....	85
5.3.7.2	Endmast.....	87
5.3.7.3	Schlachtleistungen.....	91
5.3.8	Ertragspotential von Ackerbohnen.....	91
5.3.9	Zusammenfassende Schlußbemerkung .....	92
6	Zusammenfassung .....	94
7	Summary .....	96
8	Anhang .....	98
9	Literaturverzeichnis.....	112

**TABELLENVERZEICHNIS**

Tabelle 1: Weender Rohnährstoffe von Acker- und Sojabohnen sowie Sojaextraktionsschrot (in % der Trockenmasse).....	4
Tabelle 2: Mineralstoff- und Spurenelementgehalte von Acker- und Sojabohnen (nach HOVE et al. 1978).....	5
Tabelle 3: Mineralstoff- und Spurenelementgehalte von verschiedenen Ackerbohnenarten (nach MAKKAR et al. 1997).....	5
Tabelle 4: Gehalte an Phenolen, Tanninen und kondensierten Tanninen (g/kg T) sowie N-Verdaulichkeit in Ackerbohnenarten und Sojabohnen (nach MAKKAR et al. 1997)....	7
Tabelle 5: Aminosäuregehalte von Ackerbohnen (NEWTON & HILL 1983) im Vergleich zum „idealen Protein“ (F.A.O. 1973) und Sojaextraktionsschrot (DLG 1976, DEGUSSA 1997) in g/16 g N .....	13
Tabelle 6: Übersicht über die Stoffwechsel- und Fütterungsversuche.....	18
Tabelle 7: Zusammensetzung der Futtermischungen im Stoffwechselversuch I (Ackerbohnen der Ernte 1997 aus Relliehausen).....	20
Tabelle 8: Zusammensetzung der Futtermischungen im Stoffwechselversuch II (Ackerbohnen der Ernte 1997 aus Hohenlieth).....	20
Tabelle 9: Zusammensetzung der Futtermischungen im Stoffwechselversuch III (Ackerbohnenart „Divine“ der Ernte 1999 aus Relliehausen).....	22
Tabelle 10: Zusammensetzung der Futtermischungen mit Ackerbohnen der Ernte 1998 für die Anfangsmast (%).....	24
Tabelle 11: Zusammensetzung der Futtermischungen mit Ackerbohnen der Ernte 1997 für die Endmast (%).....	25
Tabelle 12: Zusammensetzung der Futtermischungen mit Ackerbohnen der Ernte 1999 für die Endmast (%).....	26
Tabelle 13: Futterliste für Schweine in der Versuchsanlage Relliehausen.....	27
Tabelle 14: Einteilung in Handelsklassen entsprechend dem Muskelfleischanteil (BACH et al. 1992).....	28
Tabelle 15: Arbeitsgänge und Energieaufwendungen für den Anbau von Ackerbohnen auf der Versuchswirtschaft Relliehausen .....	37
Tabelle 16: Feldaufgang und Tausendkorngewicht der Ackerbohnen im Anbaujahr 1998 .....	38
Tabelle 17: Harvest-Indices (%) der Ackerbohnenarten.....	38
Tabelle 18: Gehalte an Trockensubstanz (g/kg) und Rohnährstoffen (g/kg T) der Ackerbohnen	39
Tabelle 19: Aminosäuregehalte in Ackerbohnenarten (1. Zeile g/kg T; 2. Zeile g/16 g N) .....	40
Tabelle 20: Gehalte der Futtermischungen an Trockenmasse (g/kg) und Rohnährstoffen (g/kg T) im Versuch I (Ackerbohnen der Ernte 1997 aus Relliehausen).....	42
Tabelle 21: N-Bilanzen der Schweine im Versuch I ( $\bar{x}$ ).....	43
Tabelle 22: Verdauungsquotienten (%) und Gehalte der Futtermischungen der Ernte 1997 an umsetzbarer Energie (ME; MJ/kg T) im Versuch I ( $\bar{x}$ ).....	44

Tabelle 23: Partielle Verdaulichkeiten (%) und Gehalte der Ackerbohnen an umsetzbarer Energie (ME; MJ/kg T) im Versuch I ( $\bar{x}$ ; n = 3).....	45
Tabelle 24: Gehalte der Futtermischungen an Trockenmasse (g/kg) und Rohnährstoffen (g/kg T) im Versuch II (Ackerbohnen der Ernte 1997 aus Hohenlieth) .....	46
Tabelle 25: N-Bilanzen der Schweine im Versuch II ( $\bar{x}$ ).....	46
Tabelle 26: Verdauungsquotienten (%) und Gehalte der Futtermischungen der Ernte 1997 aus Hohenlieth an umsetzbarer Energie (ME; MJ/kg T) im Versuch II ( $\bar{x}$ ).....	47
Tabelle 27: Partielle Verdaulichkeiten (%) und Gehalte der Ackerbohnen der Ernte 1997 aus Hohenlieth an umsetzbarer Energie (ME; MJ/kg T) im Versuch II ( $\bar{x}$ ).....	48
Tabelle 28: Gehalte der Futtermischungen an Trockenmasse (g/kg), Rohnährstoffen (g/kg T) und Mineralstoffen (g/kg T) im Versuch III (Ackerbohnen der Ernte 1999 aus Relliehausen).....	49
Tabelle 29: Analytierte Aminosäuregehalte der Futtermischungen im Versuch III (g/kg T) ....	50
Tabelle 30: Relationen der Gehalte an essentiellen Aminosäuren in den Versuchsmischungen im Vergleich zum idealen Protein.....	51
Tabelle 31: N-Bilanzen der Schweine im Versuch III (g N/Tier d, $\bar{x}$ , n = 4).....	51
Tabelle 32: Verdauungsquotienten (%), Gehalte an bakteriell fermentierbarer Substanz (BFS) und an umsetzbarer Energie (ME; MJ/kg T) in den Futtermischungen im Versuch III ( $\bar{x}$ ) .....	52
Tabelle 33: Partielle Verdaulichkeiten (%) und Gehalte der Ackerbohne an umsetzbarer Energie (ME; MJ/kg T) im Versuch III.....	53
Tabelle 34: Mineralstoffbilanzen der Schweine (n = 4).....	54
Tabelle 35: Pufferkapazität (BC) und Elektrolytbilanz (EB) des Futters sowie Säure-Basen-Status des Harns der Schweine ( $\bar{x}$ , n = 4).....	55
Tabelle 36: Gehalte der Futtermischungen an Trockenmasse (g/kg), Rohnährstoffen (g/kg T) und Aminosäuren (g/kg T) (Anfangsmast mit Ackerbohnen der Ernte 1998).....	56
Tabelle 37: Ergebnisse der Varianzanalyse für die Merkmale der Mastleistung in der Anfangsmast.....	57
Tabelle 38: Merkmale der Mastleistung von Schweinen in der Anfangsmast (30 - 60 kg LM) (Mittelwerte und Standardfehler).....	58
Tabelle 39: Gehalte der Futtermischungen an Trockenmasse (g/kg), Rohnährstoffen (g/kg T) und Aminosäuren (g/kg T) (Endmast mit Ackerbohnen der Ernte 1997).....	59
Tabelle 40: Ergebnisse der Varianzanalyse für die Merkmale der Mastleistung (n = 180).....	60
Tabelle 41: Merkmale der Mastleistung von Schweinen in der Endmast (60 - 110 kg LM; Mittelwerte und Standardfehler; n = 36).....	61
Tabelle 42: Ergebnisse der Varianzanalyse für die Merkmale der Schlachtleistung (n = 180, pH <sub>1K</sub> : n = 156) .....	61
Tabelle 43: Merkmale der Schlachtkörperqualität (Mittelwerte und Standardfehler; n = 36).....	62
Tabelle 44: pH- und Reflexionswerte der Schlachtkörper (Mittelwerte und Standardfehler).....	62

---

Tabelle 45: Gehalte der Futtermischungen an Trockenmasse (g/kg), Rohnährstoffen (g/kg T) und Aminosäuren (g/kg T) (Endmast mit Ackerbohnen der Ernte 1999).....	63
Tabelle 46: Ergebnisse der Varianzanalyse für die Merkmale der Mastleistung (n = 115).....	64
Tabelle 47: Merkmale der Mastleistung von Schweinen in der Endmast (60 – 110 kg LM; Mittelwerte und Standardfehler) .....	65
Tabelle 48: Ergebnisse der Varianzanalyse für die Merkmale der Schlachtleistung (n = 114, MFL, Speck, Fleisch: n = 113, pH <sub>1</sub> K: n = 106) .....	66
Tabelle 49: Merkmale der Schlachtkörperqualität (Mittelwerte und Standardfehler).....	66
Tabelle 50: pH- und Reflexionswerte (Mittelwerte und Standardfehler) .....	67
Tabelle 51: Anbaufläche und Erträge von Ackerbohnen 1997 bis 2000 .....	68
Tabelle 52: Vergleich von Ackerbohnenenerträgen (dt/ha) der Sorten „Scirocco“ und „Gloria“....	69
Tabelle 53: Berechnete Aminosäuregehalte der Futtermischungen im Versuch I.....	74
Tabelle 54: Relationen der Gehalte an essentiellen Aminosäuren in den Futtermischungen von Versuch I im Vergleich zum idealen Protein .....	74
Tabelle 55: Berechnete Aminosäuregehalte der Futtermischungen im Versuch II .....	75
Tabelle 56: Relationen der Gehalte an essentiellen Aminosäuren in den Futtermischungen von Versuch II im Vergleich zum idealen Protein.....	75
Tabelle 57: Verdaulichkeit der Aminosäuren von Ackerbohnen und Sojaschrot.....	76
Tabelle 58: Scheinbare praecaecale Verdaulichkeit der Aminosäuren von bunt- und weißblühenden Ackerbohnen (nach CVB 1995) .....	77
Tabelle 59: Zusammensetzung und Verdauungskoeffizienten der in den Verdaulichkeitsversuchen eingesetzten Soja-Vergleichsmischungen.....	80
Tabelle 60: Verdaulichkeiten der Nährstoffe von Ackerbohnen .....	81
Tabelle 61: Verdauungskoeffizienten (%) von bunt- und weißblühenden Ackerbohnen für Schweine (nach CVB 1995).....	82
Tabelle 62: Zusammenfassende Darstellung der Gehalte an umsetzbarer Energie der Ackerbohnen (ME, MJ/kg T, $\bar{x}$ ) .....	83
Tabelle 63: Relation von Lysingehalt zu Energiegehalt (g Lys/MJ ME) und Anteil kristallinen Lysins am Gesamtlysin (%) .....	86
Tabelle 64: Relationen der Gehalte an essentiellen Aminosäuren in den Futtermischungen der Anfangsmast im Vergleich zum idealen Protein.....	86
Tabelle 65: Relationen der Gehalte an essentiellen Aminosäuren in den Futtermischungen der Endmast im Vergleich zum idealen Protein (Ernte 1997) .....	88
Tabelle 66: Relationen der Gehalte an essentiellen Aminosäuren in den Futtermischungen der Endmast im Vergleich zum idealen Protein (Ernte 1999) .....	89
Tabelle 67: Empfehlungen zur Energie- und Lysinversorgung von Mastschweinen bei mittleren Tageszunahmen von 750 g (nach KIRCHGESSNER 1997) .....	90

## TABELLENVERZEICHNIS DES ANHANGS

Tabelle A 1: Erträge der verschiedenen Ackerbohnsorten auf dem Versuchsgut Relliehausen (dt/ha) .....	98
Tabelle A 2: Aminosäuren- und Rohproteingehalte (%) der Ackerbohnsorten der Ernte 1997 (bezogen auf einen Trockenmassegehalt von 88 %).....	98
Tabelle A 3: Aminosäuren- und Rohproteingehalte (%) der Ackerbohnsorten der Ernte 1998 (bezogen auf einen Trockenmassegehalt von 88 %).....	99
Tabelle A 4: Aminosäuren- und Rohproteingehalte (%) der Ackerbohnsorten der Ernte 1999 (bezogen auf einen Trockenmassegehalt von 88 %).....	100
Tabelle A 5: Einzeltierdaten der N-Bilanz von Versuch I (Ernte 1997).....	101
Tabelle A 6: Einzeltierdaten der Verdaulichkeitskoeffizienten von Versuch I (%) .....	102
Tabelle A 7: Einzeltierdaten von Versuch II mit Ackerbohnen des Standorts Hohenlieth .....	103
Tabelle A 8: Einzeltierdaten der Verdaulichkeitskoeffizienten von Versuch II (%).....	104
Tabelle A 9: Einzeltierdaten der N-Bilanz von Versuch III (Ernte 1999).....	105
Tabelle A 10: Einzeltierdaten der Verdaulichkeitskoeffizienten von Versuch III (%).....	106
Tabelle A 11: Aminosäuregehalte der Futtermischungen.....	107
Tabelle A 12: Rohmittelwerte und Standardabweichungen der Mastleistung, n = 226 .....	108
Tabelle A 13: Körpergewichtsentwicklung und Futtermittelverzehr der Schweine sowie Futteraufwand pro kg Gewichtszunahme in der Endmast (Rohmittelwerte und Standardabweichung, n = 180) .....	108
Tabelle A 14: Rohmittelwerte und Standardabweichung der Schlachtleistungen, n = 180.....	109
Tabelle A 15: Rohmittelwert von pH-Wert und Reflexionswert, n = 180.....	109
Tabelle A 16: Aminosäuregehalte der Futtermischungen.....	110
Tabelle A 17: Körpergewichtsentwicklung und Futtermittelverzehr der Schweine sowie Futteraufwand pro kg Gewichtszunahme in der Endmast (Rohmittelwerte und Standardabweichung, n = 115) .....	111
Tabelle A 18: Rohmittelwerte und Standardabweichung der Schlachtleistungen.....	111
Tabelle A 19: Rohmittelwert von pH- und Reflexionswert .....	111

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: <i>Vicia faba</i> L., Ackerbohne (THOMÉ 1885).....	3
Abbildung 2: Meßpunkt beim Schwein (nach SCHEPER & SCHOLZ 1985) .....	28
Abbildung 3: Erträge verschiedener Ackerbohnsorten .....	92

**ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS**

Neben den Abkürzungen für Einheiten des internationalen Einheitensystems und den Symbolen für chemische Elemente wurden folgende Abkürzungen verwendet:

AB	<b>A</b> cker <b>b</b> ohne
Abb.	<b>A</b> bbildung
ADF	<b>A</b> cid <b>D</b> etergent <b>F</b> ibre (Saure Detergentienlösung)
Ala	Alanin
Arg	Arginin
AS	<b>A</b> minosäure
Asp	Asparaginsäure
Bac.	Bacillus
b	<b>b</b> untblühend
BC	Pufferkapazität
BF	<b>B</b> lütenfarbe
BFS	<b>B</b> akteriell <b>F</b> ermentierbare <b>S</b> ubstanz
bzw.	<b>b</b> eziehungsweise
ca.	<b>c</b> irca
Cys	Cystin
DG	<b>D</b> urchgang
DOS	verdauliche organische Substanz
DXA	verdauliche Rohasche
DXF	verdauliche Rohfaser
DXL	verdauliches Rohfett
DXP	verdauliches Rohprotein
DXX	verdauliche N-freie Extraktstoffe
EAS	essentielle <b>A</b> minosäuren
EB	<b>E</b> lektrolyt <b>b</b> ilanz
FM	<b>F</b> uttermittel
FS	<b>F</b> rischsubstanz
Glu	Glutaminsäure
Gly	Glycin
HB	<b>H</b> ülsen <b>b</b> erger Schweine von Schaumann
His	Histidin
Ile	Isoleucin
i. T.	in der Trockensubstanz
KBE	<b>K</b> olonie <b>b</b> ildende <b>E</b> inheiten
Leu	Leucin
LM	<b>L</b> ebend <b>m</b> asse
LMZ	<b>L</b> ebend <b>m</b> asse <b>z</b> unahme
LSM	<b>L</b> east <b>S</b> quares <b>M</b> eans
Lys	Lysin
ME	<b>m</b> etabolische oder umsetzbare <b>E</b> nergie
meq.	Milliäquivalent
Met	Methionin
MFL	<b>M</b> uskelf <b>l</b> eischanteil
NEAS	<b>n</b> icht-essentielle <b>A</b> minosäuren
NDF	<b>N</b> eutral <b>D</b> etergent <b>F</b> ibre
NSBA	<b>N</b> etto- <b>S</b> äure- <b>B</b> asen- <b>A</b> usscheidung

---

OS	<b>O</b> rganische <b>S</b> ubstanz
p	Wahrscheinlichkeit
Phe	Phenylalanin
pH <sub>1</sub> K	<b>pH</b> -Wert im <b>K</b> otelett (45 Minuten post mortem)
Pro	Prolin
r <sup>2</sup>	Bestimmtheitsmaß
rd.	rund
s	<b>S</b> tandardabweichung
SE	Standardfehler ( <b>s</b> tandard <b>e</b> rror)
S.E.M.	<b>S</b> tandard <b>E</b> rror <b>M</b> eans
s.o.	siehe oben
Ser	Serin
T	<b>T</b> rockenmasse/-substanz
Thr	Threonin
TKG	<b>T</b> ausend <b>k</b> orn <b>g</b> ewicht
Trp	Tryptophan
Tyr	Tyrosin
var.	<b>v</b> arietas, Varietät
Val	Valin
vgl.	<b>v</b> ergleiche
VR	<b>V</b> ersuchsbetrieb der Universität in <b>R</b> elliehausen
w	<b>w</b> eißblühend
$\bar{x}$	Mittelwert
XA	Rohasche
XF	Rohfaser
XL	Rohfett
XP	Rohprotein
XS	Zucker
XX	N-freie Extraktstoffe
z.T.	zum <b>T</b> eil
ZHGW	<b>Z</b> weihälftengewicht



# 1 Einleitung

Seit 1993 ist eine kontinuierliche Anbauerweiterung bei Körnerleguminosen zu beobachten. Zur Ernte 2000 wurden auf etwa 141.000 ha Körnererbsen und auf knapp 18.000 ha Ackerbohnen (1999: 23.169 ha) in Deutschland angebaut. Für Lupinen, die nahezu ausschließlich in Ostdeutschland angebaut wurden, sind rund 28.500 ha Anbaufläche angegeben (ZMP 2001). Neben Fortschritten in Züchtung und Anbau wurde der Anbau der Körnerleguminosen (vor allem) durch preispolitische Anreize gefördert.

Das in den meisten Regionen Deutschlands relativ hohe Ertragsrisiko läßt sich an folgenden Zahlen verdeutlichen: Im Bundesdurchschnitt lagen die Erträge 2000 bei Futtererbsen um rund 23 % und bei Ackerbohnen um rund 17 % niedriger als im Vorjahr.

Durch das im Zuge der BSE-Krise Anfang Dezember 2000 ausgesprochene Verfütterungsverbot für Tiermehl ist die Frage nach alternativen Komponenten pflanzlicher Eiweißfuttermittel wie Körnerleguminosen vermehrt gestellt worden.

Für Ackerbohnen liegen schon zahlreiche Untersuchungen für den Einsatz im Geflügelfutter vor. Über den Einsatz von Ackerbohnen im Schweinemastfutter existieren bisher nur wenige Versuche zum Futterwert, zur Stoffwechselphysiologie sowie zu Mast- und Schlachtleistungen verschiedener Ackerbohnsorten.

In vorliegender Arbeit wurden sortenspezifische Untersuchungen zu Ackerbohnen durchgeführt. In Stoffwechselversuchen wurden Nährstoffbilanzen und -verdaulichkeiten an Schweinen bestimmt. Außerdem wurden Untersuchungen zum Säure-Basen-Status der Tiere durchgeführt. In Mastversuchen wurden praxisorientierte Futtermischungen mit Ackerbohnen im Vergleich zu Mischungen mit Sojaextraktionsschrot eingesetzt.

## 2 Literaturübersicht

### 2.1 Pflanzenbauliche Eigenschaften von Ackerbohnen (*Vicia faba* L.)

Ackerbohnen haben im Rahmen der Fruchtfolgegestaltung einen hohen Vorfruchtwert. Dieser resultiert aus der strukturverbessernden, tiefen und intensiven Durchwurzelung des Bodens, der relativen Unkrautfreiheit des Ackers, der phytosanitären Wirkung und der Stickstofflieferung für die Nachfrucht durch die auf dem Feld verbleibende Sproß- und Wurzelmasse (DIEPENBROCK et al. 1999). Sollte eine Unkrautbekämpfung notwendig werden, erreicht man durch Striegeln gute Erfolge bei Unkräutern bis 5 cm Höhe.

#### 2.1.1 N<sub>2</sub>-Fixierung und Erträge

Leguminosen besitzen die Fähigkeit, neben dem Stickstoff aus dem Boden auch molekularen Luftstickstoff durch eine Symbiose mit N<sub>2</sub>-fixierenden Knöllchenbakterien der Gattung *Rhizobium* aufzunehmen (SCHMIDTKE 2000). Die Wurzeln der Leguminosen können durch verschiedene aerobe, saprophytisch im Erdboden lebende *Rhizobium*-Rassen oder -Arten infiziert werden (SITTE et al. 1991). Die Bakterien dringen in die Wurzeln ein und induzieren eine Ausbildung von speziellen Gewebewucherungen (Nodulation) in den Pflanzen (RICHTER 1998). Nach dem Infektionsstadium etabliert sich eine Symbiose, bei der die Wurzeln vor allem Kohlenhydrate an die Bakterien abgeben und dafür die Produkte der N<sub>2</sub>-Fixierung überwiegend als NH<sub>4</sub><sup>+</sup> aufnehmen und in artspezifische Verbindungen wie Allantoin und Allantoinsäure einbauen. Durch die Fixierung der Knöllchenbakterien stehen den Pflanzen im Durchschnitt 80 - 250 kg Stickstoff pro Hektar und Jahr zur Verfügung (RICHTER 1998). Beim Absterben der Pflanzen werden mehr Bakterien wieder in den Boden abgegeben, als bei der Infizierung eingedrungen sind.

In der landwirtschaftlichen Nutzung befinden sich hauptsächlich klein- bis mittelsamige Körnertypen mit Tausendkorngewichten (TKG) zwischen 200 und 550 g. Die Entwicklung beim Anbau geht jedoch zu großkörnigen Sorten mit höherem Ertragspotential (über 600 g TKG). Hierbei können aufgrund der Samengröße und -form Probleme bei der Saat- und Erntetechnik auftreten.

Die durchschnittlichen Erträge von Ackerbohnen liegen bei 30 - 55 dt/ha (DÖRFLER 1990). Die Erträge variieren stark in Abhängigkeit vom jährlichen Witterungsverlauf.



Abbildung 1: *Vicia faba* L., Ackerbohne (THOMÉ 1885)

### 2.1.2 Wertbestimmende Inhaltsstoffe

In der Literaturübersicht von NEWTON & HILL (1983) wurden die Daten verschiedener Autoren zu den wertbestimmenden Inhaltsstoffen von Ackerbohnen (*Vicia faba*, L.) zusammengefaßt. In Tabelle 1 sind die Gehalte der Weender Rohnährstoffe im Vergleich zur Sojabohne (*Glycine max*, (L.) Merr.) und zum Sojaextraktionsschrot aufgeführt. Die Ackerbohenschale macht 12,0 - 16,6 % der gesamten Bohne aus.

**Tabelle 1: Weender Rohnährstoffe von Acker- und Sojabohnen sowie Sojaextraktionsschrot (in % der Trockenmasse)**

	Rohprotein	Etherextrakt (Rohfett)	Rohfaser	N-freie Extraktstoffe	Rohasche
<b>Ganzes Korn*</b>	23,4 - 34,1	0,9 - 4,2	5,9 - 15,4	48,7 - 61,6	3,1 - 4,8
<b>Kern</b>	27,6 - 36,5	1,1 - 1,8	1,1 - 3,1	÷	÷
<b>Schale</b>	3,4 - 6,6	0,2 - 0,4	44,1 - 60,2	÷	÷
<b>Sojabohne<sup>+</sup></b>	38,9	21,6	6,2	27,8	5,5
<b>Sojaextraktionsschrot</b>	51,5	1,5	7,1	33,2	6,7

\* nach NEWTON & HILL 1983

<sup>+</sup> nach DLG 1991

MAKKAR et al. (1997) ermittelten bei jeweils sechs bunt- und weißblühenden Sorten Rohproteingehalte von 26,7 bzw. 28,3 %. Ein signifikanter Einfluß der Blütenfarbe wurde nicht festgestellt. Die Rohfett-, Rohfaser- und Rohaschegehalte variierten zwischen 1,4 - 2,2 %, 8,8 - 14,3 % und 3,2 - 4,2 % und bestätigen die in Tabelle 1 aufgeführten Werte.

In der DLG-Futterwerttabelle (1991) wird ein Gehalt an bakteriell fermentierbarer Substanz von 79 g/kg Trockensubstanz (T), eine Verdaulichkeit des Rohproteins von 81 % und ein Gehalt an umsetzbarer Energie von 14,39 MJ ME/kg T für Schweine angegeben. In dem Übersichtsartikel von NEWTON & HILL (1983) wird für die umsetzbare Energie ein Bereich von 10,5 - 13,0 MJ/kg T angegeben.

### Mineralstoffgehalte und Spurenelemente

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Mineral- und Spurenelementgehalte von Acker- und Sojabohnen.

**Tabelle 2: Mineralstoff- und Spurenelementgehalte von Acker- und Sojabohnen (nach HOVE et al. 1978)**

Bohnen	Ca	Mg	K	Na	Fe	Zn	Cu	Mn
	g/kg T				mg/kg T			
<b>Ackerbohnen</b>	0,78	1,25	12,1	0,09	43,5	50,4	10,2	166,0
<b>Sojabohnen</b>	1,82	2,43	22,6	0,11	143,0	56,1	12,4	130,0

Außer dem Mangangehalt liegen die übrigen Mineralstoff- und Spurenelementgehalte der Ackerbohnen niedriger als die der Sojabohnen. Zwischen den im Herbst oder im Frühjahr gesäten Ackerbohnenarten gibt es nur geringe Unterschiede im Mineralstoffgehalt (Tabelle 2). Die Futterwerttabelle (JEROCH et al. 1999) gibt einen Phosphorgehalt von 4,8 g/kg T für Ackerbohnen und von 7,1 g/kg T für Sojabohnen an. Der größte Anteil des Calciums befindet sich in der Schale, während sich der überwiegende Anteil des Phosphors in den Kotyledonen der Ackerbohne befindet (MARQUARDT & CAMPBELL 1975).

**Tabelle 3: Mineralstoff- und Spurenelementgehalte von verschiedenen Ackerbohnenarten (nach MAKKAR et al. 1997)**

Sorte	Ca	Mg	K	Na	P	Fe	Zn	Cu	Mn
	g/kg T					mg/kg T			
<b>Scirocco</b>	1,44	1,44	13,64	0,044	5,99	54,35	41,04	11,09	12,20
<b>Alfred</b>	1,20	1,70	15,30	0,090	6,40	91,90	94,11	9,96	23,25
<b>Caspar</b>	1,90	1,60	14,80	0,044	6,42	61,02	52,14	9,98	16,64
<b>Gloria</b>	1,66	0,22	14,90	0,066	5,86	61,92	49,76	14,37	17,69

In Tabelle 3 sind die Mineralstoff- und Spurenelementgehalte der beiden buntblühenden Ackerbohnenarten „Scirocco“ und „Alfred“ sowie der beiden weißblühenden Sorten „Caspar“ und „Gloria“ nach MAKKAR et al. (1997) aufgeführt. Diese Sorten wurden auch in der vorliegenden Untersuchung in den Futtermischungen eingesetzt. Bei den Calcium- und Mangangehalten treten Unterschiede zwischen dem durchschnittlichen Wert für Ackerbohnen und den sortenspezifischen Werten auf. In der DLG-Futterwerttabelle für Mineralstoffe (DLG 1973) wird ein Calciumgehalt von 1,6 g/kg T und ein Mangangehalt von 33 mg/kg T für Ackerbohnen angegeben. Diese Werte bestätigen die Angaben von MAKKAR et al. (1997) und belegen gleichzeitig die große Variabilität der Mineralstoff- und Spurenelementgehalte in Ackerbohnen.

### 2.1.3 Antinutritive Inhaltsstoffe

In den Leguminosen kommen verschiedene antinutritive Inhaltsstoffe wie Saponine, Lectine, Phytinsäure, Vicin und Convicin (RÖMER 1998) zu unterschiedlichen Gehalten und in weiten Variationsbereichen vor. Zu den für die Tierernährung wichtigsten antinutritiven Faktoren (ANF) zählen Tannine, Proteaseinhibitoren und Pyrimidinglucoside (Vicin und Convicin).

#### 2.1.3.1 Tannine

Auffallend viele Pflanzen aus der Familie der Leguminosen (Fabaceae) enthalten Tannine. Die auch als Gerbstoffe bekannten Tannine wurden früher vor allem in der Lederproduktion eingesetzt. Tannine sind chemisch eine vielfältige Gruppe wasserlöslicher Phenole, die durch ihre Eigenschaft, sich an Proteine zu binden, lösliche und unlösliche Komplexe bilden. FREUDENBERG (1920) teilte die Gerbstoffe in kondensierte und hydrolysierbare Tannine ein. Bei den hydrolysierbaren Tanninen unterscheidet man die Gallotannine und die Ellagtannine (HASLAM 1989).

Kondensierte Tannine (Proanthocyanidine) sind Flavon-Polymere (DEMEYER et al. 1995). Hydrolysierbare Tannine sind Ester der Glucose und/oder anderer Polyole, z. B. Gallussäure. Gerbsäure (Gallotannin) ist ein einfacher Ester der Gallussäure und eines Zuckers. Sie kann bis zu 5 mit dem Polyol veresterten Galloylgruppen enthalten, während weitere Gruppen ebenfalls mit den Galloylgruppen verestert sein können. Diese Ester sind leicht in Gallussäure oder Hexahydroxydiphensäure und Zucker hydrolysierbar.

Für die Pflanzen dienen sie als Schutz gegen Schädlingsbefall oder Tierfraß (SITTE et al. 1991), bzw. als N-Speicher zum Beginn des Keimvorgangs (LIENER 1969).

Die Tanningehalte in den Ackerbohnen-Samen können zwischen 0,57 und 1,60 % i. T. (JANSMAN et al. 1989) ausmachen (Analyse nach der Folin-Denis-Methode). Deutliche Unterschiede innerhalb der Sorten treten in Abhängigkeit von Erntejahr und Anbauort auf (MARQUARDT et al. 1978).

MAKKAR et al. (1997) gibt für sechs buntblühende Sorten Tanningehalte von 10,3 - 21,0 g/kg T und für sechs weißblühende Sorten von 0,04 - 0,23 g/kg T im Vergleich zu einem Gehalt von 2,2 g/kg T bei Sojaschrot an. Die Gehalte an kondensierten Tanninen lagen bei buntblühenden Sorten zwischen 15,7 („Carola“) und 35,4 g/kg T („Alfred“). Bei den untersuchten weißblühenden Sorten wurden keine kondensierten Tannine nachgewiesen. Zwischen dem Tanningehalt der Bohnen und der mit Pansensaft *in vitro* bestimmten Abbaubarkeit des Proteins ergab sich eine starke negative Korrelation ( $r = -0,92$ ;  $p < 0,001$ ), wodurch belegt wird, daß Tannine sich nachteilig auf den Proteinabbau im Verdauungstrakt auswirken. Ähnlich negative Korrelationen wurden zwischen Tanningehalten und berechneter umsetzbarer Energie ( $r = -0,89$ ;

$p < 0,001$ ) und der Verdaulichkeit der organischen Substanz in vitro ( $r = -0,89$ ;  $p < 0,001$ ) gefunden.

Die in Tabelle 4 aufgeführten Ackerbohnsorten wurden auch in der vorliegenden Untersuchung eingesetzt (MAKKAR et al. 1997). Die höchsten Gehalte an Phenolen, Tanninen und kondensierten Tanninen wies die Sorte „Alfred“ auf.

**Tabelle 4: Gehalte an Phenolen, Tanninen und kondensierten Tanninen (g/kg T) sowie N-Verdaulichkeit in Ackerbohnsorten und Sojabohnen (nach MAKKAR et al. 1997)**

BF		Gesamtphenole <sup>a</sup>	Tannine <sup>a</sup>	kondensierte Tannine <sup>b</sup>	N-Verdaulichkeit <sup>c</sup>
b	Alfred	28,3	21,0	35,4	56,8
b	Scirocco	24,5	16,6	32,8	66,2
w	Caspar	4,8	0,12	n.n.	89,1
w	Gloria	4,9	0,17	n.n.	91,8
	Sojabohne	3,9	2,2	n.n.	80,9

<sup>a</sup> bestimmt als Tanninsäure-Equivalent; <sup>b</sup> bestimmt als Leucocyanidin-Equivalent; n.n. nicht nachweisbar, <sup>c</sup> 24 h in vitro Pansen-N-Verdaulichkeit

RÖMER (1998) ermittelte Unterschiede in den Tanningehalten bei 12 untersuchten Ackerbohnsorten an vier Standorten. Die buntblühenden Sorten wiesen im Durchschnitt einen Gehalt von 1,2 % i. T. und weißblühende von 0,02 % i. T. auf. Generell läßt sich sagen, daß weißblühende Ackerbohnsorten weniger Tannine in der Bohne als buntblühende Sorten enthalten (GRIFFITHS & JONES 1977).

Der überwiegende Anteil der Tannine befindet sich in der Samenschale (KADIRVEL & CLANDININ 1974). Daher kann man den Tanningehalt relativ einfach durch Schälen der Ackerbohnen (NEWTON & HILL 1983, VAN DER POEL et al. 1991) vermindern. Durch diesen Prozeß wird auch die Rohfaser, die sich hauptsächlich in der Schale befindet, entfernt, so daß insgesamt die Verdaulichkeit der entschälten Bohne steigt.

Durch im Futter enthaltene kondensierte Tannine wird die Protein- und Trockensubstanzverdaulichkeit bei Wiederkäuern vermindert. Bei Maus, Ratte oder Hirsch können die Tannine durch im Speichel enthaltene Proteine gebunden und so in ihrer negativen Wirkung aufgehoben werden (DEMEYER et al. 1995).

Hydrolysierbare Tannine werden im Verdauungstrakt von Wiederkäuern zu kleinen Phenolen, die nicht mit Protein in Verbindung treten (HAGERMANN et al. 1992), abgebaut. Bei an tanninhaltige Futtermittel adaptierten Tieren können durch die mikrobiellen Umsetzungen im Pansen Tannine verstoffwechselt werden, so daß gesundheitliche Schäden bzw.

Leistungseinbußen vermieden werden. Wildlebende Tiere sind in der Lage, tanninhaltige Pflanzen durch selektive Futteraufnahme zu meiden (VAN HOVEN & FURSTENBURG 1992).

### 2.1.3.2 Proteaseinhibitoren

Die wichtigsten Proteaseinhibitoren sind Trypsin- und Chymotrypsinhemmer. In der Mehrheit handelt es sich um Proteine mit einem Molekulargewicht von 8.000 - 10.000 g/mol.

Bei den Samen der Sojabohne (*Glycine max*) werden die Protease-Inhibitoren durch feuchte Hitze zerstört. Hierdurch wird gleichzeitig der Futterwert des Proteins erhöht (LIENER 1969). Der Effekt der Zerstörung des Trypsin-Inhibitors hängt von der Temperaturhöhe, der Einwirkungszeit der Temperatur, der Partikelgröße der Bohnen und der Feuchtigkeit ab. Aufgrund der weltweiten Bedeutung der Sojabohne als Eiweißlieferant hat die Inaktivierung der Proteaseinhibitoren auch eine große wirtschaftliche Bedeutung. Neben der Hitzebehandlung wird auch die Keimung und die Fermentation zur Erhöhung des Futterwertes genutzt.

Für weißblühende Ackerbohnsorten wurden 3,05 mg Trypsin-Inhibitor/g T, für buntblühende Sorten 1,85mg/g T im Durchschnitt von jeweils sechs untersuchten Sorten (MAKKAR et al. 1997) bestimmt. Im Vergleich dazu ergaben sich für Sojabohnen 13,4 mg Trypsin-Inhibitor/g T und nach Hitzebehandlung noch 3,9 mg/g T.

In Verdaulichkeitsversuchen an Schweinen (15 - 30 kg) bewirkte das Autoklavieren von Ackerbohnen keine Erhöhung der Verdaulichkeit der organischen Substanz, insbesondere des Rohproteins und der Aminosäuren (JANSMAN et al. 1993a).

### 2.1.3.3 Pyrimidinglucoside

Die Pyrimidinglucoside Vicin und Convicin kommen in Ackerbohnen hauptsächlich in den Kotyledonen vor (MARQUARDT et al. 1981, GRIFFITHS & RAMSAY 1992). Ackerbohnen mit niedrigen Gehalten an Tanninen können bis zu 20 % höhere Gehalte an Pyrimidinglucosiden aufweisen (BOND & DUC 1993).

Die buntblühende Ackerbohnsorte „Divine“ weist um den Faktor 15 - 20 reduzierte Gehalte an Vicin und Convicin, entsprechend 0,05 % i.T. gegenüber >1 % i.T. in herkömmlichen Sorten auf (LACASSAGNE 1988; FRANCK 2001). Bei der Bestimmung der Vicin- und Convicingehalte (QUEMENER 1988) wurden für die Sorte „Scirocco“ der eigenen Untersuchung (Ernte 2000) Vicingehalte von 0,44 % und Convicingehalte von 0,23 % analysiert sowie bei der Ackerbohne „Divine“ 0,026 % bzw. 0,002 %. Somit waren die Vicingehalte der Sorte „Divine“ um den Faktor 17 und die Convicingehalte um den Faktor 7 niedriger als bei „Scirocco“. Für die Sorte „Alfred“ wurden Vicingehalte von 0,55 – 0,66 % i. T. und Convicingehalte von 0,20 - 0,23 % i. T. von QUEMENER (1988) ermittelt. In dieser Untersuchung wurde festgestellt, daß die untersuchten Wintersorten „Talo“ und „Alto“ aus dem Norden Frankreichs im Gegensatz zu den

Sommersorten („Alfred“, „Ascott“, „Bourdon“) mit 0,36 - 0,42 % die höchsten Convicingehalte aufwiesen.

Das Aglykon Divicin wird im Verdauungstrakt freigesetzt und verursacht bei genetisch zu Glucose-6-Phosphatdehydrogenase-Mangel der Erythrocyten veranlagten Menschen eine Hämolyse der roten Blutkörperchen und damit das Krankheitsbild des Favismus („Bohnenkrankheit“). Landwirtschaftliche Nutztiere scheinen jedoch weniger gefährdet zu sein (SOMOGYI 1978; NEWTON & HILL 1983). Allerdings wurden bei Legehennen nach erhöhter Aufnahme von Vicin verminderter Futtermittelverzehr und schwerwiegende Stoffwechselbeeinträchtigungen, geringere Eigewichte und verminderte Eizqualität einschließlich Schlupfleistung beobachtet (OLABORO et al. 1981a, b, c; MUDUULI et al. 1981, 1982; LACASSAGNE 1988). Convicin scheint vom Geflügel nicht absorbiert zu werden (FROHLICH & MARQUARDT 1983). Dagegen verhalten sich die beiden Pyrimidinglucoside bei Ratten genau umgekehrt: Convicin, nicht aber Vicin, führte zu deutlich reduzierter biologischer Wertigkeit des Ackerbohnenproteins (BJERG et al. 1984).

#### 2.1.4 Möglichkeiten der Züchtung

LINK et al. (1994) benennt zwei züchterische Ansätze zur Erhöhung des Kornertrags und seiner Stabilisierung, um eine Erhöhung der Attraktivität des Ackerbohnenanbaus zu erzielen. Zum einen ist dies eine gezieltere Nutzung der Heterosis<sup>1</sup> und zum anderen die Veränderung des Wuchstyps.

In der Untersuchung von STELLING et al. (1996) wurden daher die Unterschiede und die Vererbung der Phosphor-, Stickstoff- und Kaliumaufnahme sowie deren Effizienz von 7 Eltern-Ackerbohnen und F<sub>1</sub>-Hybriden untersucht. Es ergaben sich signifikante Unterschiede im Ertrag und in der Nährstoffaufnahme und -verwertung, so daß die Hybriden die Ausnutzung von Heterosiseffekten für die untersuchten Merkmale ermöglichten. Die Selektion sollte so gerichtet sein, daß Sorten, die eine hohe Nährstoffaufnahme zeigen, dort angebaut werden, wo entsprechend hohe Nährstoffmengen und Sorten mit niedrigerer Aufnahmeeffizienz dort angebaut werden, wo weniger Nährstoffe im Boden verfügbar sind.

Mit der Schaffung von sogenannten Topless- und Stabiltypen wird das Wachstum des vegetativen Sproßwipfels eingeschränkt (DIEPENBROCK et al. 1999). Bei herkömmlichen Sorten führte die große Menge an oberirdischer Biomasse und das ausgeprägte Längenwachstum zu innerpflanzlicher Konkurrenz um Assimilate, zu lagernden Beständen und zu später Abreife (GROTEHUSMAN & RÖBBELEN 1985). Die Sorten mit verändertem Pflanzentyp erweisen sich als kurz, standfest und gleichzeitig abreifend (DIEPENBROCK et al. 1999).

<sup>1</sup> Unter Heterosis wird die Differenz der Merkmalsausprägung zwischen der Generation F<sub>1</sub> und dem Mittel der homozygoten Eltern verstanden.

Bei weißblühenden Ackerbohnsorten gehen die niedrigeren Tanningehalte oftmals mit sinkendem Ertrag und zunehmender Krankheitsanfälligkeit (JANSMAN et al. 1989) einher.

Bei buntblühenden Ackerbohnen kann die genetische Variation der Tanningehalte genutzt werden, um Sorten mit möglichst niedrigen Tanningehalten und möglichst hohen Erträgen zu züchten.

## **2.2 Ernährungsphysiologische Aspekte beim Einsatz von Ackerbohnen im Futter**

Ackerbohnen zeichnen sich durch einen relativ hohen Proteingehalt aus. Die Gehalte des Ackerbohnenproteins an Methionin und Cystin liegen jedoch sehr niedrig (EGGUM 1980).

An 24 Ackerbohnsorten (8 weißblühende, 8 normal pigmentierte, 8 diffus pigmentierte) wurden die Gehalte an Tanninen, Rohprotein, ADF, Acid detergent lignin (ADL) und löslichem Stickstoff sowie die Trockensubstanz- und Rohproteinverdaulichkeit in vitro bestimmt (GARRIDO et al. 1991). Zwischen den drei unterschiedlichen Blütenfarben gab es signifikante Unterschiede bei allen untersuchten Merkmalen mit Ausnahme des Rohproteingehalts (27,9 - 31,5 % in der Trockensubstanz). Hohe Tanningehalte wirkten sich negativ auf die Trockensubstanz- und Rohproteinverdaulichkeiten in vitro aus.

### **2.2.1 Futterwert**

Die proteinreichen Ackerbohnen können in der Tierernährung als heimische Eiweißkomponenten eingesetzt werden.

#### **2.2.1.1 Futterwert beim Geflügel**

LACASSAGNE et al. (1988) untersuchten die beiden tanninhaltigen Sorten „Soravi“ und „Alfred“ sowie die tanninfreie Sorte „Blandine“. Die Versuchsmischungen für Broiler enthielten jeweils 48 % der eingesetzten Ackerbohnsorte. Das Rohprotein der tanninfreien Sorte war höher verdaulich (82,6 %), als das der tanninhaltigen Sorten (68,2 %). Durch Pelletierung wurde eine geringfügige Erhöhung (4 - 9 %) der Proteinverdaulichkeit erreicht. Der energetische Futterwert der tanninfreien Sorten lag etwas niedriger als bei tanninhaltigen.

Bei Wachstumsversuchen an männlichem Geflügel (SIAGIAN 1990) führte die zuvor durchgeführte Infrarotbestrahlung von Ackerbohnen zu höheren Mastleistungen und einer wesentlichen Erhöhung der Nährstoffverdaulichkeiten. Für die Infrarot-Bestrahlung der Ackerbohnen wurde eine Verweilzeit von 117 Sekunden angegeben, die zu einer Verzehrzunahme und zur Zerstörung hitzelabiler antinutritiver Inhaltsstoffe führte, ohne eine Schädigung des Ackerbohnenproteins zu bewirken.

SEUSER (1994) stellte bei Verfütterung von mit limitierenden Aminosäuren ergänzten Ackerbohnenmischungen an Masthähnchen (10. - 38. Lebenstag) fest, daß die Leistungen mit der Kontrollgruppe vergleichbar waren. Hieraus wurden Mischungsanteile von 600 g Ackerbohne je kg Futter-Trockenmasse abgeleitet. Die unterschiedlichen Tanningehalte der beiden Ackerbohnenarten „Albatross“ (tanninfrei) und „Troy“ (tanninhaltig) hatten keinen signifikanten Einfluß auf die Tierleistung und somit wurde eine Extrusion der Ackerbohnen als nicht erforderlich angesehen.

In Untersuchungen von RÖMER (1998) mit Broilern wurden die Ackerbohnenarten „Alfred“ und „Caspar“ zu jeweils 10, 20 oder 30 % in die Futtermischungen eingemischt. Mit steigenden Anteilen der weißblühenden Sorte „Caspar“ nahm die Stickstoffverwertung zu, wohingegen sie mit steigenden Anteilen der buntblühenden Sorte „Alfred“ abnahm. Des weiteren wurde die umsetzbare Energie der vier Ackerbohnenarten „Alfred“, „Caspar“, „Scirocco“ und „Albatross“ an Mastgeflügel bestimmt. Die Kontrollfuttermischung wurde durch Ackerbohnen im Verhältnis 65 : 35 ausgetauscht. Es ergab sich eine deutliche Überlegenheit der weißblühenden gegenüber den buntblühenden Sorten. Neben den unterschiedlichen Tanningehalten wird auch der höhere Amylose-Anteil der Stärke bei den weißblühenden Sorten als Ursache für den höheren energetischen Futterwert genannt.

In Küken-, Jung- und Legehennenfutter substituierten RICHTER et al. (2000) das Futter zu unterschiedlichen Anteilen durch buntblühende Ackerbohnen. Für das Kükenfutter der Legerichtung wird eine Einsatzgrenze von 10% Ackerbohnen empfohlen, da bei höheren Anteilen der Verzehr der Küken und daraus folgend auch die Körpermasse abnahm. Bei den Junghennen hatten die ackerbohnenhaltigen Rationen einen positiven Einfluss auf die Futteraufnahme und die Körpermassenzunahme. Als Einsatzgrenze werden 20 % Ackerbohnen im Junghennenfutter empfohlen. Diese Einsatzgrenze liegt weit unterhalb der von SEUSER (1994) abgeleiteten Grenze von 60 % Ackerbohnen im Futter. Im Legehennenfutter mit Ackerbohnenanteilen erhöhte sich der Futteraufwand für die Eiproduktion. Ab 15 % Ackerbohnenanteil im Mischfutter legten die Hennen weniger Eier. Daraus wurde geschlossen, daß Legehennenfutter mit Methioninergänzung bei hohem Leistungsniveau der Tiere 7,5 % und bei mittleren Leistungen 15 % Ackerbohnen enthalten kann.

### 2.2.1.2 Futterwert bei Schweinen

BESTE (1988) ermittelte in Verdaulichkeitsversuchen mit Ackerbohnen der Sorte „Alfred“ für das Erntejahr 1986 einen ME-Gehalt von im Mittel 15,0 MJ mit einer geringfügigen Abweichung von 0,2 MJ je kg T zwischen zwei Verdaulichkeitsversuchen.

LIEBERT & GEBHARDT (1983) führten an 26 weiblichen Schweinen N-Bilanzversuche zur Ermittlung der Proteinqualität und der Nährstoffverdaulichkeit der Ackerbohnsorten „Erfordia“ und „Fribo“ sowie einer weißblühenden Neuzüchtung durch. Im Differenzversuch wurden 30 bzw. 50 % Ackerbohnen der Versuchsmischungen ausgetauscht. Bei der tanninarmen Neuzüchtung war die Rohproteinverdaulichkeit wie auch die Proteinqualität trotz einem etwas niedrigeren Gehalt an S-haltigen Aminosäuren im Vergleich zur Sorte „Fribo“ erhöht.

RÖMER (1998) untersuchte vier Ackerbohnsorten („Alfred“, „Caspar“, „Scirocco“ und „Albatross“) an je 4 männlichen Masthybriden (40 - 50 kg LM) pro Futtermischung. Das Futter wurde zu einem Viertel durch Ackerbohnen substituiert und mit DL-Methionin ergänzt. Der ME-Gehalt für die weißblühenden Sorten lag bei 14,48 („Caspar“) bzw. 15,59 MJ/kg T („Albatross“), bei den buntblühenden Sorten bei 12,44 („Scirocco“) bzw. 13,18 MJ/kg T („Alfred“). Die Unterschiede in der umsetzbaren Energie beruhten hauptsächlich auf unterschiedlichen Rohproteinverdaulichkeiten. Die weißblühenden Sorten wiesen signifikant höhere Gehalte an umsetzbarer Energie als die buntblühenden Sorten auf.

### 2.2.2 Aminosäuregehalte und Möglichkeiten der Ergänzung

Das Protein von *Vicia faba* besitzt eine ausgeglichene Aminosäurezusammensetzung (siehe Tabelle 5). Eine Ausnahme hiervon bildet der niedrige Gehalt an schwefelhaltigen Aminosäuren (BJERG et al. 1984). Somit ist meist Methionin die erstlimitierende Aminosäure im Ackerbohnenprotein.

**Tabelle 5: Aminosäuregehalte von Ackerbohnen (NEWTON & HILL 1983) im Vergleich zum „idealen Protein“ (F.A.O. 1973) und Sojaextraktionsschrot (DLG 1976, DEGUSSA 1997) in g/16 g N**

Aminosäure	Ackerbohnen	F.A.O. „ideales Protein“	Sojaextraktionsschrot
Lys	5,4 - 7,3	5,5	6,4 - 8,9
Met	0,6 - 1,1	} 3,5	1,5 - 2,1
Cys	0,6 - 2,0		1,5 - 2,1
Thr	2,9 - 4,2	4,0	4,0 - 5,6
Trp	0,9 - 1,1	1,0	1,3 - 1,8
Ile	2,6 - 4,6	4,0	4,7 - 6,4
Leu	6,7 - 8,5	7,0	7,7 - 11,0
His	2,1 - 2,9	÷	2,6 - 3,9
Tyr	2,7 - 4,5	} 6,0	3,3 - 5,4
Phe	3,5 - 4,6		4,8 - 7,4
Val	3,8 - 5,7	5,0	4,8 - 6,6
<b>Σ EAS</b>	<b>31,8 - 46,5</b>	<b>36,0</b>	<b>42,6 - 61,2</b>
Arg	7,5 - 11,0	÷	6,9 - 10,5
Pro	3,9 - 5,1	÷	5,1 - 7,3
Asp	9,2 - 12,8	÷	11,5 - 16,8
Ser	3,9 - 5,5	÷	5,6 - 7,3
Glu	13,5 - 20,4	÷	19,2 - 25,5
Gly	3,6 - 5,6	÷	4,4 - 6,1
Ala	3,6 - 6,6	÷	4,6 - 6,2
<b>Σ NEAS</b>	<b>45,2 - 67</b>	<b>÷</b>	<b>57,3 - 79,7</b>

Der höhere Rohproteingehalt des Sojaextraktionsschrots (45,4 % i. T.) bewirkt auch höhere Aminosäuregehalte pro kg T als bei Ackerbohnen (siehe Tabelle 5).

### 2.2.2.1 Ergänzungen mit verschiedenen Methioninquellen

Methionin kann in Futtermischungen durch kristallines DL-Methionin (99 % Methionin in der FS) oder durch flüssiges DL-Methionin-Hydroxyanalog (MHA) ergänzt werden (88 % Methioningehalt in der FS).

Methionin-defizitäre Futtermischungen mit 40 % weißblühenden Ackerbohnen wurden an 96 männlichen Broilern untersucht (RÖMER & ABEL 1999). Das Futter wurde entweder mit MHA oder DL-Methionin auf äquimolarer Basis stufenweise von einem suboptimalen bis optimalen Versorgungsniveau (0,6; 1,2; 1,8 und 2,4 g/kg T DL-Met- oder DL-MHA) ergänzt. Beide Supplemente zeigten die gleichen Effekte auf die N-Bilanz. Die N-Retention bezogen auf die N-Aufnahme lag bei 0,56 für DL-Methionin und bei 0,54 für DL-MHA.

Einem Legehennenfutter (HOFFMANN et al. 2000) wurde bei einem Gesamtmethioningehalt von 0,38 % mit 0,136 % Alimet (= 0,12 % Methioninäquivalent) ergänzt. Das Futter enthielt neben Hochproteinsoja und Getreide auch Erbsen und kam in einem Fütterungsversuch unter Praxisbedingungen im Vergleich zu einem Kontrollfutter mit DL-Met bei über 90.000 bzw. 75.000 Hennen zum Einsatz. Es konnte kein Unterschied zwischen DL-Met und MHA-Ergänzung auf die Produktions- und Qualitätskennzahlen wie Legeleistung, Gewichtsentwicklung der Legehennen und Eigewicht festgestellt werden.

WALZ & PALLAUF (1996) untersuchten den Einsatz von DL-Methionin im Vergleich zu MHA-Sipernat-Granulat (67 % flüssiges MHA auf 33 % Sipernat; basierend auf einer unterstellten Bioeffizienz des MHA von 75 %). Das Versuchsfutter mit einheimischen Leguminosen wurde an Ferkel und junge Mastschweine verfüttert. In der Aufzuchtphase der Ferkel hatten die Versuchsgruppen mit Methioninergänzung identische Leistungen in den Merkmalen Zuwachs und Futtermittelverwertung. Die biologische Wirksamkeit von MHA berechnete sich auf 75 % gegenüber derjenigen von DL-Met. In der Anfangsmast der Schweine ergaben sich keine absicherbaren Unterschiede, jedoch leichte Vorteile für die MHA-Gruppe. Die MHA-Ergänzung erreichte daher eine Wirksamkeit von 84 % gegenüber der Ergänzung mit DL-Met.

In N-Bilanzversuchen (RÖMER & ABEL 1999) wurden insgesamt 32 Masthybriden mit methionindefizitären Versuchsmischungen mit 37 % buntblühenden Ackerbohnen stufenweise mit DL-Methionin oder DL-MHA ergänzt. Die durchschnittliche N-Retention bezogen auf die N-Aufnahme lag bei 0,51 für die DL-Methionin und 0,54 für die DL-MHA-Ergänzung und zeigte somit keine signifikanten Unterschiede in der N-Bilanz.

SCHINDLER et al. (2000) führten Stoffwechselfersuche an insgesamt 42 Ferkeln (Deutsche Landrasse x Piétrain; Börge) durch, von denen je sechs Tiere mit einer Basaldiät mit jeweils 19 % Erbsen und Sojaextraktionsschrot oder einer von sechs Versuchsdiäten gefüttert wurden. Die Versuchsdiäten enthielten jeweils drei unterschiedliche Dosierungen an DL-Met (0,025; 0,050; 0,075 %) oder DL-MHA-FA (0,0285; 0,0570; 0,0855%) auf methioninequivalenter Basis. Die unterschiedlichen Futtermischungen hatten keinen Einfluß auf die täglichen Zuwachsleistungen und den Futteraufwand pro kg Zuwachs. Ebenso gab es keine Unterschiede in der täglichen N-Ausscheidung über den Harn, wodurch bei höherer Supplementierung eine Erhöhung der N-Retention bewirkt wurde. Zur Erzielung von gleich hohen N-Retentionen betrug die Wirksamkeit von DL-MHA-FA im Vergleich zu DL-Met nur 62 %.

### 2.2.2.2 Verdaulichkeiten des Rohproteins

IVAN & BOWLAND (1976) verfütterten neben einer N-freien Futtermischung rohe oder 30 bzw. 60 Minuten lang autoklavierte Ackerbohnen an vier männliche Schweine mit Anfangsgewichten von 35 kg LM. Die thermische Behandlung der Bohnen hatte keine signifikanten Effekte auf die Verdaulichkeit der Trockenmasse, des Stickstoffs oder einzelner Aminosäuren außer auf Arginin, dessen Verdaulichkeit signifikant erhöht war. Die Autoren schlußfolgerten, daß die Verdaulichkeit der organischen Substanz, insbesondere des Rohproteins und der Aminosäuren, im Dünndarm durch das Autoklavieren der Bohnen nicht erhöht werden konnte.

Die Nährstoffverdaulichkeiten von vier verschiedenen Ackerbohnsorten wurden an jungen Schweinen im Bereich von 15 - 30 kg LM (JANSMAN et al. 1993a) bestimmt. Die Sorten unterschieden sich in ihren Gehalten an kondensierten Tanninen, wobei die weißblühende Sorte „Blandine“ weniger als 1 % enthielt, die Sorte „Herz Freya“ 0,4 % und die Sorten „Mythos“ und „Alfred“ Tanningehalte von 1,0 % aufwiesen. Die Ackerbohnen hatten einen Anteil von 30 % an den Futtermischungen. Die N-Verdaulichkeit zwischen der tanninarmen Sorte „Blandine“ (89,3 %) und der tanninreichen Sorte „Alfred“ (79,4 %) unterschied sich signifikant. Die scheinbare ileale Verdaulichkeit der Aminosäuren lag bei den drei tanninhaltigen Ackerbohnsorten immer signifikant niedriger als bei der weißblühenden Sorte „Blandine“.

### 2.2.3 Mast- und Schlachtversuche

BESTE (1988) untersuchte den stufenweisen Ersatz von Sojaextraktionsschrot der Kontrollration gegen Ackerbohnen mit DL-Methionin-Ergänzung. Bei Ackerbohnenanteilen bis zu 46 bzw. 37 % in Anfangs- bzw. Endmastmischungen für Mastschweine ergaben sich keine signifikanten Unterschiede in den Mast- und Schlachtleistungen.

Auch KLEINE KLAUSING (1990) konnte in Mastversuchen an Schweinen mit der Ackerbohnsorte „Diana“ bei Ackerbohnenanteilen von 53 bzw. 42,5 % in der Anfangs- bzw. Endmastmischung mit Ergänzung von DL-Methionin keine Unterschiede in der Mastleistung und der Schlachtkörperzusammensetzung der Tiere feststellen.

Die im Mischfutter für Mastschweine eingesetzte Ackerbohne „Albatross“ begrenzte den Proteinansatz der Schweine in der Anfangsmast durch ihren niedrigen Methioningehalt (BURGSTALLER et al. 1990). Bei Ergänzung von 7,5 % Rapsextraktionsschrot aus 00-Saat bei 33 % Ackerbohnenanteil waren die Mast- und Schlachtleistungen gegenüber 42 % Ackerbohnenanteil ohne Rapsextraktionsschrot verbessert.

HOPPENBROCK et al. (1998) untersuchten vier verschiedene Futtermittel an Schweinen in der Vor- und Endmast. Die Kontrollgruppe erhielt Futter mit Komponenten konventioneller Herkunft. In den drei Versuchsvarianten wurden ökologisch erzeugte Futtermittel wie Weizen und Gerste als Energieträger verfüttert. Die Eiweißversorgung erfolgte mit Ackerbohnen und

dem konventionellen Zukauffutter Kartoffeleiweiß oder unter Verzicht auf Zukauffuttermittel mit Erbsen und Lupinen bzw. Ackerbohnen und Lupinen. Die Mastleistung fiel mit den körnerleguminosenhaltigen Mischungen geringer als mit dem Kontrollfutter aus. Auch der Muskelfleischanteil als Merkmal der Schlachtkörperbewertung zeigte bei den Versuchsvarianten signifikant niedrigere Werte. Bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung standen den höheren Futterkosten der Versuchsvarianten niedrigere Schlachterlöse gegenüber.

Die in der Literaturübersicht angesprochenen pflanzenbaulichen und ernährungsphysiologischen Aspekte der Ackerbohnen werden in der Diskussion (Kapitel 5.3.8) in einen Zusammenhang gebracht und ausführlicher besprochen.

## 3 Material und Methoden

### 3.1 Betriebliche und pflanzenbauliche Erhebungen zum Anbau der Ackerbohnen

Das Versuchsgut Relliehausen liegt am westlichen Rand des Sollings bei Dassel in einer Höhenlage von 180 – 280 m über NN (ANONYMOUS 1996). Im langjährigen Durchschnitt beträgt der Niederschlag 750 mm pro Jahr bei einer mittleren Jahrestemperatur von 8,2 °C. Das Ackerland hat 60 - 75 Bodenpunkte. Der Boden besteht überwiegend aus Lehm und der Bodentyp wird als Löß-Parabraunerde angesprochen.

Auf jeweils einem Hektar Ackerfläche wurden in den Jahren 1997 bis 1999 verschiedene Ackerbohnen Sorten aus der Versuchswirtschaft Relliehausen der Universität Göttingen auf nebeneinanderliegenden Flächen angebaut. Es handelte sich hierbei um die buntblühenden Sorten „Alfred“, „Scirocco“ und „Divine“, sowie um die weißblühenden Sorten „Caspar“ und „Gloria“. Das Saatgut stammte von verschiedenen Saatzuchtunternehmen. Alle Inputfaktoren wie Maschineneinsatz, Kraftstoffverbrauch usw. wurden von der Saat bis zur Ernte aufgenommen.

#### Harvest-Index

Eine Woche vor dem Erreichen der Mähdruschreife (Entwicklungsstadium: BBCH 87 nach BLEIHOLDER et al. 1989) der Ackerbohnen wurden im Anbauversuch 1998 Pflanzenproben genommen. Pro Ackerbohnenart wurden jeweils fünf Probeflächen von je einem Quadratmeter Größe von Hand geschnitten, und die Pflanzen kühl gelagert. Die Ackerbohnen-Frischmasse wurde ermittelt und die Anzahl der Hülsen pro Pflanze sowie die Anzahl der Samen pro Hülse notiert. Die Körner und ein Aliquot der restlichen Sproßmasse (Hülsen und Sproß) wurden bis zur Gewichtskonstanz bei 60°C getrocknet. Aus den erhobenen Daten wurde der TM-Harvest-Index berechnet.

Der TM-Harvest-Index ist das Verhältnis von Korn-Trockenmasse zur oberirdischen Sproß-Trockenmasse:

$$TM - Harvest - Index = \frac{Korn - Trockenmasse}{Sproß - Trockenmasse (oberirdisch)} * 100$$

Der N-Gehalt in den Bohnen und in den Ernterückständen (Hülse und Stroh) wurde ermittelt und daraus wurde der N-Harvest-Index berechnet. Der Harvest-Index für Stickstoff ist das Verhältnis von Stickstoff in den geernteten Körnern (bzw. Bohnen) zum Stickstoff im gesamten (oberirdischen) Sproß:

$$N\text{-Harvest-Index} = \frac{\text{Stickstoff in den Körnern}}{\text{Stickstoff im gesamten Sproß}} * 100$$

### 3.2 Ernährungsphysiologische Untersuchungen

Die Untersuchungen unterteilen sich in Stoffwechsel- und Fütterungsversuche mit Schweinen.

**Tabelle 6: Übersicht über die Stoffwechsel- und Fütterungsversuche**

Untersuchungsart	Ackerbohnsorte				
	weißblühend		buntblühend		
	Caspar	Gloria	Divine	Alfred	Scirocco
<b>N-Bilanzen</b>					
- AB aus Rellichausen	1997 HB*	1997 HB	1999 VR	1997 HB	1997 HB
- AB aus Hohenlieth	1997 HB	-	-	-	1997 HB
<b>Verdaulichkeitsversuche</b>					
- AB aus Rellichausen	1997 HB	1997 HB	1999 VR	1997 HB	1997 HB
- AB aus Hohenlieth	1997 HB	-	-	-	1997 HB
<b>Mineralstoffbilanzen u. Säure-Basen-Status</b>	-	-	1999 VR	-	-
<b>Mastversuche</b>					
Anfangsmast 30 – 60 kg LM	1998	1998	-	1998	1998
Endmast 60 – 110 kg LM	1997	1997, 1999	1999	1997, 1999	1997, 1999

\* Die Zahlen geben das Untersuchungsjahr, die Buchstaben die Schweineherkunft an; VR = Versuchsgut Rellichausen; HB = Hülseberger Schweine

#### 3.2.1 Stoffwechselversuche

Die Stoffwechseluntersuchungen umfassten N-Bilanz- und Verdaulichkeitsversuche an Schweinen. Außerdem wurden Mineralstoffbilanzen ermittelt und Untersuchungen zum Säure-Basen-Status der Tiere durchgeführt (siehe Tabelle 6).

Die männlichen, kastrierten Schweine stammten aus der Schweineanlage der Versuchswirtschaft Rellichausen der Georg-August-Universität Göttingen (VR), oder es handelte sich um Hülsenberger Schweine (HB). Die Schweine aus Rellichausen hatten auf der Vaterseite entweder einen reinen Piétraîneber oder eine Wechselkreuzung aus Hampshire x Piétrain. Die Mütter waren entweder Deutsches Sattelschwein, Bunte Bentheimer oder Wechselkreuzungen aus Large White und Deutscher Landrasse.

Die Tabelle 6 zeigt die eingesetzten Ackerbohnsorten aus den verschiedenen Erntejahren und die Herkünfte der eingesetzten Schweine für die einzelnen Versuche.

### **3.2.1.1 Zum Futterwert verschiedener Ackerbohnsorten**

Mit Hilfe der N-Bilanzen sollten die Proteinqualität der Ackerbohnen und Einflüsse auf die N-Ausscheidungen über Kot und Harn näher untersucht werden. Die Verdaulichkeitsversuche dienten zur Ermittlung der Futterwerte der Ackerbohnsorten.

Bei den Bohnensorten handelte es sich um Erntegut der Versuchswirtschaft Rellichausen der Anbaujahre 1997 und 1999 und zusätzlich um Erntegut der Pflanzenzuchtstation Hohenlieth aus dem Anbaujahr 1997. Das Saatgut für den Anbau von jeweils einem Hektar auf der Versuchswirtschaft Rellichausen wurde für jedes Jahr von den einzelnen Pflanzenzüchtungsunternehmen zur Verfügung gestellt.

Zur Ableitung der energetischen Futterwerte der Ackerbohnen diente das Substitutionsverfahren. Dazu wurde jeweils eine getrennt untersuchte Vergleichsfuttermischung ohne Ackerbohnen in den „Bohnengruppen“ durch Ackerbohnenanteile substituiert.

### **Futtermischungen**

Von repräsentativen Proben der Futterkomponenten für die Versuchsmischungen wurden die Gehalte an Trockensubstanz und Rohprotein sowie teilweise von Aminosäuren bestimmt. Als Vergleichsmischung kam eine nach den Richtlinien für Versorgungsempfehlungen der GFE (1987) zusammengestellte Getreide-/Sojamischung zum Einsatz.

### **Futterwerte von Ackerbohnen der Ernte 1997 aus Rellichausen (Versuch I)**

Im Versuch I bestand die Vergleichsmischung aus einer mineral- und wirkstoffergänzten Gerste-/Sojamischung. In den Versuchsmischungen sollte etwa ein Drittel des Gesamtproteins der Vergleichsmischung durch Bohnenprotein ersetzt werden. Dazu wurden Ackerbohnenproben zunächst auf Rohprotein analysiert und auf der Basis dieser Ergebnisse die einzumischenden Anteile berechnet. Bis auf den Zusatz von geringen Mengen Lysin (0,06 %) erfolgte keine weitere Ergänzung der Mischungen mit Aminosäuren.

In Tabelle 7 sind die Komponentenanteile der Futtermischungen dargestellt. Vereinfachend werden im folgenden die Futtermischungen durch die Angabe der eingemischten Ackerbohnsorte bzw. mit „Soja“ gekennzeichnet.

**Tabelle 7: Zusammensetzung der Futtermischungen im Stoffwechselversuch I  
(Ackerbohnen der Ernte 1997 aus Rellichausen)**

Komponente	Futtermischung (g/kg)				
	Soja	Caspar	Gloria	Alfred	Scirocco
Sojaschrot	250,0	172,5	187,5	185,0	187,5
Ackerbohnen	-	<b>300,0</b>	<b>240,0</b>	<b>250,0</b>	<b>240,0</b>
Gerste	720,0	496,8	540,0	532,8	540,0
Premix I*	20,0	20,7	22,5	22,2	22,5
Premix II**	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0

\* pro kg Premix: Ca 22 %; P 4,5 %; Na 5 %; Vitamin A 350.000 I.E.; Vitamin D<sub>3</sub> 60.000 I.E.; Vitamin E 1.000 mg; Cu 850 mg.

\*\* pro kg Premix: Ca 18 %; P 6 %; Na 2 %; Lysin 6 %; Vitamin A 300.000 I. E.; Vitamin D<sub>3</sub> 50.000 I.E.; Vitamin E 3.650 mg; Cu 650 mg; Bac. cereus var. toyoi (CNCM J-1012/NCIB 40112) Toyocerin 5 x 10,9 KBE.

Die Tiere wogen zu Versuchsbeginn  $32 \pm 1,8$  kg und zum Versuchsende  $37 \pm 1,5$  kg. Die Futtermenge pro Tier und Tag betrug 1,4 kg.

#### **Futterwert von Ackerbohnen der Ernte 1997 aus Hohenlieth (Versuch II)**

In einem weiteren Stoffwechselversuch wurden dieselben Schweine mit Ackerbohnen, die aus dem Anbau in Hohenlieth stammten, versorgt. Dazu kamen die weißblühende Sorte „Caspar“ und die buntblühende Sorte „Scirocco“ zum Einsatz. Es wurde ein Viertel der Vergleichsmischung durch Ackerbohnen ausgetauscht und keine Aminosäuren zur Ergänzung zugesetzt.

Die Zusammensetzung der Futtermischungen ist in Tabelle 8 dargestellt.

**Tabelle 8: Zusammensetzung der Futtermischungen im Stoffwechselversuch II  
(Ackerbohnen der Ernte 1997 aus Hohenlieth)**

Komponente	Futtermischung (g/kg)		
	Soja	Caspar (weißblühend)	Scirocco (buntblühend)
Sojaschrot	170,0	115,0	115,0
Ackerbohnen	-	<b>250,0</b>	<b>250,0</b>
Gerste	800,0	605,0	605,0
Premix*	30,0	30,0	30,0

\* pro kg Premix: Ca 22 %; P 4,5 %; Na 5 %; Vitamin A 350.000 I.E.; Vitamin D<sub>3</sub> 60.000 I.E.; Vitamin E 1.000 mg; Cu 850 mg.

Die Tiere wogen anfänglich im Durchschnitt  $43 \pm 0,8$  kg und zum Versuchsende  $52 \pm 1,0$  kg. Die Futtermenge pro Tier und Tag betrug 2 kg.

**Futterwert der Ackerbohnsorte „Divine“ der Ernte 1999 aus Relliehausen (Versuch III)**

In diesem Versuch wurde eine mineral- und wirkstoffergänzte Vergleichsmischung teilweise durch die Ackerbohnsorte „Divine“ ersetzt. Die Vergleichsmischung wurde so konzipiert, daß ein Austausch von 25 % durch Ackerbohnen möglichst nicht zu einer Proteinübersorgung der Schweine führte. Dazu mußte der Proteingehalt niedrig gehalten und der Bedarf der Schweine an essentiellen Aminosäuren durch gezielte Zulagen abgedeckt werden. Die Ergänzung erfolgte nach dem Konzept des idealen Proteins (ROTH et al. 1993, modifiziert nach WANG & FULLER 1989) entsprechend der Aminosäuren-Relation:

Lys : Met + Cys : Thr : Trp : Ile : Leu : His : Val

100 : 60 : 66 : 19 : 60 : 111 : 39 : 75

In der Futtermischung mit Bohnen fanden die in den Bohnen analysierten Aminosäuren Berücksichtigung, so daß sich die Ergänzung mit essentiellen Aminosäuren von der in der Grundmischung unterschied. Zur Ergänzung mit schwefelhaltigen Aminosäuren kamen entweder DL-Methionin (DL-Met) oder DL-Methionin-Hydroxy-Analog (MHA) zum Einsatz. MHA wurde mit dem Handelsprodukt Alimet®<sup>2</sup> unter Zugrundelegung der vollständigen Methionin-Äquivalenz der zu 88% enthaltenen Reinsubstanz eingesetzt. Die Komponentenanteile der Futtermischungen sind in Tabelle 9 aufgezeigt.

<sup>2</sup> Alimet® ist ein eingetragenes Warenzeichen von Monsanto Inc.

**Tabelle 9: Zusammensetzung der Futtermischungen im Stoffwechselversuch III  
(Ackerbohnsorte „Divine“ der Ernte 1999 aus Rellichausen)**

Komponente	Futtermischung (g/kg)		
	Soja	Divine	
		DL-Met	DL-MHA
Gerste	833,6	625,2	625,1
Sojaschrot	100,0	75,0	75,0
Ackerbohnen	-	<b>247,2</b>	<b>247,1</b>
Premix*	30,0	30,0	30,0
Sojaöl	25,0	18,8	18,8
L-Lysin HCl	4,7	1,5	1,5
DL-Methionin	<b>1,3</b>	<b>1,5</b>	-
MHA	-	-	<b>1,7</b>
L-Threonin	1,7	0,7	0,7
DL-Tryptophan	0,2	0,1	0,1
L-Valin	1,0	-	-
L-Leucin	1,1	-	-
L-Isoleucin	0,9	-	-
L-Histidin	0,5	-	-

\* pro kg Premix: Ca 24 %; P 5 %; Na 5 %; Mg 1 %; Cu 1.000 mg; Vitamin A 400.000 I.E.; Vitamin D<sub>3</sub> 40.000 I.E.; Vitamin E 2.000 mg; Flavophospholipol 200 mg.

Die Schweine wiesen zu Versuchsbeginn  $28 \pm 1$  kg Lebendmasse auf und nahmen während der 13-tägigen Versuchsdauer durchschnittlich  $677 \pm 43$  g/Tag zu. Es wurden 95 g Futter pro kg Lebendmasse LM<sup>0,75</sup> und Tag, entsprechend 1358 bis 1517 g/Tier u. Tag, gefüttert.

Nach der fünftägigen Adaptationsphase und vor der fünftägigen Sammelperiode im N-Bilanz- und Verdaulichkeitsversuch wurde zusätzlich Harn der Schweine an 3 aufeinanderfolgenden Tagen über jeweils 8 Stunden pro Tag im zweistündigen Intervall gesammelt und auf Parameter des Säure-Basen-Status analysiert.

### 3.2.1.2 Versuchstiere

Zur Untersuchung des Futterwertes der Ackerbohnsorten „Alfred“, „Caspar“, „Scirocco“ und „Gloria“ der Ernte 1997 kamen Hülsenberger Mastschweine zum Einsatz. In den übrigen Versuchen wurden jeweils 12 Börgе von der Versuchswirtschaft Rellichausen verwendet.

### **Haltung der Versuchstiere**

Zur Ermittlung von N-Bilanzen wurden Stoffwechselfersuche mit fünftägiger Vorperiode und fünftägiger Sammelperiode durchgeführt. Die Tiere wurden in Stoffwechselkäfigen aufgestellt, die eine quantitative Sammlung von Kot und Harn ermöglichten (SCHIEMANN 1981).

Das Futter wurde zweimal täglich in Mehlform verabreicht. Die Tiere erhielten Wasser nach der Fütterung zur freien Aufnahme. Die Schweine wurden zu Beginn und am Ende des Stoffwechselfersuchs gewogen. Die Exkremate wurden täglich ein Mal quantitativ gesammelt. Vom Kot wurde täglich ein Aliquot von 30 % je Einzeltier gesammelt und bei – 20 °C eingefroren.

Für die Stickstoffbilanzierung war es notwendig, zusätzlich zu den Kotproben auch den Harn der Tiere zu sammeln. Der Harn wurde in Kanistern unter den Stoffwechselkästen aufgefangen. Zur Vermeidung von Stickstoffverlusten wurden sie jeweils mit einer Schwefelsäurevorlage versehen. Vom Harn wurden 10 % je Einzeltier gesammelt und ebenfalls bei – 20 °C eingefroren.

#### **3.2.2 Fütterungsversuche in Reliehausen**

Für die Fütterungsversuche stand die geschlossene Schweineanlage der Versuchswirtschaft Reliehausen zur Verfügung.

Die Versuchstiere stammten mütterlicherseits aus der F<sub>1</sub>-Generation von Wechselkreuzungen und väterlicherseits von Wechselkreuzungen Hampshire x Piétrain oder von reinen Piétrainebern ab.

Es wurden ein Versuch in der Anfangsmast (30 - 60 kg Lebendmasse) und zwei Versuche in der Endmast (60 - 110 kg Lebendmasse) durchgeführt (siehe Tabelle 6).

Von den Ackerbohnen und den Getreidekomponenten wurden repräsentative Proben genommen und auf Weender Roh Nährstoffe sowie bei Ackerbohnen zusätzlich auf Aminosäuregehalte untersucht.

#### **Anfangsmast mit Ackerbohnen der Ernte 1998**

Pro Futtermischung wurden in Abhängigkeit von der zeitlichen Tierversfügbarkeit aus der Ferkelaufzucht und Anfangsgewichten von  $30 \pm 1,5$  kg im Mittel der Gruppe pro Futtermischung 4 Buchten zu 6 Tieren mit weiblichen oder männlichen Schweinen eingestallt, so daß insgesamt 240 Schweine im Versuch standen.

Die Einstallung der Tiere erfolgte ab Ende Januar 1999. Die Tiere wurden wöchentlich gewogen und beim Erreichen von durchschnittlich 60 kg wieder aus dem Versuch genommen, um mit handelsüblichem Mastfutter bis zum Erreichen des Schlachtgewichts gefüttert zu werden.

Für den Anfangsmastversuch wurden am 21.01.1999 und am 05.03.1999 Versuchsfuttermischungen von jeweils 2,5 t in Relliehausen gemischt. Die Komponentenanteile der Futtermischungen sind in Tabelle 10 dargestellt. Die Anteile der Ackerbohnen betragen einheitlich 15 %, während die Gerste-, Weizen-, Sojaöl- und Blutmehlanteile nach Maßgabe der zuvor ermittelten Rohproteingehalte der Ackerbohnen variiert wurden, so daß sich möglichst vergleichbare Energie- und Rohproteingehalte der Mischungen ergaben. Außerdem erfolgte auf der Basis der analysierten Gehalte der Bohnen Ergänzungen mit L-Lysin auf rechnerisch gleiches Niveau in allen Futtermischungen. Zum Vergleich kam eine energie- und proteinäquivalente Mischung mit Sojaschrot und ohne Ackerbohnen zum Einsatz.

Infolge höherer Rohproteingehalte der Ackerbohnsorten „Gloria“ und „Scirocco“ konnten in diesen Futtermischungen geringere Blutmehlanteile und höhere Anteile Gerste anstelle von Weizen gewählt werden.

**Tabelle 10: Zusammensetzung der Futtermischungen mit Ackerbohnen der Ernte 1998 für die Anfangsmast (%)**

Komponente	Futtermischung				
	Caspar	Gloria	Alfred	Scirocco	Soja
<b>Gerste</b>	25,0	37,0	25,0	31,5	25,0
<b>Weizen</b>	44,0	33,0	44,0	38,0	47,0
<b>Ackerbohnen</b>	<b>15,0</b>	<b>15,0</b>	<b>15,0</b>	<b>15,0</b>	-
<b>Sojaschrot</b>	5,0	5,0	5,0	5,0	<b>22,5</b>
<b>Sojaöl</b>	0,8	0,5	1,0	0,98	2,0
<b>Kartoffelprotein</b>	1,5	1,5	1,5	1,5	-
<b>Tiermehl</b>	3,5	3,5	3,5	3,5	-
<b>Blutmehl</b>	2,2	1,5	2,0	1,5	-
<b>Premix I*</b>	3,0	3,0	3,0	3,0	-
<b>Premix II**</b>	-	-	-	-	3,5
<b>L-Lysin HCl</b>	-	-	-	0,02	-

\* pro kg Premix: Ca 18 %; P 1,76 %; Na 4,2 %; Lysin 1,76 %; Vitamin A 500.000 I.E.; Vitamin D<sub>3</sub> 50.000 I.E.; Vitamin E 2.667 mg; Cu 5.334 mg; Flavophospholipol 334 mg; 3-Phytase 16.667 E (EC 3.1.3.8); Calciumformiat; Fumarsäure.

\*\* pro kg Premix: Ca 19,5 %; P 3 %; Na 4,5 %; Lysin 4 %; Vitamin A 428.572 I.E.; Vitamin D<sub>3</sub> 42.858 I.E.; Vitamin E 2.286 mg; Cu 4.572 mg; Flavophospholipol 286 mg; 3-Phytase 14.286 E (EC 3.1.3.8); Calciumformiat; Fumarsäure.

### Endmast mit Ackerbohnen der Ernte 1997

Als Versuchstiere dienten 180 männliche, kastrierte Schweine. Es wurden 5 Versuchsgruppen mit jeweils 6 Buchten zu 6 Tieren eingestallt.

Zunächst erfolgten Analysen der aus dem Anbau in Relliehausen stammenden Ackerbohnen auf Rohprotein und Aminosäuren, deren Ergebnisse Anpassungen der einzelnen Komponentenanteile zur Erreichung möglichst protein-, aminosäuren- und energieäquivalenter Futtermischungen ermöglichten.

Die Versuchsmischungen wurden am 18.12.1997, 12.02.1998 und 07.04.1998 in Chargen zu jeweils 5 t in Relliehausen hergestellt.

**Tabelle 11: Zusammensetzung der Futtermischungen mit Ackerbohnen der Ernte 1997 für die Endmast (%)**

Komponente	Futtermischung				
	Caspar	Gloria	Alfred	Scirocco	Soja
<b>Weizen</b>	35,0	30,0	35,0	35,0	55,0
<b>Gerste</b>	31,4	38,41	32,41	32,42	23,37
<b>Ackerbohnen</b>	<b>25,0</b>	<b>25,0</b>	<b>25,0</b>	<b>25,0</b>	-
<b>Sojaschrot</b>	-	-	-	-	<b>19,0</b>
<b>Kartoffelprotein</b>	3,0	2,0	2,5	2,5	-
<b>Maiskleber</b>	3,0	2,0	2,5	2,5	-
<b>Premix*</b>	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
<b>L-Lysin HCl</b>	0,08	0,04	0,06	0,05	0,10
<b>DL-Methionin</b>	0,02	0,05	0,03	0,03	0,03

\* pro kg Premix: Ca 24 %; P 5 %; Na 4,5 %; Mg 1,25 %; Lysin 3 %; Vitamin A 400.000 I.E.; Vitamin D<sub>3</sub> 40.000 I.E.; Vitamin E 2.000 mg; Cu 1.000 mg; Virginiamycin 600 mg.

### Endmast mit Ackerbohnen der Ernte 1999

Die Tiere wurden nach betriebsüblicher und einheitlicher Aufzucht ab durchschnittlich  $60 \pm 2$  kg Lebendmasse in 6er-Buchten aufgestellt. Es kamen jeweils 6 Böрге pro Bucht zum Einsatz. Die Buchten wurden ab dem 10. März fortlaufend nach der Verfügbarkeit der Tiere aus der Vormast beschickt. Es wurden möglichst zeitgleich jeweils 4 Buchten pro Gruppe beschickt. Da drei Tiere in der Mast verendet sind, gingen in die Berechnung der Mastleistung nur 117 Tiere ein, die die Mast beendeten.

Während im Endmastversuch mit Ackerbohnen der Ernte 1997 (s.o.) durch differenzierten Zusatz von L-Lysin und DL-Methionin protein- und aminosäurenäquivalente Futtermischungen angestrebt wurden, kamen im zweiten Endmastversuch mit Ackerbohnen der Ernte 1999 unabhängig von den Protein- und Aminosäuregehalten der einzelnen Ackerbohnsorten bezüglich der Anteile der übrigen Futterkomponenten identische Mischungen zum Einsatz (Tabelle 12). Durch dieses eher praxisangepaßte Verfahren sollten Unterschiede zwischen verschiedenen Ackerbohnsorten deutlicher zutage treten. Es wurden die Sorten „Divine“,

„Gloria“, „Alfred“ und „Scirocco“ eingemischt. Außerdem wurde wieder eine Gruppe mit einer Soja-/Getreidemischung gefüttert.

**Tabelle 12: Zusammensetzung der Futtermischungen mit Ackerbohnen der Ernte 1999 für die Endmast (%)**

Komponente	Futtermischung	
	Ackerbohnen	Soja
<b>Ackerbohnen</b>	<b>25,0</b>	-
<b>Sojaschrot</b>	5,0	17,0
<b>Weizen</b>	38,5	42,0
<b>Gerste</b>	27,8	37,3
<b>Premix*</b>	2,5	2,5
<b>Sojaöl</b>	0,98	0,99
<b>L-Lysin HCl</b>	0,12	0,18
<b>DL-Methionin</b>	0,08	0,03
<b>L-Threonin</b>	0,02	-

\* pro kg Premix: Ca 24 %; P 5 %; Na 5 %; Mg 1 %; Vitamin A 400.000 I.E.; Vitamin D<sub>3</sub> 40.000 I.E.; Vitamin E 2.000 mg; Cu 1.000 mg; Flavophospholipol 200 mg.

Die Versuchsfuttermischungen wurden am 03.03.2000 und am 10.05.2000 hergestellt. Am ersten Termin wurden je 3 t Futter und am zweiten Termin zweimal jeweils 2 t pro Futtergruppe gemischt.

### 3.2.2.1 Tierwägungen und Futterzuteilung

Die Tiere wurden zu Versuchsbeginn und zu Versuchsende gewogen.

Die Schweine wurden nach der in Tabelle 13 aufgeführten Futterliste gruppenweise in 6er Buchten versorgt. Die Anpassung der Futtermenge erfolgte jeweils wöchentlich.

**Tabelle 13: Futterliste für Schweine in der Versuchsanlage Relliehausen**

<b>Gewicht, kg</b>	<b>Futter (kg/Tag) pro Tier</b>
29,5	1,30
33,0	1,45
37,0	1,60
41,5	1,75
46,0	1,90
50,5	2,00
55,5	2,15
60,5	2,30
65,5	2,40
71,0	2,50
76,0	2,60
81,5	2,75
87,0	2,85
92,5	2,90
98,0	3,00
103,5	3,00

### 3.2.2.2 Schlachtkörpermerkmale

Alle Tiere wurden auf dem EU-Schlachthof in Rosdorf/Göttingen geschlachtet. Dort wurden tierindividuelle Daten zur Schlachtleistung und zur Fleischbeschaffenheit erhoben.

Zu den Daten zählten das Schlachtendgewicht, das Zweihälftengewicht, die Ausschachtung, der Muskelfleischanteil in %, das Speckmaß und das Fleischmaß.

Die Einstufung der Mastschweine in die Handelsklassen erfolgte nach dem Muskelfleischanteil (Tabelle 14).

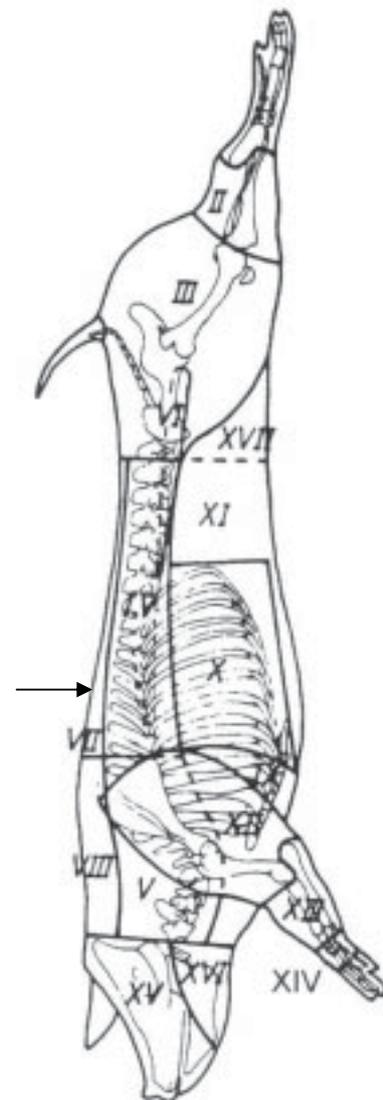
Außerdem wurden pH- und Reflexionswerte an den Schlachthälften gemessen.

**Tabelle 14: Einteilung in Handelsklassen entsprechend dem Muskelfleischanteil  
(BACH et al. 1992)**

Handelsklasse	Muskelfleischanteil (Schlachtkörper von über 50 kg bis unter 120 kg)
E	≥ 55 %
U	50 - < 55 %
R	45 - < 50 %
O	40 - < 45 %
P	< 40 %

Die Meßwerte wurden mit einem Sondengerät optisch-elektronisch erfaßt. Dazu stand auf dem Schlachthof ein FOM-Gerät (Fat-O-Meat'er, Firma Breitsameter) bestehend aus einer Meßsonde, einem Terminal und einem Drucker zur Verfügung. In der Spitze der Meßsonde befindet sich ein Lichtgeber und unmittelbar daneben ein Lichtempfänger (Fotodetektor). Muskelfleisch und Fettgewebe reflektieren das vom Lichtgeber ausgesandte Licht mit unterschiedlicher Intensität. Durch festgesetzte Meßpunkte, in die das Sondengerät einsticht, erhält man ein Speck- und ein Fleischmaß (Abb. 2) Mit diesen Maßzahlen wird dann der Muskelfleischanteil durch Eingabe der Maßzahlen in bundeseinheitliche Schätzformeln errechnet (Bezahlungsgrundlage).

Am Schlachttag wurde im Kühlraum an der rechten, nicht belasteten Hälfte, da hängend entblutet, mit einem tragbaren pH-Meter zwischen der verlängerten 13. und 14. Rippe im *Musculus longissimus dorsi* der pH<sub>1</sub>-Wert im Kotelett (45 Minuten post mortem) gemessen.



**Abbildung 2: Meßpunkt beim Schwein  
(nach SCHEPER & SCHOLZ 1985)**

Bei einem pH-Wert unter 5,8 handelt es sich um streßempfindliche Tiere mit schlechter Fleischqualität, sogenannte PSE-Schweine (pale [blaß], soft [weich], exhausted [erschöpft]).

Der Reflexionswert wurde automatisch mit dem FOM-Gerät bestimmt.

### **3.3 Analysen**

#### **3.3.1 Weender Analyse und Aminosäurenbestimmung**

Das Futter sowie die Kot- und Harnproben wurden nach der Weender Analyse (NAUMANN & BASSLER 1976 – 1997) untersucht.

Die Kotproben wurden in einem Cutter (EMS, Eduard Müller & Söhne, Saarbrücken) homogenisiert und die Harnproben in einem Becherglas vor der Analyse vermischt.

ADF (Acid Detergent Fiber) und NDF (Neutral Detergent Fiber) wurden mit dem ANKOM<sup>200/220</sup> Fiber Analyzer nach der Methode von GOERING & VAN SOEST (1970) analysiert. Bei der NDF-Bestimmung wurde nach dem zweiten der insgesamt fünf Waschvorgänge am Ende der Extraktion mit ND-Lösung 30 Minuten mit einer 0,1 N HCl-Lösung gespült.

Die Aminosäuregehalte der geernteten Ackerbohnen wurden durch die Degussa AG in Frankfurt analysiert. Hierbei wurde die Verbandsmethode AS 4.11.1 (NAUMANN & BASSLER 1988) angewendet. Die einzelnen Aminosäuren wurden hydrolytisch aufgeschlossen und mittels eines automatisierten Ionenaustauschverfahrens bestimmt. Bei den Aminosäuren, die eine Schwefelgruppe besitzen, wurde zusätzlich eine Oxydation durchgeführt. Die Analysen auf DL-MHA erfolgten mit der Hochdruck-Flüssigkeitschromatographie (ONTIVEROS et al. 1987).

#### **3.3.2 Stärke- und Zuckerbestimmung**

Der Stärkegehalt der Ackerbohnen und der Futtermischungen wurde polarimetrisch gemessen (NAUMANN & BASSLER 1976). Die Zuckerbestimmung erfolgte nach der Methode von Luff-Schorl (NAUMANN & BASSLER 1976).

#### **3.3.3 Mineralstoffbestimmung**

Die Mineralstoffanalysen erfolgten nach trockener Veraschung der Proben (MOINZADEH 1975). Die Futter-, Kot- und Harnproben wurden in Quarzschalen eingewogen und bei 470 °C im Muffelofen verascht. Die Probensubstanz wurde dann auf dem Wasserbad mit konzentrierter Salzsäure abgedampft. Anschließend wurde sie zunächst mit heißem destilliertem Wasser und dann mit 10 ml halbkonzentrierter Salzsäure quantitativ in einen 250 ml Meßkolben überspült. Am nächsten Tag wurde der Meßkolben bis zur Markierung mit destilliertem Wasser aufgefüllt. Dann wurde die Probe nach kräftigem Schütteln durch einen Filter in eine 250 ml Plastikflasche filtriert.

### **Natrium- und Kaliumbestimmung**

Die Bestimmung von Natrium und Kalium aus den Aschelösungen wurde mit dem Flammenphotometer (Eppendorf Gerätebau, Netheler + Hinz GmbH Hamburg) durch Vergleiche mit Natrium- und Kaliumstandards durchgeführt.

### **Phosphorbestimmung**

Der Phosphor wurde aus den Aschelösungen kolorimetrisch mit der "Vanado-Molybdat-Methode" mit Hilfe des Eppendorf-Spektralphotometers bei einer Wellenlänge von 468 nm (Küvette 2 cm Schichtdicke) gemessen (LANTZSCH 1961).

### **Calciumbestimmung**

Aus den Aschelösungen wurde Calcium in essigsaurer Lösung als Calciumoxalat gefällt, in verdünnter Salzsäure gelöst und in der Lösung komplexometrisch gefällt (PERL 1964).

### **Chloridbestimmung**

Die Chloridbestimmung erfolgte nach der Methode der VDLUFA. (NAUMANN & BASSLER 1976).

### **Schwefelbestimmung**

Der Gesamt-Schwefel wurde nach der LUFA OL-Methode (1 - 004) bestimmt.

Die Chlorid- und Schwefelbestimmungen erfolgten durch die Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt (LUFA) Oldenburg.

#### **3.3.4 Pufferkapazität des Futters**

Die Pufferkapazität wurde nach PROHÁSZKA & BARON (1980) ermittelt und gibt die zur Absenkung des pH-Wertes auf pH 3 erforderlichen HCl-Äquivalente an.

#### **3.3.5 Säure-Basen-Status**

Die Analysen der Harnproben im Versuch IV zur Ermittlung der fraktionierten Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung erfolgten nach der Methode von KUTAS (1965), modifiziert nach FÜRLI (2000).

Hierzu wurden 20 ml Harn in ein Becherglas gegeben und mit 1 n HCl so lange versetzt, bis der pH-Wert 3,5 erreicht wird. Der HCl-Verbrauch wurde notiert. Dann wurde die Probe 30 Sekunden gekocht, abgekühlt und mit 6 Tropfen Phenolrot versetzt. Mit einer 0,1 n NaOH wurde so lange titriert, bis ein pH-Wert von 7,4 erreicht ist. Der NaOH-Verbrauch wurde notiert (1. Wert). Zum vorhergehenden Ansatz wurden 20 ml Formalin dazugeben und erneut mit 0,1 n NaOH bis zu dem pH-Wert 7,4 titriert. Wieder wurde der NaOH-Verbrauch notiert (2. Wert).

Die Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung (NSBA) gibt die Differenz von Titrationsalkalität minus Titrationsacidität wieder und beschreibt die Gesamtheit der mit dem Harn ausgeschiedenen H<sup>+</sup>-Ionen.

Berechnung:

$$NSBA = 10 \frac{(10 * ml\ HCl - ml\ NaOH)}{2}, \text{ wobei in der Formel als Wert für ml NaOH die Summe aus 1. und 2. Wert eingegeben wurde.}$$

Als Basenwert (mmol/l) wurde der HCl-Verbrauch x 50 angegeben.

Der Säurenwert (mmol/l) wurde berechnet aus dem mit 5 multipliziertem NaOH-Verbrauch, wobei hier nur der 1. Wert einbezogen wurde.

### 3.3.6 pH-Wert im Harn

Für die Bestimmung des pH-Wertes im Harn wurden 20 ml Frischharn mit einer pH-Elektrode gemessen.

## 3.4 Berechnungen

### 3.4.1 Verdaulichkeiten, umsetzbare Energie und Futterwert

Zur Berechnung der BFS-korrigierten umsetzbaren Energie aus den verdaulichen Rohnährstoffen (in g/kg T) diente die folgende Formel (DLG 1991):

$$ME \text{ (MJ/kg T)} = 0,021 * DXP + 0,0374 * DXL + 0,0144 * DXF + 0,0171 * DXX - 0,0068 (BFS^3 - 100)$$

<sup>3</sup> Die bakteriell fermentierbaren Substanzen (BFS) sind definiert als Summe der verdaulichen N-freien Extraktstoffe und der verdaulichen Rohfaser abzüglich der Gehalte an Stärke und Zucker. Die BFS-Korrektur wird nur für den über 100 g/kg T liegenden BFS-Anteil vorgenommen.

### 3.4.2 Stickstoff- und Mineralstoffbilanz

Mittels der Stickstoffanalysen und den aufgenommenen bzw. ausgeschiedenen Gesamtmengen an Futter und Exkrementen konnte die N-Retention sowohl absolut als auch relativ berechnet werden:

$$N\text{-Retention} = N\text{-Aufnahme} - (N\text{-Ausscheidung über Kot und Harn})$$

Die Berechnung der Kalium-, Natrium-, Calcium- und Phosphorbilanzen erfolgte entsprechend.

## 3.5 Statistik

### 3.5.1 Stoffwechselversuche

Die Daten der Stoffwechseluntersuchungen wurden anhand einer einfaktoriellen Varianzanalyse der Mittelwerte unter Verwendung des Statistikprogramms SPSS 10,0 für Windows statistisch ausgewertet.

Folgendes einfaktorielle Modell wurde dabei verwendet:

$$y_{ij} = \mu + FM_i + e_{ij}$$

$y_{ij}$  = Beobachtungswert des j-ten Tieres bei Futtermittel i

$\mu$  = Mittelwert aller Tiere

$FM_i$  = Effekt des i-ten Futtermittels des Versuchs

$e_{ij}$  = zufälliger Restfehler

Die Signifikanzprüfung wurde mittels des Least Significance Difference Tests (LSD) bei gleicher Anzahl von Versuchstieren und mittels des Scheffé-Tests bei ungleicher Anzahl durchgeführt. Bei zwei Versuchsgruppen wurde mit dem t-Test bei unabhängigen Stichproben getestet. Das Signifikanzniveau lag bei  $p \leq 0,05$ .

### 3.5.2 Fütterungsversuche

Die statistischen Auswertungen der Fütterungsversuche wurden mit Hilfe des SAS-Programms (Statistical-Analysis-System, SAS-INSTITUT INC. 1990, Version 6.11 und 6.12) nach dem allgemeinen linearen Modell ('GLM'-Prozedur) durchgeführt. Bei den Berechnungen galt ein Testniveau von  $p \leq 0,05$  als Widerlegung der Nullhypothese. Die LSQ-Werte sind im Ergebnisteil dargestellt.

### 3.5.2.1 Anfangsmastversuch mit Ackerbohnen der Ernte 1998

Die Auswertung der erhobenen Einzeltierdaten wurde nach folgendem Modell durchgeführt:

Modell (1) Mastleistung

$$y_{ijklm} = \mu + FM_i + DG_j + EBERLI_k + SAULINIE_l + FM * SAULINIE + ANFALTER_{ijkl} + e_{ijklm}$$

$y_{ijklm}$  = Beobachtungswert

$\mu$  = Mittelwert aller Tiere

$FM_i$  = Effekt des i-ten Futtermittels (i = Bohne „Alfred“, Bohne „Caspar“, Bohne „Gloria“, Bohne „Scirocco“ und Sojamischung)

$DG_j$  = Effekt des j-ten Durchgangs (j = 1 ... 4)

$EBERLI_k$  = Effekt der k-ten Eberlinie (k = 66 [reine Piétrain], 99 [Wechselkreuzung x Piétrain])

$SAULINIE_l$  = Effekt der l-ten Saulinie (l = Wechselkreuzungssauen der Linien 21, 31, 32, 71, 72)

$FM * SAULINIE$  = Interaktion Futtermittel \* Saulinie

$ANFALTER_{ijkl}$  = Kovariable Mastanfangsalter

$e_{ijklm}$  = zufälliger Restfehler

Auch die Effekte Geschlecht und Geschlecht x Futtermittel wurden untersucht, aber da keine Signifikanzen auftraten, wurden sie nicht mit in das Modell einbezogen.

Bei den Untersuchungen der Merkmale Futteraufnahme, Futterkosten und Futterverwertung wurden die Buchtenmittelwerte statistisch untersucht, da keine Einzeltierdaten vorlagen. Hierbei wurde in das Modell der Effekt des Futtermittels, des Durchgangs und des Geschlechts einbezogen.

### 3.5.2.2 Endmastversuch mit Ackerbohnen der Ernte 1997

Die Auswertung der erhobenen Daten wurde nach folgenden Modellen durchgeführt:

Modell (2) Mastleistung

$$y_{ijklm} = \mu + FM_i + DG_j + EBERLI_k + SAULINIE_l + FM * SAULINIE + ANFALTER_{ijkl} + e_{ijklm}$$

$y_{ijklm}$  = Beobachtungswert

$\mu$	=	Mittelwert aller Tiere
$FM_i$	=	Effekt des i-ten Futtermittels (i = Bohne „Alfred“, Bohne „Caspar“, Bohne „Gloria“, Bohne „Scirocco“ und Sojamischung)
$DG_j$	=	Effekt des j-ten Durchgangs (j = 1 ... 6)
$EBERLI_k$	=	Effekt der k-ten Eberlinie (k = 66 [reine Piétrain], 99 [Wechselkreuzung x Piétrain])
$SAULINIE_l$	=	Effekt der l-ten Saulinie (l = Wechselkreuzungssauen der Linien 21, 31, 32)
$FM * SAULINIE$	=	Interaktion Futtermittel * Saulinie
$ANFALTER_{ijkl}$	=	Kovariable Mastanfangsalter
$e_{ijklm}$	=	zufälliger Restfehler

Die Interaktion von Futtermittel x Durchgang war bei keinem Merkmal von Bedeutung (nicht signifikant) und wurde deshalb nicht in das Modell aufgenommen.

Entsprechend dem Anfangsmastversuch wurden die Merkmale Futteraufnahme und Futterverwertung anhand der Buchtenmittelwerte mit einem Modell untersucht, in welches der Effekt des Futtermittels und des Durchgangs einbezogen wurden, da für diese Merkmale keine Einzeltierdaten vorlagen.

### Modell (3) Schlachtleistung

$$y_{ijklmn} = \mu + FM_i + DG_j + EBERLI_k + SAULINIE_l + SCHLACHTTAG_m + ZHGW_{ijklm} + e_{ijklmn}$$

$y_{ijklmn}$	=	Beobachtungswert
$\mu$	=	Mittelwert aller Tiere
$FM_i$	=	Effekt des i-ten Futtermittels (i = Bohne „Alfred“, Bohne „Caspar“, Bohne „Gloria“, Bohne „Scirocco“ und Sojamischung)
$DG_j$	=	Effekt des j-ten Durchgangs (j = 1 ... 6)
$EBERLI_k$	=	Effekt der k-ten Eberlinie (k = 66 [reine Piétrain], 99 [Wechselkreuzung x Piétrain])
$SAULINIE_l$	=	Effekt der l-ten Saulinie (l = Wechselkreuzungssauen der Linien 21, 31, 32)

SCHLACHTTAG <sub>m</sub>	=	Effekt des m-ten Schlachttags (m = 16.2.1998, 2.3.1998, 9.3.1998, 16.3.1998, 23.3.1998, 30.3.1998, 20.4.1998, 27.4.1998, 4.5.1998, 11.5.1998, 18.5.1998, 25.5.1998, 8.6.1998)
ZHGW <sub>ijklm</sub>	=	Effekt des ijklm-ten Zueihältengewichts
e <sub>ijklmn</sub>	=	zufälliger Restfehler

### 3.5.2.3 Endmastversuch mit Ackerbohnen der Ernte 1999

Die Auswertung der erhobenen Daten wurde nach folgenden Modellen durchgeführt:

Modell (4) Mastleistung

$$y_{ijk} = \mu + FM_i + DG_j + FM * DG + ANFALTER_{ij} + e_{ijk}$$

$y_{ijk}$	=	Beobachtungswert
$\mu$	=	Mittelwert aller Tiere
$FM_i$	=	Effekt des i-ten Futtermittels (i = Bohne „Divine“, Bohne „Caspar“, Bohne „Gloria“, Bohne „Scirocco“ und Sojamischung)
$DG_j$	=	Effekt des j-ten Durchgangs (j = 1 ... 4)
$FM * DG$	=	Interaktion Futtermittel * Durchgang
$ANFALTER_{ij}$	=	Kovariable Mastanfangsalter
$e_{ijk}$	=	zufälliger Restfehler

Die Saulinie und die Interaktion von Saulinie x Futtermittel war bei keinem Merkmal von Bedeutung und wurde deshalb nicht in das Modell aufgenommen.

Entsprechend dem Anfangsmastversuch wurden die Merkmale Futteraufnahme, Futterverwertung, Futterkosten und Kosten pro Lebendmassezunahme anhand der Buchtenmittelwerte mit einem Modell untersucht, in welches der Effekt des Futtermittels und des Durchgangs einbezogen wurden, da für diese Merkmale keine Einzeltierdaten vorlagen.

Modell (5) Schlachtleistung

$$y_{ijkl} = \mu + FM_i + DG_j + SCHLACHTTAG_k + ZHGW_{ijk} + e_{ijkl}$$

---

$y_{ijkl}$	=	Beobachtungswert
$\mu$	=	Mittelwert aller Tiere
$FM_i$	=	Effekt des i-ten Futtermittels (i = Bohne „Divine“, Bohne „Caspar“, Bohne „Gloria“, Bohne „Scirocco“ und Sojamischung)
$DG_j$	=	Effekt des j-ten Durchgangs (j = 1 ... 4)
$SCHLACHTTAG_k$	=	Effekt des k-ten Schlachttags (k = 15.5.2000, 29.5.2000, 5.6.2000, 19.6.2000, 26.6.2000, 10.7.2000, 7.8.2000, 11.9.2000, 25.9.2000, 23.10.2000, 13.11.2000, 4.12.2000, 8.1.2000, 22.1.2000, 5.2.2000)
$ZHGW_{ijk}$	=	Effekt des ijk-ten Zuehlfünftengewichts
$e_{ijkl}$	=	zufälliger Restfehler

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Daten zum Anbau der Ackerbohnen in Rellichausen

Die verschiedenen Ackerbohnenarten wurden in Rellichausen auf jeweils einem Hektar nebeneinander angebaut. Im Jahre 1997 stand die Fläche Eichenfeld (Ost), 1998 die Fläche Neuer Kamp (Ost) und 1999 die Fläche Hahneschlag (Nord) zur Verfügung. In Tabelle 15 sind die verschiedenen Arbeitsgänge aufgeführt.

**Tabelle 15: Arbeitsgänge und Energieaufwendungen für den Anbau von Ackerbohnen auf der Versuchswirtschaft Rellichausen**

Arbeitsgang	Arbeitsgeräte	1997	1998	1999
<b>Aussaat-vorbereitung</b>	Pflugfurche, 4-Schar-Volldrehpflug, 25-27 cm tief	10.03.97 88 kW, 0,6 ha/h	26.09.97 88 kW, 0,6 ha/h	12.03.99 88 kW, 0,6 ha/h
<b>Saatbettbereitung</b>	Kreiselegge, 3 m Arbeitsbreite, 8 cm tief	13./14./15.03. 88 kW, 1,0 ha/h	25./26.03. 80 kW, 0,75 ha/h	15./16.03. 80 kW, 0,75 ha/h
<b>Aussaat</b>	Einzelkorndrillmaschine, 45 cm Reihenabstand, 5-6 cm Kornabstand, 6-8 cm Ablagetiefe, 40 Körner/m <sup>2</sup>	13./14./15.03. 37 kW, 0,25 ha/h	25./26.03. 37 kW, 0,33 ha/h	15./16.03. 37 kW, 0,33 ha/h
<b>Pflege</b>	Hackmaschine selbstfahrend	16./20.05. 10 kW, 0,4 ha/h	nicht erforderlich	nicht erforderlich
<b>Ernte</b>	Mähdrescher selbstfahrend, 3,6 m Arbeitsbreite	26./28.08. 67 kW, 0,67 ha/h	09.09. 67 kW, 0,75 ha/h	30.08. 110 kW, 1,0 ha/h (mit 3,9 m Arbeitsbreite)
<b>Trocknung</b>	Betriebseigene Trocknungsanlage	12 h bei 60°C, 2 h Kühlung, bei „Caspar“ plus 10 h Trocknung	16,5 - 24,0 h je nach Sorte bei 60°C, 1 h Kühlung	12 h bei 60°C, 1 h Kühlung

Bei der Trocknung im Jahr 1998 wurde erheblich mehr Energie als in den anderen Jahren aufgewendet, da die Ackerbohnen witterungsbedingt sehr feucht geerntet werden mußten. Die Erträge sind in Tabelle A 1 dargestellt.

In Tabelle 16 sind die im Versuchsjahr 1998 erhobenen Pflanzenparameter der verschiedenen Ackerbohnsorten aufgeführt.

**Tabelle 16: Feldaufgang und Tausendkorngewicht der Ackerbohnen im Anbaujahr 1998**

Ackerbohnen-sorte	Feldaufgang (Pflanzen pro m <sup>2</sup> )	Ertrag (dt/ha)	Anzahl der Hülsen/Pflanze	Anzahl der Samen/Hülse	TKG (g)
<i>weißblühend</i>					
<b>Caspar</b>	32,0	45,2	10	4,2	469
<b>Gloria</b>	37,9	44,2	10	3,7	537
<i>buntblühend</i>					
<b>Alfred</b>	29,7	41,8	13	4,0	544
<b>Scirocco</b>	34,4	46,3	10	3,6	523

Der Feldaufgang lag bei den weißblühenden Pflanzen trotz gleicher Aussaatstärke im Durchschnitt höher als bei den buntblühenden. Die Anzahl an Hülsen/Pflanze und Samen/Hülse war bei weiß- und buntblühenden Sorten gleich. Das Tausendkorngewicht (TKG) lag bei den buntblühenden Sorten im Durchschnitt höher als bei den weißblühenden.

Im Jahr 1999 wurde ebenfalls der Feldaufgang der Ackerbohnen aufgenommen. Bei der Ackerbohne „Gloria“ wurden 5 Pflanzen pro m<sup>2</sup> weniger als im Jahr zuvor und bei der erstmals angebauten Ackerbohne „Divine“ 30 Pflanzen pro m<sup>2</sup> gezählt. Bei den buntblühenden Ackerbohnsorten lag der Feldaufgang der Sorte „Scirocco“ um 4 Pflanzen pro m<sup>2</sup> höher als der der Sorte „Alfred“.

In Tabelle 17 ist der TM-Harvest-Index und der N-Harvest-Index der Ackerbohnsorten aufgeführt. Es treten nur geringe Unterschiede zwischen den einzelnen Sorten auf.

**Tabelle 17: Harvest-Indices (%) der Ackerbohnsorten**

Ackerbohnsorte	TM-Harvest-Index	N-Harvest-Index
<i>weißblühend</i>		
<b>Caspar</b>	51,9	83,6
<b>Gloria</b>	44,5	75,9
<i>buntblühend</i>		
<b>Alfred</b>	37,6	86,7
<b>Scirocco</b>	45,9	85,5

In Tabelle 18 sind die Gehalte aller untersuchten Ackerbohnsorten an Weender Roh Nährstoffen, Stärke und Zucker über die drei Untersuchungsjahre dargestellt. Die Sorte „Gloria“ zeichnete sich durch vergleichsweise hohe Rohproteingehalte aus. Charakteristische Unterschiede zwischen weiß- und buntblühenden Sorten ergaben sich jedoch nicht.

**Tabelle 18: Gehalte an Trockensubstanz (g/kg) und Rohnährstoffen (g/kg T) der Ackerbohnen**

Ernte	BF	Sorte	T	XA	XP	XL	XF	XX	Stärke	Zucker
1997	W	Caspar	877	38	230	21	88	624	488	38
	W	Gloria	868	36	315	17	77	555	456	24
	B	Alfred	874	38	277	16	89	580	464	38
	B	Scirocco	874	36	288	17	104	556	432	27
1997*	W	Caspar	888	36	253	17	113	581	473	30
	B	Scirocco	893	31	274	17	108	570	452	35
1998	W	Caspar	874	42	259	18	113	568	407	52
	W	Gloria	869	43	320	15	93	529	435	47
	B	Alfred	842	43	307	15	107	528	417	48
	B	Scirocco	873	41	306	16	118	519	417	42
1999	B	Divine	891	33	300	15	85	567	463	30
	W	Gloria	891	32	320	7	80	561	461	20
	B	Alfred	888	35	301	10	99	555	449	30
	B	Scirocco	896	31	294	13	118	544	432	38

BF: Blütenfarbe, W: weißblühend, B: buntblühend; \* Hohenlieth

Die analysierten Aminosäuregehalte der Ackerbohnsorten sind in Tabelle 19 aufgelistet. Auch hier traten keine eindeutigen Einflüsse der Blütenfarbe auf.

Inwieweit sich die Arbeitsgänge, der Energieaufwand, der Feldaufgang, das Tausendkorngewicht und die Harvest-Indices (Tabellen 15 bis 17) mit den Gehalten an T und Rohnährstoffen sowie den zootechnischen Parametern direkt in Verbindung bringen lassen, müßte in einer gesonderten Bilanz geklärt werden.

Tabelle 19: Aminosäuregehalte in Ackerbohnsensorten (1. Zeile g/kg T; 2. Zeile g/16 g N)

Tabelle 19: Aminosäuregehalte in Ackerbohnsensorten (1. Zeile g/kg T, 2. Zeile g/16 g N)

Ernte	Sorte	XP	Lys	Met	Cys	Thr	Ile	Leu	His	Phe	Val	Arg	Asp	Ser	Glu	Pro	Gly	Ala
BF		g/kg	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
1997	Caspar	211,4	15,8	1,8	3,3	8,6	9,7	17,2	6,2	10,2	10,8	18,3	24,9	10,9	37,0	8,8	10,5	10,2
w			6,57	0,73	1,36	3,57	4,05	7,14	2,59	4,24	4,49	7,61	10,35	4,54	15,39	3,65	4,35	4,25
1997	Gloria	282,0	20,3	1,8	3,9	10,8	13,6	24,0	8,1	13,9	14,5	29,7	34,9	15,1	50,5	12,4	13,2	12,7
w			6,33	0,56	1,22	3,36	4,24	7,5	2,54	4,35	4,53	9,27	10,89	4,71	15,76	3,88	4,12	3,97
1997	Alfred	254,6	18,2	1,9	3,7	9,9	11,7	20,7	7,3	11,9	12,8	24,6	30,1	13,1	44,9	11,0	12,3	11,4
b			6,30	0,65	1,26	3,43	4,03	7,17	2,52	4,13	4,42	8,49	10,42	4,54	15,51	3,80	4,23	3,92
1997	Scirocco	261,9	18,5	2,1	3,7	10,5	11,6	21,5	7,8	12,3	13,3	25,6	31,3	13,6	46,3	11,0	12,3	12,1
b			6,22	0,69	1,25	3,53	3,91	7,23	2,61	4,14	4,46	8,59	10,51	4,57	15,54	3,70	4,15	4,08
1998	Caspar	227,9	17,1	2,0	3,5	9,3	10,3	18,6	6,6	11,0	11,2	21,1	28,2	12,0	41,5	10,2	11,0	10,5
w			6,62	0,76	1,34	3,58	3,99	7,18	2,54	4,23	4,34	8,15	10,89	4,62	16,03	3,94	4,25	4,04
1998	Gloria	307,0	21,0	2,2	4,1	11,5	14,1	25,3	8,4	14,4	14,7	34,2	38,3	15,9	53,6	13,5	13,7	12,7
w			6,03	0,63	1,19	3,31	4,04	7,26	2,42	4,13	4,21	9,79	10,99	4,55	15,37	3,87	3,92	3,65
1998	Alfred	270,5	19,2	2,0	3,5	10,3	11,7	21,6	7,8	12,4	12,8	27,0	32,0	13,5	46,0	11,2	12,0	11,2
b			6,25	0,65	1,13	3,35	3,82	7,03	2,52	4,03	4,16	8,78	10,43	4,40	14,97	3,64	3,89	3,65
1998	Scirocco	268,9	19,5	2,2	3,8	11,0	11,9	22,2	7,8	12,8	13,1	27,4	33,5	14,2	48,2	12,0	12,5	12,0
b			6,37	0,72	1,26	3,60	3,91	7,26	2,56	4,20	4,30	8,98	10,96	4,66	15,78	3,92	4,10	3,93
1999	Gloria	281,4	20,0	1,8	2,8	10,1	13,2	23,8	7,9	13,5	14,2	31,0	34,2	14,8	53,6	13,2	12,5	12,1
w			6,25	0,57	0,87	3,15	4,11	7,43	2,48	4,22	4,44	9,69	10,68	4,64	16,75	4,13	3,91	3,79

Ernte	Sorte	XP	Lys	Met	Cys	Thr	Ile	Leu	His	Phe	Val	Arg	Asp	Ser	Glu	Pro	Gly	Ala
BF		g/kg	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
1999	Divine	263,7	18,9	1,9	3,0	10,1	12,0	22,2	7,8	12,5	13,6	28,3	31,7	14,0	50,9	12,8	12,4	12,2
b			6,30	0,64	0,99	3,37	4,02	7,41	2,61	4,17	4,53	9,44	10,57	4,66	17,00	4,29	4,15	4,06
1999	Alfred	264,8	19,0	1,9	3,2	9,8	11,8	21,5	7,4	12,3	13,2	27,3	31,2	13,8	48,1	11,9	12,1	11,7
b			6,33	0,64	1,05	3,27	3,92	7,14	2,48	4,08	4,38	9,06	10,38	4,58	15,98	3,97	4,02	3,90
1999	Scirocco	260,8	18,1	1,9	2,5	9,6	11,2	21,0	7,4	11,9	12,9	24,5	29,8	13,3	47,2	11,7	11,6	11,7
b			6,12	0,63	0,86	3,23	3,79	7,07	2,50	4,03	4,35	8,27	10,06	4,48	15,92	3,96	3,91	3,96
n = 12	$\bar{x}$	262,9	6,31	0,66	1,15	3,40	3,99	7,24	2,53	4,16	4,38	8,84	10,59	4,58	15,83	3,90	4,08	3,93
n = 5	$\bar{x}$ w	261,9	6,36	0,65	1,20	3,39	4,09	7,30	2,51	4,23	4,40	8,90	10,76	4,61	15,86	3,89	4,11	3,94
n = 7	$\bar{x}$ b	263,6	6,27	0,66	1,11	3,40	3,91	7,19	2,54	4,11	4,37	8,80	10,48	4,56	15,81	3,90	4,06	3,93
n = 4	$\bar{x}$ 1997	252,5	6,36	0,66	1,27	3,47	4,06	7,26	2,57	4,22	4,48	8,49	10,54	4,59	15,55	3,76	4,21	4,06
n = 4	$\bar{x}$ 1998	268,6	6,32	0,69	1,23	3,46	3,94	7,18	2,51	4,15	4,25	8,93	10,82	4,56	15,54	3,84	4,04	3,82
n = 4	$\bar{x}$ 1999	267,7	6,25	0,62	0,94	3,26	3,96	7,26	2,52	4,13	4,43	9,12	10,42	4,59	16,41	4,09	4,00	3,93
n = 2	$\bar{x}$ Caspar	219,7	6,60	0,75	1,35	3,58	4,02	7,16	2,57	4,24	4,42	7,88	10,62	4,58	15,71	3,80	4,30	4,15
n = 3	$\bar{x}$ Gloria	290,1	6,20	0,59	1,09	3,27	4,13	7,40	2,48	4,23	4,39	9,58	10,85	4,63	15,96	3,96	3,98	3,80
n = 3	$\bar{x}$ Alfred	263,3	6,29	0,65	1,15	3,35	3,92	7,11	2,51	4,08	4,32	8,78	10,41	4,51	15,49	3,80	4,05	3,82
n = 3	$\bar{x}$ Scirocco	263,9	6,24	0,68	1,12	3,45	3,87	7,19	2,56	4,12	4,37	8,61	10,51	4,57	15,75	3,86	4,05	3,99

Werte bezogen auf einen Standardtrockenmassegehalt von 88 %; BF: Blütenfarbe, w: weißblühend, b: buntblühend

1. Zeile: Aminosäuren in 1000 g Ackerbohne (in TM); 2. Zeile und Mittelwerte ( $\bar{x}$ ): Aminosäuren in 100 g Rohprotein (XP) bzw. 16 g N

## 4.2 Stoffwechselfersuche an Schweinen

Die Stoffwechselfersuche umfassen Untersuchungen zum Futterwert von Ackerbohnen und zur Wirkung von DL-Met- oder DL-MHA-Ergänzungen auf den N-Umsatz, die Nährstoffverdaulichkeiten, den Säure-Basen-Status und die Mineralbilanzen von Schweinen.

### 4.2.1 Futterwert der Ackerbohnenarten

#### 4.2.1.1 Ackerbohnen der Ernte 1997 aus Rellichausen (Versuch I)

In Tabelle 20 werden die Trockenmassegehalte und die analysierten Weender Rohnährstoffe der Futtermischungen gezeigt.

**Tabelle 20: Gehalte der Futtermischungen an Trockenmasse (g/kg) und Rohnährstoffen (g/kg T) im Versuch I (Ackerbohnen der Ernte 1997 aus Rellichausen)**

Parameter	Futtermischung				
	Soja	Caspar	Gloria	Alfred	Scirocco
<b>Trockenmasse</b>	914	914	914	914	915
<b>Rohasche</b>	52	53	52	54	53
<b>Rohprotein</b>	207	209	230	222	223
<b>Rohfett</b>	18	19	17	18	15
<b>Rohfaser</b>	59	72	66	70	71
<b>N-freie Extraktstoffe</b>	664	647	634	636	637
<b>Organische Substanz</b>	948	947	948	946	947
<b>Stärke</b>	450	457	447	449	442
<b>Zucker</b>	40	37	42	45	32

Die Rohproteingehalte der Futtermischungen mit „Gloria“, „Alfred“ und „Scirocco“ lagen höher als in der Soja-Vergleichsmischung. Nur die Futtermischung mit „Caspar“ war bezüglich des Rohproteingehalts gut vergleichbar mit der Sojamischung. Alle Mischungen mit Ackerbohnen wiesen höhere Gehalte an Rohfaser und niedrigere Gehalte an NfE als die Sojamischung auf.

Tabelle 21 zeigt die N-Bilanzen der Schweine.

**Tabelle 21: N-Bilanzen der Schweine im Versuch I ( $\bar{x}$ )**

Parameter	Gruppe					S.E.M.
	Soja n = 4	weißblühend		buntblühend		
		Caspar n = 3	Gloria n = 3	Alfred n = 3	Scirocco n = 3	
<b>Aufnahme, g/d</b>	42,4	43,0	47,2	45,4	45,8	0,47
<b>Ausscheidung</b>						
<b>Kot, g/d</b>	7,5	7,8	8,1	9,6	8,9	0,26
<b>% der Aufnahme</b>	17,8	18,2	17,1	21,1	19,4	0,54
<b>Harn, g/d</b>	12,3 <sup>a</sup>	13,5 <sup>ab</sup>	16,1 <sup>b</sup>	14,6 <sup>ab</sup>	14,3 <sup>ab</sup>	0,42
<b>% der Aufnahme</b>	29,0	31,5	34,2	32,1	31,2	0,75
<b>Retention, g/d</b>	22,6	21,6	23,0	21,2	22,6	0,27
<b>% der Aufnahme</b>	53,2	50,3	48,8	46,8	49,4	0,76

a, b = Mittelwerte derselben Zeile mit verschiedenen Hochbuchstaben unterscheiden sich signifikant ( $p \leq 0,05$ );  
S.E.M. = Standard Error Means

Aufgrund der unterschiedlichen Rohproteingehalte in den Futtermischungen und gleicher Mengen verabreichten Futters war die N-Aufnahme der Tiere in den Versuchsgruppen verschieden, allerdings nicht statistisch signifikant unterschiedlich.

Die Tiere, die die Futtermischungen „Soja“, „Caspar“ und „Gloria“ erhalten hatten, schieden vergleichbare Mengen an Kot-Stickstoff aus. Die Futtermischungen mit den Sorten „Alfred“ und „Scirocco“ führten zu den höchsten N-Ausscheidungen über den Kot. Von den Tieren der Sojagruppe wurde signifikant weniger N über den Harn als in der Gruppe mit „Gloria“ ausgeschieden. Die N-Retentionen der mit Ackerbohnen versorgten Schweine lagen - bezogen auf die N-Aufnahmen - tendenziell niedriger als bei der Fütterung der Mischung mit Soja.

In Tabelle 22 werden die Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe und die Gehalte der Futtermischungen an umsetzbarer Energie aufgezeigt.

**Tabelle 22: Verdauungsquotienten (%) und Gehalte der Futtermischungen der Ernte 1997 an umsetzbarer Energie (ME; MJ/kg T) im Versuch I ( $\bar{x}$ )**

Parameter	Gruppe					S.E.M.
	Soja n = 4	weißblühend		buntblühend		
		Caspar n = 3	Gloria n = 3	Alfred n = 3	Scirocco n = 3	
<b>T</b>	82,6	82,1	82,3	80,6	80,8	0,32
<b>XA</b>	49,2	49,9	48,7	49,3	47,8	0,75
<b>XP</b>	82,1	81,4	82,9	78,9	80,5	0,54
<b>XL</b>	41,6	47,8	39,1	47,5	28,8	2,58
<b>XF</b>	30,6	30,5	31,7	29,0	27,9	0,86
<b>XX</b>	91,1	91,8	91,3	90,5	90,7	0,18
<b>OS</b>	84,4	84,0	84,2	82,4	82,6	0,31
<b>BFS</b>	133 <sup>c</sup>	121 <sup>bc</sup>	111 <sup>ab</sup>	102 <sup>a</sup>	124 <sup>bc</sup>	3,18
<b>ME* Futter</b>	<b>14,23</b>	<b>14,24</b>	<b>14,40</b>	<b>14,13</b>	<b>13,97</b>	0,05

a, b, c = Mittelwerte derselben Zeile mit verschiedenen Hochbuchstaben unterscheiden sich signifikant ( $p \leq 0,05$ );  
\* BFS korrigiert; S.E.M. = Standard Error Means

Die Verdaulichkeiten der Trockenmasse lagen bei mindestens 80 %. Das Rohprotein war in den Versuchsmischungen mit den buntblühenden Ackerbohnsorten „Alfred“ und „Scirocco“ niedriger, in der Mischung mit „Gloria“ am höchsten verdaulich. Auch die Rohfaser (XF) der Mischungen mit „Alfred“ und „Scirocco“ wurde niedrig verdaut. Für die N-freien Extraktstoffe (XX) und die Organische Substanz (OS) lagen die Verdaulichkeiten der Mischungen mit den buntblühenden Sorten am niedrigsten. Signifikante Unterschiede traten jedoch nicht auf. Die Gehalte an BFS zeigten mit „Alfred“ und „Gloria“ signifikant niedrigere Werte als in der Sojagruppe. „Alfred“ unterschied sich auch signifikant von „Caspar“ und „Scirocco“.

Die aus den verdaulichen Nährstoffen berechneten Gehalte an umsetzbarer Energie (ME) wichen in der Mischung mit „Alfred“ und „Scirocco“ im Vergleich zu den übrigen Mischungen nach unten ab.

In Tabelle 23 sind die partiellen Verdaulichkeiten und ME-Gehalte der Ackerbohnen dargestellt.

**Tabelle 23: Partielle Verdaulichkeiten (%) und Gehalte der Ackerbohnen an umsetzbarer Energie (ME; MJ/kg T) im Versuch I ( $\bar{x}$ ; n = 3)**

Parameter	Ackerbohne				S.E.M.
	weißblühend		buntblühend		
	Caspar	Gloria	Alfred	Scirocco	
<b>XA</b>	51	47	50	44	3,25
<b>XP</b>	80 <sup>ab</sup>	85 <sup>b</sup>	72 <sup>a</sup>	77 <sup>ab</sup>	2,13
<b>XL</b>	60 <sup>b</sup>	58 <sup>b</sup>	64 <sup>b</sup>	25 <sup>a</sup>	5,89
<b>XF</b>	30	34	26	23	2,36
<b>XX</b>	93	92	89	90	0,88
<b>OS</b>	83	83	76	77	1,47
<b>BFS</b>	83 <sup>b</sup>	57 <sup>ab</sup>	37 <sup>a</sup>	63 <sup>ab</sup>	7,28
<b>ME Ackerbohne</b>	<b>14,67<sup>ab</sup></b>	<b>15,08<sup>b</sup></b>	<b>13,69<sup>a</sup></b>	<b>13,67<sup>a</sup></b>	0,26

a, b = Mittelwerte derselben Zeile mit verschiedenen Hochbuchstaben unterscheiden sich signifikant ( $p \leq 0,05$ ); S.E.M. = Standard Error Means

Nach der Differenzbewertung ergaben sich besonders niedrige partielle Verdaulichkeiten für Rohprotein aus „Alfred“ und für Rohfett aus „Scirocco“, während sich „Gloria“ durch relativ hohe Rohproteinverdaulichkeiten heraus hob. Entsprechend wiesen die Sorte „Gloria“ die höchsten und die beiden buntblühenden Sorten die niedrigsten Gehalte an umsetzbarer Energie auf.

#### 4.2.1.2 Ackerbohnen der Ernte 1997 aus Hohenlieth (Versuch II)

Die analysierten Trockenmasse- und Rohnährstoffgehalte der Futtermischungen sind in Tabelle 24 aufgeführt.

**Tabelle 24: Gehalte der Futtermischungen an Trockenmasse (g/kg) und Rohnährstoffen (g/kg T) im Versuch II (Ackerbohnen der Ernte 1997 aus Hohenlieth)**

Parameter	Futtermischung		
	Soja	Caspar	Scirocco
<b>Trockenmasse</b>	912	912	912
<b>Rohasche</b>	49	50	48
<b>Rohprotein</b>	185	188	191
<b>Rohfett</b>	19	18	18
<b>Rohfaser</b>	53	71	67
<b>N-freie Extraktstoffe</b>	694	673	677
<b>Organische Substanz</b>	951	950	952
<b>Stärke</b>	492	490	485
<b>Zucker</b>	45	41	40

Der Austausch von einem Viertel der Grundmischung durch Ackerbohnen führte zu annähernd vergleichbaren Rohproteingehalten aller drei Futtermischungen. Allerdings wiesen auch hier die Futtermischungen mit Ackerbohnen etwas höhere Rohfaser- und niedrigere NfE-Gehalte als die Sojamischung auf.

Aus Tabelle 25 gehen die N-Bilanzen der Schweine hervor.

**Tabelle 25: N-Bilanzen der Schweine im Versuch II ( $\bar{x}$ )**

Parameter	Gruppe			S.E.M.
	Soja (n = 3)	Caspar (n = 4)	Scirocco (n = 3)	
<b>Aufnahme, g/d</b>	54,0	52,8	57,6	1,04
<b>Ausscheidung</b>				
<b>Kot, g/d</b>	9,0	10,4	11,5	0,44
<b>% der Aufnahme</b>	16,7	19,7	20,0	0,79
<b>Harn, g/d</b>	18,4	17,2	20,6	0,66
<b>% der Aufnahme</b>	34,1	32,8	35,8	1,01
<b>Retention, g/d</b>	26,6	25,2	25,4	0,82
<b>% der Aufnahme</b>	49,2	47,5	44,2	1,11

keine Signifikanzen

Trotz restriktiver Futterzuteilung traten in den Ackerbohnen Gruppen Futterreste auf, die die Variation der N-Aufnahmen bedingten. Aufgrund zu hoher Futterreste wurde ein Schwein der Gruppe „Scirocco“ nicht mit in die Auswertung einbezogen. Bei Verabreichung der

Ackerbohnenmischungen wurde nur tendenziell mehr Kotstickstoff ausgeschieden. Die Harn-N-Ausscheidungen stiegen dagegen mit „Scirocco“ signifikant an. Die N-Retentionen unterschieden sich zwischen den Versuchsgruppen nicht.

Die Verdaulichkeiten der Trockensubstanz und der Rohnährstoffe sowie die Gehalte an umsetzbarer Energie gehen aus Tabelle 26 hervor.

**Tabelle 26: Verdauungsquotienten (%) und Gehalte der Futtermischungen der Ernte 1997 aus Hohenlieth an umsetzbarer Energie (ME; MJ/kg T) im Versuch II ( $\bar{x}$ )**

Parameter	Gruppe			S.E.M.
	Soja (n = 3)	Caspar (n = 4)	Scirocco (n = 3)	
<b>T</b>	81,9	81,5	81,3	0,42
<b>XA</b>	41,9	45,7	43,8	1,46
<b>XP</b>	83,3	80,1	79,2	0,86
<b>XL</b>	38,5	39,3	38,1	1,84
<b>XF</b>	19,3	26,8	24,8	1,55
<b>XX</b>	90,2	91,2	91,3	0,29
<b>OS</b>	84,0	83,3	83,2	0,39
<b>BFS</b>	100	102	110	2,76
<b>ME Futter</b>	<b>14,35</b>	<b>14,17</b>	<b>14,15</b>	0,06

keine Signifikanzen

Es traten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen auf. Die Mischungen mit den Ackerbohnen bewirkten tendenziell höhere XF-Verdaulichkeiten als die Sojamischung. Die ME-Gehalte der Mischungen wurden durch das Einmischen der Ackerbohnen nur wenig beeinflusst.

Die partiellen Verdauungsquotienten der Nährstoffe lagen für die Sorte „Scirocco“ niedriger als für „Caspar“ (siehe Tabelle 27). Signifikante Unterschiede zwischen den beiden Bohnensorten ergaben sich jedoch nicht.

**Tabelle 27: Partielle Verdaulichkeiten (%) und Gehalte der Ackerbohnen der Ernte 1997 aus Hohenlieth an umsetzbarer Energie (ME; MJ/kg T) im Versuch II ( $\bar{x}$ )**

Parameter	Ackerbohne		S.E.M.
	Caspar (n = 4)	Scirocco (n = 3)	
<b>XA</b>	56	50	6,92
<b>XP</b>	71	68	2,91
<b>XL</b>	51	38	4,79
<b>XF</b>	36	33	3,02
<b>XX</b>	95	91	0,91
<b>OS</b>	81	81	1,85
<b>BFS</b>	87	68	7,53
<b>ME Ackerbohne</b>	<b>14,07</b>	<b>13,57</b>	0,29

keine Signifikanzen; S.E.M. = Standard Error Means

#### 4.2.1.3 Ackerbohne „Divine“ der Ernte 1999 (Versuch III)

Die Ackerbohnenart „Divine“ wurde 1999 in Relliehausen angebaut und zur Ermittlung des Futterwertes im Stoffwechselforschung III eingesetzt. Methionin wurde entweder als DL-Methionin (DL-Met) oder DL-Methionin-Hydroxy-Analog (MHA) ergänzt.

In Tabelle 28 sind die Gehalte an Trockensubstanz und Weender Rohstoffen in den Futtermischungen aufgeführt.

**Tabelle 28: Gehalte der Futtermischungen an Trockenmasse (g/kg), Rohnährstoffen (g/kg T) und Mineralstoffen (g/kg T) im Versuch III (Ackerbohnen der Ernte 1999 aus Rellichausen)**

Parameter	Gruppe		
	Soja	Ackerbohnenmischung	
		DL-Met	DL-MHA
<b>Trockenmasse</b>	883	885	885
<b>Rohasche</b>	45	44	46
<b>Rohprotein</b>	166	187	188
<b>Rohfett</b>	50	42	46
<b>Rohfaser</b>	51	61	62
<b>ADF</b>	54	75	72
<b>NDF</b>	143	156	149
<b>N-freie Extraktstoffe</b>	688	666	658
<b>Organische Substanz</b>	955	956	954
<b>Stärke</b>	480	450	448
<b>Zucker</b>	33	28	33
<b>Natrium</b>	1,9	1,7	1,7
<b>Kalium</b>	6,5	8,2	8,2
<b>Calcium</b>	9,0	8,5	8,5
<b>Phosphor</b>	5,5	5,7	5,7
<b>Chlorid</b>	3,6	3,3	3,2
<b>Gesamt-Schwefel</b>	1,9	2,0	2,0

Die Gehalte an Rohprotein und Rohfaser bzw. saurer Detergentienfaser (ADF) waren in der Futtermischung mit „Divine“ gegenüber der Sojamischung erhöht und der Gehalt an N-freien Extraktstoffen entsprechend vermindert. Die übrigen Rohnährstoffe wiesen wie auch die in Tabelle 29 gezeigten Aminosäuregehalte vergleichbare Werte in den Futtermischungen auf.

**Tabelle 29: Analytierte Aminosäuregehalte der Futtermischungen im Versuch III (g/kg T)**

Aminosäure	Sojamischung	Ackerbohnenmischungen	
		DL-Met	DL-MHA
Lys	12,38	12,91	12,50
Met	2,56*	2,44*	2,44*
Cys	3,57	3,60	3,44
Thr	8,05	8,76	8,17
Trp <sup>+</sup>	2,22	2,32	2,32
Ile	7,67	8,32	8,14
Leu	13,11	14,62	14,36
His	5,13	5,51	5,34
Tyr	5,38	6,30	6,10
Phe	8,57	9,78	9,47
Val	10,38	11,02	10,69
<b>Σ EAS</b>	<b>79,02</b>	<b>85,58</b>	<b>82,97</b>
Arg	9,25	13,72	13,35
Asp	12,86	18,09	17,71
Ser	8,06	9,87	9,77
Glu	39,14	43,17	42,56
Pro	14,06	13,57	12,84
Gly	7,02	8,56	8,39
Ala	6,67	8,17	7,96
<b>Σ NEAS</b>	<b>97,06</b>	<b>115,15</b>	<b>112,58</b>

<sup>+</sup> Tabellenwerte

\* natives Methionin; Ergänzungen: Sojamischung + 1,47 DL-Met  
Ackerbohnenmischung + 1,68 DL-Met  
oder + 1,71 DL-MHA

Der Vergleich mit dem idealen Protein (ROTH et al. 1993, modifiziert nach WANG & FULLER 1989) zeigt, daß die anzustrebenden Relationen zwischen den essentiellen Aminosäuren in den drei Futtermischungen weitgehend erreicht wurden. Allenfalls in der Sojamischung könnte ein geringes Defizit an Leucin und Tryptophan vorgelegen haben.

**Tabelle 30: Relationen der Gehalte an essentiellen Aminosäuren in den Versuchsmischungen im Vergleich zum idealen Protein**

Gruppe	Lys	Met + Cys	Thr	Trp	Ile	Leu	His	Val
<b>Ideales Protein nach WANG &amp; FULLER (1989)</b>	<b>100</b>	<b>60</b>	<b>66</b>	<b>19</b>	<b>60</b>	<b>111</b>	<b>39</b>	<b>75</b>
<b>Soja</b>	100	61	65	18	62	106	41	84
<b>DL-Met</b>	100	60	68	18	64	113	43	85
<b>DL-MHA</b>	100	60	65	19	65	115	43	86

Die Ergebnisse der N-Bilanzen der Schweine gehen aus Tabelle 31 hervor.

**Tabelle 31: N-Bilanzen der Schweine im Versuch III (g N/Tier d,  $\bar{x}$ , n = 4)**

Parameter	Sojamischung	Ackerbohnemischungen		S.E.M.
		DL-Met	DL-MHA	
<b>Aufnahme</b>	33,3 <sup>a</sup>	37,8 <sup>b</sup>	38,4 <sup>b</sup>	0,77
<b>Ausscheidung</b>				
<b>Kot</b>	7,0 <sup>a</sup>	8,8 <sup>ab</sup>	8,9 <sup>b</sup>	0,42
<b>Harn</b>	6,7 <sup>a</sup>	10,1 <sup>b</sup>	9,0 <sup>b</sup>	0,48
<b>Retention</b>	19,7	18,9	20,5	0,39

a, b = Mittelwerte derselben Zeile mit verschiedenen Hochbuchstaben unterscheiden sich signifikant ( $p < 0,05$ ); S.E.M. = Standard Error Means

Die mit den Ackerbohnemischungen versorgten Schweine nahmen signifikant mehr Futterstickstoff als die Tiere der Sojagruppe auf, schieden aber nur tendenziell mehr Kot-Stickstoff aus. Dagegen stiegen die N-Ausscheidungen über den Harn mit der Verabreichung der Ackerbohnemischungen deutlich an, bei Ergänzung mit DL-MHA allerdings weniger stark als bei Ergänzung mit DL-Met. Die N-Retention erreichte in der DL-MHA-ergänzten Gruppe den höchsten, mit  $p < 0,05$  allerdings nicht absicherbaren Wert. Der absolute tägliche Gesamt-N-Ansatz der Schweine erreichte in der Sojagruppe durchschnittlich 19,7 g und in den Gruppen mit Ackerbohnen 18,9 g (DL-Met) bzw. 20,5 g (DL-MHA). Dies entsprach Rohproteinansatzwerten von 118 - 128 g/Tag. Mit 59 % (Soja), 50 % (DL-Met) bzw. 53 % (DL-MHA) wurde der Futterstickstoff sehr effizient für den Ansatz im Tier verwertet.

Die Verdaulichkeiten der Trockensubstanz und Rohnährstoffe sowie die Gehalte der Futtermischungen an bakteriell fermentierbarer Substanz und an umsetzbarer Energie sind in Tabelle 32 aufgezeigt.

**Tabelle 32: Verdauungsquotienten (%), Gehalte an bakteriell fermentierbarer Substanz (BFS) und an umsetzbarer Energie (ME; MJ/kg T) in den Futtermischungen im Versuch III ( $\bar{x}$ )**

Parameter	Soja	Gruppe		S.E.M.
		DL-Met	Divine DL-MHA	
<b>T</b>	81,5	79,9	80,8	0,46
<b>XA</b>	44,1	42,6	45,6	1,12
<b>XP</b>	79,0	76,8	76,9	0,81
<b>XL</b>	75,2	76,5	74,2	0,94
<b>XF</b>	21,2	20,6	26,9	1,85
<b>XX</b>	89,5	89,0	89,7	0,23
<b>OS</b>	83,3	81,7	82,4	0,44
<b>BFS (g/kg T)</b>	114 <sup>a</sup>	122 <sup>ab</sup>	131 <sup>b</sup>	2,95
<b>ME<sub>BFS</sub> Futter</b>	<b>14,74</b>	<b>14,42</b>	<b>14,46</b>	0,07

a, b = Mittelwerte derselben Zeile mit verschiedenen Hochbuchstaben unterscheiden sich signifikant ( $p \leq 0,05$ ); S.E.M. = Standard Error Means

Es traten keine signifikanten Unterschiede in den Verdauungsquotienten zwischen den Versuchsgruppe auf. Der Austausch von 25% der Sojamischung durch Ackerbohnen führte nur andeutungsweise zu verminderten Verdaulichkeiten des Rohproteins. Die höhere Verdaulichkeit der Rohfaser in Verbindung mit der DL-MHA-ergänzten Ackerbohnenmischung ließ sich statistisch nicht absichern. Die Gehalte an bakteriell fermentierbarer Substanz lagen in der Sojamischung niedriger als in den Ackerbohnenmischungen, der Unterschied zwischen der Sojamischung und der DL-MHA-ergänzten Ackerbohnenmischung war signifikant. Die Ackerbohnenmischungen wiesen nur tendenziell etwas niedrigere ME-Gehalte auf.

Die partiellen Verdaulichkeiten der Nährstoffe sind in Tabelle 33 dargestellt.

Signifikante Unterschiede zwischen den Methioninergänzungen durch DL-Met oder DL-MHA ergaben sich nicht. Für die Ackerbohnen Sorte „Divine“ wurde ein Gehalt an umsetzbarer Energie von 14 MJ/kg T festgestellt.

**Tabelle 33: Partielle Verdaulichkeiten (%) und Gehalte der Ackerbohne an umsetzbarer Energie (ME; MJ/kg T) im Versuch III**

Parameter	Gruppe		S.E.M.
	DL-Met	DL-MHA	
XA	38	50	6,28
XP	73	73	3,17
XL	84	69	8,73
XF	20	36	6,15
XX	88	91	1,27
OS	77	80	2,18
BFS	15	47	11,36
<b>ME* Ackerbohne</b>	<b>13,76</b>	<b>14,19</b>	<b>0,40</b>

Keine Signifikanzen; \* BFS korrigiert; S.E.M.: Standard Error Means

### Mineralstoffbilanzen

Im Vergleich zur Sojagruppe nahmen die mit den Ackerbohnenmischungen versorgten Schweine mehr Phosphor und Kalium und weniger Natrium (Tabelle 34) auf. Die Calciumausscheidung über den Kot belief sich in der Soja- und DL-MHA-Gruppe auf 47 bzw. 46 %, in der DL-Met-Gruppe dagegen auf 52 % der Calciumaufnahmen. Von den Schweinen der Sojagruppe wurden 55 %, in der DL-MHA-Gruppe 57 % und in der DL-Met-Gruppe 61 % des verzehrten Phosphors über den Kot ausgeschieden. Die über den Kot ausgeschiedenen Kaliummengen lagen bei den mit Ackerbohnen versorgten Schweinen höher und die Natriumausscheidung niedriger als in der Sojagruppe. Die Ackerbohnenmischungen bewirkten im Vergleich zur Sojamischung niedrigere renale Calcium- und höhere renale Kalium-, tendenziell auch höhere Natriumausscheidungen der Schweine. Die renalen Phosphorausscheidungen lagen extrem niedrig. Die von den Schweinen retinierten Calcium- und Phosphormengen unterschieden sich zwischen den Versuchsgruppen nicht signifikant.

Im Durchschnitt der Gruppen wurden 44 % und 42 % des verzehrten Calciums bzw. Phosphors im Körper der Schweine retiniert. Die Natriumretention (30 %) verminderte sich nach Verabreichung der Ackerbohnenmischungen, während die Kaliumretention (34 %) nur in Bezug auf die verzehrten Mengen abnahm. Beim Vergleich der beiden Gruppen mit Ackerbohnen fällt auf, daß die mit DL-Met ergänztem Futter versorgten Tiere im Vergleich zur Ergänzung mit DL-MHA zu niedrigeren Mineralstoffretentionen tendierten.

Tabelle 34: Mineralstoffbilanzen der Schweine (n = 4)

Mineralstoff/ Parameter	Soja (Kontrolle)	Ackerbohnen		S.E.M.
		DL-Met	DL-MHA	
<b><u>Calcium</u></b>				
Aufnahme (g/Tier u. Tag)	11,27	10,73	10,87	0,12
Kot (%)	46,5 <sup>a</sup>	54,5 <sup>b</sup>	51,4 <sup>ab</sup>	1,61
Harn (%)	8,1 <sup>b</sup>	6,2 <sup>a</sup>	5,9 <sup>a</sup>	0,41
Retention (%)	45,4	39,3	42,7	1,48
<b><u>Phosphor</u></b>				
Aufnahme (g/Tier u. Tag)	6,89 <sup>a</sup>	7,20 <sup>ab</sup>	7,29 <sup>b</sup>	0,08
Kot (%)	55,1	60,5	56,6	1,35
Harn (%)	0,5	0,5	0,6	0,06
Retention (%)	44,4	39,0	42,7	1,34
<b><u>Natrium</u></b>				
Aufnahme (g/Tier u. Tag)	2,43 <sup>b</sup>	2,12 <sup>a</sup>	2,15 <sup>a</sup>	0,05
Kot (%)	34,3	32,3	30,0	2,23
Harn (%)	35,3 <sup>a</sup>	50,6 <sup>b</sup>	47,1 <sup>ab</sup>	3,02
Retention (%)	30,4 <sup>a</sup>	17,1 <sup>b</sup>	22,9 <sup>ab</sup>	2,61
<b><u>Kalium</u></b>				
Aufnahme (g/Tier u. Tag)	8,16 <sup>a</sup>	10,33 <sup>b</sup>	10,49 <sup>b</sup>	0,33
Kot (%)	22,3	23,4 <sup>b</sup>	22,4	0,78
Harn (%)	44,1 <sup>a</sup>	52,3 <sup>b</sup>	49,7 <sup>b</sup>	1,29
Retention (%)	33,6 <sup>a</sup>	24,3 <sup>b</sup>	27,9 <sup>b</sup>	1,45

a, b = Mittelwerte derselben Zeile mit verschiedenen Hochbuchstaben unterscheiden sich signifikant ( $p < 0,05$ );  
S.E.M. = Standard Error Means

### Säure-Basen-Status

Die Pufferkapazität (BC) und die Elektrolytbilanzen (EB) der Futtermischungen sowie die Daten zum Säure-Basen-Status des Harns der Schweine sind in Tabelle 35 aufgezeigt.

**Tabelle 35: Pufferkapazität (BC) und Elektrolytbilanz (EB) des Futters sowie Säure-Basen-Status des Harns der Schweine ( $\bar{x}$ , n = 4)**

Parameter	Soja	Gruppe		S.E.M.
		DL-Met	DL-MHA	
BC (meq/kg)	655	675	660	÷
EB = Na+K-Cl (meq/kg)	136	188	188	÷
Harnmenge (ml/Tier u. Tag)	1979	1753	1856	69
pH-Wert	8,08	8,27	8,16	0,06
Alkalität (meq. HCl/l)	55,5 <sup>a</sup>	85,0 <sup>b</sup>	91,6 <sup>b</sup>	5,77
Acidität (meq. NaOH/l)	40,0 <sup>a</sup>	54,7 <sup>b</sup>	54,9 <sup>b</sup>	3,09
NSBA (meq/l)	15,5 <sup>a</sup>	30,3 <sup>ab</sup>	36,7 <sup>b</sup>	4,03

a, b = Mittelwerte derselben Zeile mit verschiedenen Hochbuchstaben unterscheiden sich signifikant ( $p \leq 0,05$ ), S.E.M. = Standard Error Means

In der Futtermischung mit DL-Met-Ergänzung lag die Pufferkapazität etwas höher als in den übrigen Futtermischungen. Der Austausch von einem Viertel der Sojamischung gegen Ackerbohnen führte infolge des hohen Kaliumgehalts der Bohnen zu höherer Elektrolytbilanz. Die durchschnittlichen Harnmengen pro Tier und Tag unterschieden sich zwischen den Versuchsgruppen nicht. Die pH-Werte der Harnproben lagen deutlich im alkalischen Bereich. Nach Fütterung der Ackerbohnenmischungen stiegen die alkalischen Titrationsäquivalente (Alkalität) stärker als die sauren Titrationsäquivalente (Acidität) an. Entsprechend fiel die Netto-Säure-Basen-Ausscheidung (NSBA) mit den Ackerbohnenmischungen signifikant höher aus.

## 4.2.2 Fütterungsversuche

### 4.2.2.1 Anfangsmast mit Ackerbohnen der Ernte 1998

Im Anfangsmastversuch wurden insgesamt 226 Schweine im Gewichtsabschnitt von 30 – 60 kg Lebendmasse in Reliehäusern gefüttert. In vier Durchgängen kamen 107 männliche kastrierte und 119 weibliche Schweine zum Einsatz. Die analysierten Roh Nährstoffe der Futtermischungen sind in Tabelle 36 aufgeführt. In der Tabelle A 11 sind alle analysierten Aminosäuren dargestellt. Es wurden gut übereinstimmende Gehalte an Weender Roh Nährstoffen und den wichtigsten essentiellen Aminosäuren zwischen den fünf Futtermischungen festgestellt. Lediglich für Lysin und Threonin lagen die Gehalte der Mischung mit Soja niedriger als in den übrigen Gruppen.

**Tabelle 36: Gehalte der Futtermischungen an Trockenmasse (g/kg), Rohnährstoffen (g/kg T) und Aminosäuren (g/kg T) (Anfangsmast mit Ackerbohnen der Ernte 1998)**

Parameter	Futtermischung				
	Caspar	Gloria	Alfred	Scirocco	Soja
<b>Trockenmasse</b>	901	899	897	904	903
<b>Rohasche</b>	41	40	40	42	43
<b>Rohprotein</b>	198	198	197	197	189
<b>Rohfett</b>	28	22	33	33	27
<b>Rohfaser</b>	49	53	54	51	48
<b>N-freie Extraktstoffe</b>	694	676	684	687	677
<b>Organische Substanz</b>	957	960	959	960	958
<b>Methionin</b>	3,6	3,3	3,4	3,6	3,4
<b>Cystin</b>	3,3	3,3	3,3	3,3	3,6
<b>Lysin</b>	11,6	10,7	11,4	11,5	10,5
<b>Threonin</b>	7,7	7,2	7,6	7,7	7,1

Die Merkmale der Mastleistung wurden nach Modell (1) ausgewertet. In Tabelle 37 sind die Ergebnisse der Varianzanalyse dargestellt. In der Tabelle A 12 sind die Rohmittelwerte mit Standardabweichung über alle Versuchstiere aufgezeigt.

**Tabelle 37: Ergebnisse der Varianzanalyse für die Merkmale der Mastleistung in der Anfangsmast**

Merkmal	FM	DG	Eberlinie	Saulinie	FM * Saulinie	Anfangsalter	r <sup>2</sup> (%)
Endgewicht, kg	n.s.	n.s.	**	n.s.	**	n.s.	27,2
Gewichtszunahme, kg	n.s.	n.s.	**	n.s.	***	n.s.	29,2
Versuchstage, d	**	n.s.	n.s.	**	***	**	40,9
Tägl. Zunahme, g/d	n.s.	n.s.	**	*	n.s.	n.s.	25,4
Merkmal	FM	DG	Geschlecht				
Futteraufnahme, g/d	n.s.	n.s.	n.s.	÷	÷	÷	19,6
Futterverwertung, kg/kg	n.s.	n.s.	n.s.	÷	÷	÷	26,3
Futterkosten, DM	n.s.	n.s.	n.s.	÷	÷	÷	21,9
Futterkosten/L MZ, DM	n.s.	n.s.	n.s.	÷	÷	÷	31,5

n.s. = nicht signifikant; \* =  $p \leq 0,05$ ; \*\* =  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* =  $p \leq 0,001$

Der Effekt **Futtermittel (FM)** wirkte sich hoch signifikant auf die Versuchstage aus. Der **Durchgang (DG)** hatte keinen signifikanten Einfluß auf die Merkmale der Mastleistung.

Der Effekt **Eberlinie** beeinflusste das Endgewicht, die Gewichtszunahme und die tägliche Zunahme signifikant. Bei der **Saulinie** wurde ein signifikanter Einfluß bei den Versuchstagen und bei der täglichen Zunahme festgestellt. Bei den täglichen Zunahmen ergab sich keine Interaktion **FM\*Saulinie**. Bei allen anderen Merkmalen lagen jedoch hoch signifikante Interaktionen zwischen FM und Saulinie vor. Die Kovariable **Anfangsalter** hatte nur einen signifikanten Einfluß auf die Versuchstage. Das Bestimmtheitsmaß ( $r^2$ ) der verschiedenen Merkmale lag zwischen 19,6 und 40,9 %.

Die Merkmale der Mastleistung gehen aus Tabelle 38 hervor.

**Tabelle 38: Merkmale der Mastleistung von Schweinen in der Anfangsmast (30 - 60 kg LM) (Mittelwerte und Standardfehler)**

Merkmal	Futtermischung									
	Caspar		Gloria		Alfred		Scirocco		Soja	
	n = 46		n = 43		n = 46		n = 45		n = 46	
	LSM	SE	LSM	SE	LSM	SE	LSM	SE	LSM	SE
<b>Endgewicht, kg</b>	63,0	0,8	61,9	1,2	62,7	0,9	62,5	0,9	61,3	0,9
<b>Gewichtszunahme, kg</b>	33,0	0,8	31,7	1,2	32,3	0,8	32,4	0,9	31,5	0,9
<b>Versuchstage, d</b>	50	0,5	47	0,7	49	0,5	49	0,6	48	0,6
<b>Tägl. Zunahme, g/d</b>	662	15	670	23	660	16	668	18	663	17
<b><math>\bar{x}</math> Gruppe</b>	n = 8		n = 8		n = 8		n = 8		n = 8	
<b>Futteraufnahme, kg</b>	97,2	7,2	94,0	9,4	97,9	7,5	92,9	6,7	91,7	6,6
<b>Futterverwertung, kg/kg</b>	3,09	0,23	2,99	0,22	3,11	0,28	3,12	0,26	3,00	0,19
<b>Futterkosten, DM</b>	33,22	2,46	31,30	3,12	33,50	2,52	31,37	2,23	32,02	2,28
<b>Futterkosten/LMZ, DM</b>	1,03	0,04	0,99	0,07	1,08	0,11	1,05	0,08	1,07	0,11

Es traten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen bei den Gewichtszunahmen auf. Allerdings lagen die täglichen Zunahmen auf einem nur mittleren Niveau. Die Unterschiede in den Versuchstagen sind allein versuchsorganisatorisch begründet. Auch der Futterraufwand pro kg Lebendmassezunahme (LMZ) unterschied sich zwischen den Versuchsgruppen nicht wesentlich.

Zur Berechnung der Futterkosten wurden die marktüblichen Preise aller Futterkomponenten (auch für die vom Versuchsgut stammenden Ackerbohnen und für das Getreide) zum Zeitpunkt des Mastversuchs eingesetzt. Es ergab sich ein maximaler Unterschied von 9 Pfg/kg Lebendmassezuwachs. Die niedrigsten Werte für die Mischungen mit „Gloria“ und „Scirocco“ beruhten auf den vergleichsweise hohen Rohproteingehalten dieser Ackerbohnsorten, der Einsparungen bei relativ teurem Blutmehl, darüberhinaus auch günstigeren Verhältnissen von Gerste zu Weizen.

Die Effekte der Futtermischungen (FM) wurden außerdem mittels linearer Kontraste untersucht. Für die folgenden Kontraste ergaben sich jedoch keine Signifikanzen:

- Futtermischungen mit Ackerbohnen gegen Sojamischung
- Futtermischungen mit weißblühenden Ackerbohnen gegen buntblühende Ackerbohnen

- Futtermischungen verschiedener Ackerbohnsorten gegeneinander.

Bei der statistischen Auswertung der ebenfalls erhobenen Schlachtdaten der Versuchstiere zeigte sich in keinem Merkmal ein signifikanter Einfluß des Futtermittels.

#### 4.2.2.2 Endmast mit Ackerbohnen der Ernte 1997

In Tabelle 39 sind die Mittelwerte der analysierten Roh Nährstoffe aus Futterproben, die bei den drei Mischvorgängen in Relliehausen gezogen wurden, aufgezeigt.

**Tabelle 39: Gehalte der Futtermischungen an Trockenmasse (g/kg), Roh Nährstoffen (g/kg T) und Aminosäuren (g/kg T) (Endmast mit Ackerbohnen der Ernte 1997)**

Parameter	Futtermischung				
	Caspar	Gloria	Alfred	Scirocco	Soja
<b>Trockenmasse</b>	907	907	907	906	909
<b>Rohasche</b>	45	44	41	44	48
<b>Rohprotein</b>	182	190	174	181	179
<b>Rohfett</b>	19	18	18	17	17
<b>Rohfaser</b>	52	51	54	55	40
<b>N-freie Extraktstoffe</b>	702	699	712	703	716
<b>Organische Substanz</b>	955	956	959	956	953
<b>Methionin</b>	3,2	2,9	3,0	3,1	3,0
<b>Cystin</b>	3,0	2,9	2,9	3,0	3,1
<b>Lysin</b>	10,2	9,5	10,1	10,2	9,3
<b>Threonin</b>	6,8	6,4	6,7	6,8	6,3

Die Futtermischung mit „Alfred“ wies niedrigere und die Futtermischung mit „Gloria“ höhere Rohproteingehalte als die übrigen Mischungen auf. Außerdem enthielten die Futtermischungen mit Ackerbohnen höhere Mengen an Rohfaser als die Sojamischung. Bei den Aminosäuren lagen die Gehalte für Lysin und Threonin der Mischungen mit „Soja“ und der Ackerbohne „Gloria“ niedriger als in den übrigen Gruppen.

Die Schweine wurden bis zu einem Gewicht von 60 kg Lebendmasse einheitlich gefüttert.

#### Ergebnisse der Mastleistung

Die Merkmale der Mastleistung wurden nach Modell (2) ausgewertet. Die Ergebnisse der Varianzanalyse für die Merkmale der Mastleistung sind in Tabelle 40 aufgelistet.

**Tabelle 40: Ergebnisse der Varianzanalyse für die Merkmale der Mastleistung (n = 180)**

Merkmal	FM	DG	Eberlinie	Saulinie	FM * Saulinie	Anfangs- alter	r <sup>2</sup> (%)
<b>Gewichtszunahme, kg</b>	n.s.	n.s.	*	*	n.s.	**	19,3
<b>Tägl. Zunahme, g/d</b>	n.s.	**	**	*	n.s.	*	30,3
Merkmal	FM	DG					
<b>Futteraufnahme, kg</b>	n.s.	*	÷	÷	÷	÷	47,6
<b>Futterverwertung, kg/kg</b>	n.s.	*	÷	÷	÷	÷	47,8

n.s. = nicht signifikant; \* =  $p \leq 0,05$ ; \*\* =  $p \leq 0,01$

In dem Gewichtsabschnitt von 60 - 110 kg hatte das **Futtermittel (FM)** keinen signifikanten Einfluß. Der Gewichtszuwachs wurde durch die **Eber-** und **Saulinie** sowie durch die Kovariable **Anfangsalter** signifikant beeinflusst. Der Durchgang, die Eber- und Saulinie sowie das Anfangsalter hatten einen signifikanten Einfluß auf die tägliche Zunahme. Bei der Futteraufnahme und der Futterverwertung zeigte sich ein Einfluß des **Durchgangs (DG)**. Das Bestimmtheitsmaß ( $r^2$ ) fiel für die ausgewählten Merkmale mit Ausnahme des Merkmals Gewichtszunahme mit Werten zwischen 30,3 und 47,8 % relativ hoch aus.

In Tabelle 41 sind die mittleren Mastleistungsdaten der einzelnen Futtermischungen aufgeführt. Im Anhang sind die Rohmittelwerte und Standardabweichungen für alle Schweine (Tabelle A 13) dargestellt.

**Tabelle 41: Merkmale der Mastleistung von Schweinen in der Endmast (60 - 110 kg LM; Mittelwerte und Standardfehler; n = 36)**

Parameter	Futtermischung									
	Caspar		Gloria		Alfred		Scirocco		Soja	
	LSM	SE	LSM	SE	LSM	SE	LSM	SE	LSM	SE
<b>Gewichtszunahme, kg</b>	47,6	1,17	49,9	1,09	49,5	1,11	49,7	1,22	48,5	1,17
<b>Tägliche Zunahme, g/d</b>	788	17	794	16	789	16	791	18	781	17
$\bar{x}$ Gruppe	n = 6		n = 6		n = 6		n = 6		n = 6	
<b>Futteraufnahme, kg</b>	156,6	13,0	164,8	16,1	165,6	21,9	166,7	19,1	163,5	12,9
<b>Futterverwertung, kg/kg</b>	3,24	0,07	3,31	0,23	3,36	0,32	3,35	0,37	3,30	0,08

Es zeigten sich keine signifikanten Effekte der Futtermischungen. Die Zunahmen der Schweine lagen durchweg auf einem mittleren Niveau, hieraus ergab sich ein entsprechend hoher Futteraufwand pro kg LMZ.

#### Ergebnisse der Schlachtleistung

Die Merkmale der Schlachtleistung wurden nach Modell (3) ausgewertet. Die Ergebnisse der Varianzanalyse für die Merkmale der Schlachtleistung sind in Tabelle 42 angeführt.

**Tabelle 42: Ergebnisse der Varianzanalyse für die Merkmale der Schlachtleistung (n = 180, pH<sub>1</sub>K: n = 156)**

Merkmal	FM	DG	Eberlinie	Saulinie	Schlachttag	FM * Eberlinie	ZHGW	r <sup>2</sup> (%)
<b>Ausschlachtung</b>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	***	16,9
<b>Muskelfleischanteil</b>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	18,3
<b>Speckmaß</b>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	21,4
<b>Fleischmaß</b>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	***	26,5
<b>pH<sub>1</sub>K</b>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	36,6
<b>Reflexionswert</b>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	***	n.s.	n.s.	41,7

n.s. = nicht signifikant; \* =  $p \leq 0,05$ ; \*\* =  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* =  $p \leq 0,001$

Der Schlachttag hatte einen hoch signifikanten Einfluß auf den Reflexionswert. Das Zweihälftengewicht (ZHGW) zeigte einen hoch signifikanten Effekt auf die Ausschlachtung und auf das Fleischmaß. Ansonsten zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den

Einflußfaktoren und Merkmalen der Schlachtleistung. Das Bestimmtheitsmaß ( $r^2$ ) für die erfaßten Merkmale lag sich zwischen 16,9 und 41,7 %.

In Tabelle 43 sind die Merkmale der Schlachtkörperqualität dargestellt. In der Tabelle A 14 sind die Rohmittelwerte mit den Standardabweichungen der Schlachtleistung dargestellt.

**Tabelle 43: Merkmale der Schlachtkörperqualität (Mittelwerte und Standardfehler; n = 36)**

Merkmal	Futtermittel									
	Caspar		Gloria		Alfred		Scirocco		Soja	
	LSM	SE	LSM	SE	LSM	SE	LSM	SE	LSM	SE
<b>Zweihälften- gewicht, kg</b>	85,5	5,03	85,5	4,98	85,2	6,03	86,3	5,10	86,8	5,17
<b>Ausschlachtung, %</b>	79,6	0,30	80,2	0,28	79,6	0,28	79,7	0,30	80,1	0,29
<b>Muskelfleischanteil, %</b>	56,3	2,09	55,5	2,14	56,4	2,20	55,6	2,68	55,1	2,67
<b>Speckmaß, mm</b>	15,7	2,08	16,5	2,23	15,5	2,29	16,5	2,66	16,9	3,06
<b>Fleischmaß, mm</b>	57,8	5,24	57,5	4,52	57,7	6,79	58,0	6,36	57,3	5,55

Es ließen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen feststellen.

Tabelle 44 zeigt die Ergebnisse zu pH- und Reflexionswerten der Schlachtkörper. Die Rohmittelwerte mit Standardabweichung zur Beurteilung der Fleischbeschaffenheit über alle Tiere sind in der Tabelle A 15 dargestellt.

**Tabelle 44: pH- und Reflexionswerte der Schlachtkörper (Mittelwerte und Standardfehler)**

Parameter	Gruppe									
	Caspar		Gloria		Alfred		Scirocco		Soja	
	LSM	SE	LSM	SE	LSM	SE	LSM	SE	LSM	SE
<b>pH<sub>1K</sub></b>	6,23	0,21	6,24	0,22	6,17	0,24	6,21	0,24	6,34	0,26
<b>Reflexionswert</b>	24	2,86	22	2,55	22	2,03	22	2,30	22	1,86

Auch hier ergab sich ein einheitliches Bild für alle Versuchsgruppen. Der pH-Wert zeigt, daß es sich mit Werten über 6 um eine gute Fleischqualität handelt. Erst bei Werten ab  $< 5,8$  wird das Fleisch als PSE-Fleisch bezeichnet. Auch die mit dem Reflexionswert gemessene Fleischfarbe oder Fleischhelligkeit stimmt hiermit überein. Bei hohen Werten (ab 30) kann man auf eine schlechte Struktur der Muskeln schließen, d.h. daß der Zusammenhalt der einzelnen Muskelfasern und -bündel sehr locker ist.

Bei der Prüfung der linearen Kontraste gab es keine signifikanten Unterschiede.

#### 4.2.2.3 Endmast mit Ackerbohnen der Ernte 1999

Die Ackerbohnenmischungen wurden ohne Berücksichtigung der sortentypischen Unterschiede in den Aminosäuremustern pauschal mit derselben Menge limitierender Aminosäuren ergänzt. Durch dieses eher praxisangepaßte Verfahren könnten Unterschiede zwischen verschiedenen Ackerbohnenarten deutlicher zutage treten.

Die Tabelle 45 zeigt die analysierten Trockenmassen und die Rohnährstoffe der Futtermischungen. In der Tabelle A 16 sind alle analysierten Aminosäuren dargestellt.

**Tabelle 45: Gehalte der Futtermischungen an Trockenmasse (g/kg), Rohnährstoffen (g/kg T) und Aminosäuren (g/kg T) (Endmast mit Ackerbohnen der Ernte 1999)**

Parameter	Futtermischung				
	Divine	Gloria	Alfred	Scirocco	Soja
<b>Trockenmasse</b>	895	896	896	895	897
<b>Rohasche</b>	42	40	43	41	43
<b>Rohprotein</b>	176	184	177	176	172
<b>Rohfett</b>	33	33	27	34	34
<b>Rohfaser</b>	46	52	49	46	51
<b>N-freie Extraktstoffe</b>	703	691	705	704	700
<b>Organische Substanz</b>	958	960	957	960	957
<b>Methionin</b>	2,4	2,3	2,5	2,4	2,3
<b>Cystin</b>	2,7	2,7	2,7	2,6	2,9
<b>Lysin</b>	8,3	8,4	8,2	7,8	7,8
<b>Threonin</b>	5,3	5,3	5,3	5,2	5,3

Die Futtermischung mit „Gloria“ wies höhere Rohproteingehalte als die übrigen Mischungen auf. Alle anderen Rohnährstoffgehalte waren zwischen den Versuchsgruppen gut vergleichbar. Die Lysingehalte lagen in der Mischung mit Soja und „Scirocco“ niedriger als in den übrigen Gruppen.

#### Ergebnisse der Mastleistung

Die Merkmale der Mastleistung wurden nach Modell (4) ausgewertet. Die Ergebnisse der Varianzanalyse für die Merkmale der Mastleistung sind in Tabelle 46 angeführt. Im Anhang sind die Rohmittelwerte und Standardabweichungen für alle Schweine (Tabelle A 16) dargestellt.

**Tabelle 46: Ergebnisse der Varianzanalyse für die Merkmale der Mastleistung (n = 115)**

Merkmal	FM	DG	FM * DG	Anfangs- alter	r <sup>2</sup> (%)
Gewichtszunahme, kg	n.s.	***	n.s.	n.s.	32,6
Versuchstage, d	***	***	***	n.s.	99,9
Tägl. Zunahme, g/d	n.s.	***	n.s.	n.s.	37,9
Merkmal	FM	DG			
Futteraufnahme, kg	n.s.	*	÷	÷	52,2
Futterverwertung, kg/kg	n.s.	**	÷	÷	65,5
Futterkosten, DM	n.s.	*	÷	÷	56,5
Kosten/LMZ, DM	n.s.	**	÷	÷	67,3

n.s. = nicht signifikant; \* =  $p \leq 0,05$ ; \*\* =  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* =  $p \leq 0,001$

Wie auch in dem vorangegangenen Versuch hatte das **Futtermittel (FM)** außer bei den Versuchstagen keinen signifikanten Einfluß auf die Merkmale der Mastleistung. Der **Durchgang (DG)** wirkte sich auf alle Merkmale signifikant aus. Bei dem Merkmal Versuchstage ergab sich eine hoch signifikante Interaktion **FM \* DG**. Das Bestimmtheitsmaß ( $r^2$ ) für die verschiedenen Merkmale lag zwischen 32,6 und 99,9 %.

Die mittleren Mastleistungsdaten der einzelnen Futtermischungen sind in Tabelle 47 aufgeführt. Die Mittelwerte und Standardabweichungen über alle Versuchstiere sind in Tabelle A 17 des Anhangs zusammengestellt.

**Tabelle 47: Merkmale der Mastleistung von Schweinen in der Endmast (60 – 110 kg LM; Mittelwerte und Standardfehler)**

Merkmal	Futtermischung									
	Divine		Gloria		Alfred		Scirocco		Soja	
	LSM	SE								
<b>Gewichtszunahme, kg</b>	n = 24		n = 22		n = 23		n = 23		n = 23	
	49,6	7,9	50,4	7,7	49,1	6,5	51,8	7,5	52,1	7,5
<b>Versuchstage, d</b>	62 <sup>b</sup>	0,02	63 <sup>c</sup>	0,03	59 <sup>a</sup>	0,02	64 <sup>d</sup>	0,03	64 <sup>d</sup>	0,02
<b>Tägl. Zunahme, g/d</b>	809	129	802	123	832	105	828	151	823	113
<b><math>\bar{x}</math> Gruppe</b>	n = 4		n = 4		n = 4		n = 4		n = 4	
<b>Futteraufnahme, kg</b>	156,5	20,9	158,4	1,5	149,1	11,8	163,9	31,0	162,8	18,1
<b>Futterverwertung, kg/kg</b>	3,22	0,51	3,20	0,39	3,07	0,10	3,21	0,52	3,18	0,30
<b>Futterkosten, DM</b>	45,51	5,94	45,96	0,45	43,26	3,42	47,57	9,00	49,92	5,56
<b>Kosten/LMZ, DM</b>	0,94	0,15	0,93	0,11	0,89	0,03	0,93	0,15	0,98	0,09

a, b, c, d = Mittelwerte derselben Zeile mit verschiedenen Hochbuchstaben unterscheiden sich signifikant ( $p \leq 0,001$ )

Nur die betriebsorganisatorisch mitbeeinflussten Versuchstage erwiesen sich zwischen den Versuchsgruppen als signifikant unterschiedlich. Die Zunahmen der Schweine lagen auf einem mittleren Niveau, wodurch sich auch ein entsprechend hoher Futteraufwand pro kg Lebendmassezunahme (LMZ) ergab. Zur Berechnung der Futterkosten wurden die marktüblichen Preise aller Futterkomponenten (auch für die vom Versuchsgut stammenden Ackerbohnen und für das Getreide) zum Zeitpunkt des Mastversuchs eingesetzt. Es ergab sich ein maximaler Unterschied von 9 Pfg/ kg LMZ. Der niedrigste Wert für die Mischung mit „Alfred“ beruhte auf der höheren tägl. Zunahme und dadurch bedingt kürzeren Mastdauer.

### Ergebnisse der Schlachtleistung

Die Merkmale der Schlachtleistung wurden nach Modell (5) ausgewertet. Die Ergebnisse der Varianzanalyse für die Merkmale der Schlachtleistung sind in Tabelle 48 dargestellt.

**Tabelle 48: Ergebnisse der Varianzanalyse für die Merkmale der Schlachtleistung (n = 114, MFL, Speck, Fleisch: n = 113, pH<sub>1</sub>K: n = 106)**

Merkmal	FM	DG	ZHGW	r <sup>2</sup> (%)
<b>Ausschlachtung</b>	n.s.	n.s.	* *	10,0
<b>Muskelfleischanteil</b>	n.s.	* *	n.s.	18,7
<b>Speckmaß</b>	n.s.	* * *	*	22,2
<b>Fleischmaß</b>	n.s.	n.s.	* *	20,6
<b>pH<sub>1</sub>K</b>	* * *	* *	*	32,8
<b>Reflexionswert</b>	*	n.s.	n.s.	15,9

n.s. = nicht signifikant; \* = p ≤ 0,05; \*\* = p ≤ 0,01; \*\*\* = p ≤ 0,001

Das **Futtermittel (FM)** hatte einen signifikanten Einfluß auf den Reflexionswert und einen hoch signifikanten Einfluß auf den pH-Wert. Der **Durchgang (DG)** zeigte signifikante bis hoch signifikante Effekte auf den Muskelfleischanteil, das Speckmaß und den pH-Wert. Auch das **Zweihälftengewicht (ZHGW)** war mit signifikanten Effekten auf die Ausschlachtung, das Speck- und Fleischmaß sowie den pH-Wert verbunden. Das Bestimmtheitsmaß (r<sup>2</sup>) lag für die untersuchten Merkmale außer für den pH-Wert im Kotelett unter 30 %.

In Tabelle 49 sind die Merkmale der Schlachtkörperqualität angeführt. Die Rohmittelwerte mit Standardabweichung zur Beurteilung der Fleischbeschaffenheit über alle Schweine sind in der Tabelle A 18 dargestellt.

**Tabelle 49: Merkmale der Schlachtkörperqualität (Mittelwerte und Standardfehler)**

Merkmal	Futtermischung									
	Divine		Gloria		Alfred		Scirocco		Soja	
	LSM	SE	LSM	SE	LSM	SE	LSM	SE	LSM	SE
	n = 24		n = 22		n = 23		n = 22		n = 23	
<b>Zweihälften- gewicht, kg</b>	86,0	6,79	86,2	6,65	85,7	5,70	88,0	6,11	87,3	6,44
<b>Ausschlachtung, %</b>	78,9	0,38	78,9	0,40	78,7	0,39	78,5	0,40	78,8	0,39
	n = 24		n = 22		n = 22		n = 22		n = 23	
<b>Muskelfleischanteil, %</b>	56,8	2,37	55,8	2,36	55,7	2,08	55,1	2,58	54,7	4,77
<b>Speckmaß, mm</b>	15,1	2,33	16,5	2,60	15,9	2,25	17,3	3,21	17,6	4,91
<b>Fleischmaß, mm</b>	58,1	6,92	59,1	5,13	56,1	4,54	59,6	5,65	58,9	6,33

Es ließen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen feststellen.

Tabelle 50 zeigt die Ergebnisse zu pH- und Reflexionswerten der Schlachtkörper. Die Rohmittelwerte mit Standardabweichung zur Beurteilung der Fleischbeschaffenheit über alle Tiere sind in der Tabelle A 19 dargestellt.

**Tabelle 50: pH- und Reflexionswerte (Mittelwerte und Standardfehler)**

Parameter	Gruppe									
	Divine		Gloria		Alfred		Scirocco		Soja	
	LSM	SE	LSM	SE	LSM	SE	LSM	SE	LSM	SE
<b>pH<sub>1K</sub></b>	n = 23		n = 22		n = 21		n = 22		n = 18	
	6,59	0,14	6,42	0,25	6,56	0,18	6,36	0,20	6,56	0,13
<b>Reflexionswert</b>	n = 24		n = 22		n = 23		n = 22		n = 23	
	20	1,94	21	2,17	22	2,55	22	1,96	21	2,61

Für alle Versuchsgruppen ergab sich ein einheitliches Bild. Die ermittelten Werte weisen auf eine gute Fleischqualität hin.

## 5 Diskussion

### 5.1 Pflanzenbauliche Untersuchungen

#### 5.1.1 Erträge

Nachdem die Anbaufläche der Ackerbohnen im Kammergebiet Hannover (LANDWIRTSCHAFTSKAMMER HANNOVER 1997 – 2000) im Mittel der Jahre 1997 - 1999 bei ca. 1.200 ha lag, sank sie im Jahr 2000 auf einen Tiefstand von 600 ha, was einer Halbierung der Anbaufläche innerhalb eines Jahres entspricht, ab (siehe Tabelle 51). Für das Jahr 2001 wird wieder mit einem Anstieg der Anbaufläche in Niedersachsen und ganz Deutschland gerechnet, da man im Zuge von BSE-Krise und Tiermehlverbot nach „neuen“ Proteinquellen in der Tierernährung sucht.

**Tabelle 51: Anbaufläche und Erträge von Ackerbohnen 1997 bis 2000**

Jahr	Anbaufläche (ha*)	Ertrag (dt/ha)	
		Landessortenversuche	Rellichausen
1997	1.230	42,8	46,4
1998	1.087	38,8	44,4
1999	1.446	42,3	48,7
(2000) <sup>+</sup>	619	43,0	÷

\* Kammergebiet Hannover; <sup>+</sup> vorläufiges Ergebnis

Der mittlere Ertrag der Landessortenversuche lag etwas niedriger als bei den Anbauversuchen in Rellichausen. Bei beiden Untersuchungen waren die Erträge witterungsbedingt 1998 am niedrigsten. Die großen Ertragsschwankungen der Ackerbohnen sind ein wesentliches Problem des Anbaus.

Die weißblühenden Sorten „Caspar“ und „Gloria“ brachten im Durchschnitt der Erntejahre 1997 bis 1999 geringere Erträge (siehe Tabelle A 1) als die buntblühenden Sorten „Divine“, „Alfred“ und „Scirocco“. Die Variation zwischen den Anbaujahren war jedoch z. T. erheblich, so daß innerhalb eines Anbaujahres auch für weißblühende Sorten höhere Erträge als für buntblühende Sorten auftraten.

Auch in Untersuchungen von RÖMER et al. (1997) lag der Ertrag der weißblühenden Sorten mit 40,2 dt/ha unter dem der buntblühenden mit 46,8 dt/ha. Tendenzielle Ertragszunahmen mit höherem Tausendkorngewicht bei buntblühenden Sorten, wie sie von RÖMER (1998) beschrieben

werden, konnten durch die vorliegenden Untersuchungen, in denen jedoch nur jeweils zwei Sorten untersucht wurden (siehe Tabelle 16), nicht bestätigt werden.

In Untersuchungen von RÖBBELEN (1988) erzielte die Sorte „Alfred“ im Jahr 1987 einen Ertrag von 41,0 dt/ha mit einem TKG von 595,2 g. Sie zeigte in diesem Anbaujahr ein gutes Standvermögen, was als Grundlage für die hohe Ertragsleistung trotz ungünstiger Witterung anzusehen war.

Beim Vergleich der buntblühenden Sorte „Scirocco“ zeigten sich bei den Landessortenversuchen der LW-Kammer Hannover als Mittelwert von mehreren Standorten höhere Erträge als beim Anbau in Rellichausen. Das gleiche Bild zeigt sich auch bei der weißblühenden Sorte „Gloria“ (siehe Tabelle 52).

**Tabelle 52: Vergleich von Ackerbohnererträgen (dt/ha) der Sorten „Scirocco“ und „Gloria“**

Jahr	LW-Kammer Hannover		Rellichausen	
	Scirocco	Gloria	Scirocco	Gloria
1997	65,7	53,4	46,6	50,3
1998	56,1	52,7	46,3	44,2
1999	53,2	51,3	50,2	41,5
(2000)	53,1	50,5	÷	÷

Die Ertragseinbußen lassen sich eventuell dadurch erklären, daß kein Startdünger und keine Pflanzenschutzmittel beim Ackerbohnenanbau in Rellichausen angewendet wurden. Desweiteren handelt es sich bei den Versuchen der LW-Kammer um Parzellenversuche und in Rellichausen um praxisrelevanten Anbau von jeweils einem ha Anbaufläche pro Ackerbohnenorte. Parzellenversuche mit sorgfältiger Erntetechnik führen meist zu höheren Ertragsberechnungen als unter Erntebedingungen der Praxis realisiert werden können.

Bei Untersuchungen von verschiedenen Ackerbohnenorten der LW-Kammer Hannover lag der Feldaufgang mit 44 Pflanzen pro m<sup>2</sup> erbeblich höher als bei den eigenen Untersuchungen des Anbaujahres 1998. Das Tausendkorngewicht von 497 g war mit den erhobenen Daten vergleichbar.

### 5.1.2 TM-Harvest-Index und N-Harvest-Index

Der TM-Harvest-Index ist das Verhältnis von Korn-Trockenmasse zur gesamten oberirdischen Trockenmasse. Bei den untersuchten Sorten lagen die Indizes zwischen 37,6 und 51,9 %.

In Untersuchungen von RÖBBELEN (1988) hatte die Sorte „Alfred“ einen TM-Harvest-Index von 37,8 % an zwei Prüforten (Göttingen und Hohenlieth) des Jahres 1987 und ist fast identisch mit dem in der vorliegenden Untersuchung ermittelten TM-Harvest-Index von 37,6 % für diese Sorte.

Auch in anderen Untersuchungen wurden vergleichbare TM-Harvest-Indizes festgestellt. So ermittelte HAUSER (1987) in den Jahren 1983 und 1984 für die Sorte „Minica“ einen Harvest-Index von 55,5 % und für die Sorte „Kristall“ einen signifikant niedrigeren Wert von 44,3 %.

Bei der Berechnung des N-Harvest-Index wird die in den Ackerbohnen-Körnern enthaltene Stickstoffmenge auf die im gesamten Sproß bzw. in der gesamtpflanzlichen Trockenmasse (Sproß und Wurzeln) enthaltene Stickstoffmenge bezogen. Die N-Harvest-Indizes der untersuchten Sorten lagen zwischen 76 und 87 % der oberirdischen N-Sproßmasse, da aus versuchstechnischen Gründen die Wurzelmasse nicht erfaßt werden konnte.

In der Literatur werden von STÜLPNAGEL (1989) für die Ackerbohne „Alfred“ Indizes von 55,9 % im Versuchsjahr 1987 und 77,6 % im Jahr 1988 genannt (wobei hierfür die geschätzten N-Mengen in den Wurzeln einbezogen wurden).

Bei RÄTZ (1998) wird für die Sorte „Alfred“ im Anbaujahr 1996 ein N-Harvest-Index von 76,1 % angegeben. Der in den eigenen Untersuchungen für diese Sorte ermittelte Wert von 86,7 % ist durch die niedrigere gesamtpflanzliche Biomasse aufgrund fehlender Werte für die Wurzelmasse zu erklären.

SCHMIDTKE (1999) und ANTHES et al. (1999) geben für die Sorte „Minica“ N-Harvest-Indices von 61,4 bis 74,1 % bezogen auf die gesamtpflanzliche Biomasse an.

Bei Ackerbohnen wurden mit den Körnern zwischen 28,1 und 77,6 % des gesamtpflanzlichen Stickstoffs (SCHMIDTKE & RAUBER 2000) geerntet. Als Gründe für den weiten Variationsbereich sind die unterschiedlichen Umweltfaktoren der Anbaujahre wie z. B. die Wasserversorgung des Standorts und der Genotyp zu nennen. SCHMIDTKE & RAUBER (2000) konnten beim Vergleich von verschiedenen Sorten, Standorten und Forschungsberichten aus der Literatur einen positiven Zusammenhang zwischen Kornertrag und N-Harvest-Index feststellen, d.h. mit dem Anstieg des Kornertrags geht auch eine Zunahme des N-Harvest-Index einher.

## 5.2 Inhaltsstoffe der Ackerbohnen

### 5.2.1 Weender Rohnährstoffe

Die Gehalte an Weender Rohnährstoffen aller untersuchten Ackerbohnen Sorten (siehe Tabelle 18) lagen zwischen 31 - 43 g Rohasche (XA)/kg T, 7 - 21 g Rohfett (XL)/kg T und 77 - 118 g Rohfaser (XF)/kg T. Ähnliche Werte wurden auch von JANSMAN et al. (1993b) und MAKKAR et al. (1997) angegeben. Die Stärke- und Zuckergehalte variierten zwischen 407 - 464 g/kg T bzw. 20 - 48 g/kg T. Andere Autoren (MAKKAR et al. 1997, DLG 1991, CVB 1995, DUC et al. 1999) geben vergleichbare Werte an.

Der Rohproteingehalt (XP) der untersuchten Ackerbohnen lag durchschnittlich bei 289 g/kg T (230 – 320 g/kg T). Der mittlere XP-Gehalt der beiden weißblühenden Sorten (283 g/kg T) unterschied sich nicht signifikant von den drei buntblühenden mit 293 g/kg T. Unterschiede im Rohproteingehalt traten besonders zwischen dem Anbaujahr 1997 mit 273 g XP/kg T und 1999 mit 307 g/kg T auf. Die von JANSMAN et al. (1993a) untersuchten Ackerbohnen Sorten „Blandine“, „Herz Freya“, „Mythos“ und „Alfred“ sind mit den Mittelwerten der Sorten aus vorliegender Untersuchung bis auf die Sorte „Alfred“ mit 257 zu einem mittleren Gehalt von 295 g/kg T in vorliegender Untersuchung vergleichbar.

Der Standort der Bohnen hat einen signifikanten Einfluß auf den Rohproteingehalt der Sorten (RÖMER 1998). So wiesen Ackerbohnen aus Hohenlieth im Vergleich zu Ackerbohnen aus Gleisdorf, Göttingen und Rastatt die niedrigsten Rohproteingehalte auf. Diese Ergebnisse lassen sich gut mit den Rohproteingehalten der Ackerbohne „Scirocco“ vergleichen, da gegenüber dem Anbau in Relliehausen auch bei den Bohnen aus Hohenlieth die niedrigsten Rohproteingehalte auftraten. Als Ursache kommen unterschiedliche N-Verfügbarkeiten bzw. wechselnde Besiedlungen mit N-fixierenden Knöllchenbakterien an den verschiedenen Standorten in Frage. Die Fixierungsleistung der Knöllchenbakterien (*Rhizobium leguminosarum*) hängt direkt von der Kalium-, Phosphor- und Wasserversorgung sowie indirekt vom pH-Wert des Standorts ab (MENGEL 1994). Auch die standörtlich unterschiedlichen abiotischen Faktoren wie Witterung beeinflussen den Proteingehalt. Durch Trockenheit in der Kornfüllungsphase (AUFHAMMER 1998) wird der Kornertrag und damit auch der N-Gehalt in den Körnern verringert, da der Transport in die Bohnen eingeschränkt ist.

Insgesamt läßt sich festhalten, daß die Gehalte der Inhaltsstoffe zwischen den einzelnen Sorten und Anbaujahren besonders beim Rohprotein variieren. In der niederländischen Futterwerttabelle (CVB 1995) wird zwischen weiß- und buntblühenden Sorten mit 305 bzw. 254 g XP/kg T differenziert. Die eigenen Ergebnisse unterstützen eine derartige Unterscheidung von Ackerbohnen nach Blütenfarbe aufgrund der Inhaltsstoffe nicht.

### 5.2.2 Aminosäuregehalte der Ackerbohnen

Die analysierten Aminosäuregehalte der Ackerbohnen sind in Tabelle 19 aufgelistet.

Beim Vergleich über alle untersuchten Ackerbohnsorten mit den Angaben von NEWTON & HILL (1983) in Tabelle 5 fällt auf, daß die in den eigenen Untersuchungen ermittelten durchschnittlichen Gehalte der Aminosäuren Methionin (essentiell) sowie Prolin und Alanin an der unteren Grenze des von den zitierten Autoren angegebenen Bereiches liegen. Der Durchschnitt aller anderen analysierten Aminosäuren stimmt mit den Angaben überein. Die mittleren Gehalte der fünf weiß- und sieben buntblühenden Ackerbohnenproben unterscheiden sich nicht.

Zwischen den Mittelwerten der Erntejahre zeigen sich geringe Unterschiede. Die größten Unterschiede in den Aminosäuregehalten sind sortenabhängig. Für einzelne Aminosäuren wie Lysin und Arginin (bezogen auf g/16g N) konnten von RÖMER (1998) signifikante Sorteneffekte bei insgesamt 12 untersuchten Ackerbohnsorten festgestellt werden. Auch der Standort hatte auf den Gehalt an essentiellen Aminosäuren, besonders auf Methionin, einen Einfluß.

Von MAKKAR et al. (1997) wurden unter anderem auch die weißblühenden Ackerbohnen „Caspar“ und „Gloria“ sowie die buntblühenden Sorten „Alfred“ und „Scirocco“ der Ernte 1994 auf Aminosäuren untersucht. Die Proben stammten von verschiedenen Zuchtstationen in Deutschland. Grundsätzlich liegen die von MAKKAR et al. (1997) analysierten Aminosäuregehalte besonders bei den erstlimitierenden Aminosäuren Lysin, Methionin, Cystin und Threonin auf einem höheren Niveau als in den eigenen Untersuchungen.

## 5.3 Futterbewertung

### 5.3.1 Methode

Die Verdaulichkeiten der verschiedenen Ackerbohnsorten wurden mittels Tierversuchen bestimmt. Man kann hierbei entweder die Indikatormethode oder die Sammeltechnik anwenden (JEROCH et al. 1999).

Bei der Indikatormethode (oder Markermethode) wird die Konzentrationsänderung von nicht durch das Tier absorbierbaren Stoffen wie z.B. Chromoxid ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), HCl-unlösliche Asche oder Lignin im Futter im Vergleich zu den Stoffen im Kot bestimmt.

Bei der Methode der Sammeltechnik unterscheidet man den Substitutionsversuch und den Differenzversuch (Zulageversuch), in dem die Verdaulichkeit einer Grundration bestimmt und dann in einem zweiten Schritt das zu untersuchende Futtermittel zugelegt wird.

Beim Substitutionsversuch wird ein definierter Teil der Grundration durch das zu untersuchende Futtermittel ausgetauscht und durch Differenzberechnung die Verdaulichkeit ermittelt.

Da es sich bei den Versuchstieren in den vorliegenden Untersuchungen um wachsende Schweine handelte, deren Ansprüche an den Energie- und Proteingehalt des Futters sich kontinuierlich verändern, wurde der Substitutionsversuch als Untersuchungsmethode gewählt. Hierbei können gleichzeitig die Grund- und Versuchsfuttermischung im gleichen Wachstumsabschnitt, also unter gleichen Bedingungen, verfüttert werden.

Die Haltung und Fütterung der Versuchstiere erfolgte nach der allgemeinen Versuchsmethodik mit Stoffwechselkästen und ist in Kapitel 3 beschrieben.

### 5.3.2 Rationsgestaltung

Nach JEROCH et al. (1993) können in der Schweinemast 15 - 20 %, in der Ferkelaufzucht 10 - 15 % und bei Zuchtsauen 10 % Ackerbohnen in Alleinfuttermischungen eingesetzt werden. Die Einsatzbeschränkung in der Ferkelaufzucht ist besonders durch höhere Rohfasergehalte der Ackerbohnen im Vergleich zum Sojaschrot begründet (SCHMIDT 2001). In Mastversuchen wurden von BESTE (1988) 46 % Ackerbohnen in der Anfangsmast und 37 % in der Endmast mit Weizen und einer Methioninergänzung verfüttert. KLEINE KLAUSING (1990) verfütterte sogar 53 % in der Anfangsmast und 42,5 % Ackerbohnen der Sorte „Diana“ in der Endmast und erzielte im Vergleich zur Kontrollration gleiche Mast- und Schlachtleistungen.

In der vorliegenden Untersuchung enthielten die Futtermischungen für die Anfangsmast 15 % Ackerbohnen und für die Endmast 25 %. In der Praxis kommen für Mischungen in der Anfangsmast wesentlich weniger Ackerbohnen zum Einsatz. In den Stoffwechselversuchen betragen die Gehalte der Futtermischungen an Ackerbohnen bis zu 35 %.

### 5.3.3 Aminosäuregehalte der Futtermischungen

Bei der Rationsgestaltung kommt nicht nur dem absoluten Bedarf an Aminosäuren, sondern auch der Relation der Aminosäuren zueinander Bedeutung zu. Das **ideale Protein** wurde von WANG & FULLER (1990) als das Futterprotein definiert, in welchem jede essentielle Aminosäure und die Summe der nicht-essentiellen Aminosäuren gleich limitierend wirken, d.h. keine limitierende Aminosäure in Bezug zum Bedarf auftritt. Dieses Konzept beruht auf der Bestimmung von ileal verdaulichen Aminosäuren. In der vorliegenden Untersuchung wurde die Aminosäureergänzung auf Brutto-Basis berechnet.

In den folgenden Tabellen sind die berechneten Aminosäuregehalte der Futtermischungen, die in den Stoffwechselversuchen I und II eingesetzt wurden, aufgeführt. Für die Aminosäuregehalte der Ackerbohnen wurden außer für Tryptophan analysierte Werte

eingesetzt. Die Gehalte der übrigen Futterkomponenten an Aminosäuren wurden aus dem Tabellenanhang von JEROCH et al. (1993) entnommen.

**Tabelle 53: Berechnete Aminosäuregehalte der Futtermischungen im Versuch I**

Aminosäure	Futtermischung (g/kg T)				
	Soja	Caspar	Gloria	Alfred	Scirocco
<b>Lys</b>	10,61	11,68	12,40	12,01	12,02
<b>Met</b>	2,87	2,43	2,54	2,55	2,59
<b>Cystin</b>	3,38	3,20	3,35	3,30	3,33
<b>Met + Cys</b>	6,25	5,63	5,89	5,85	5,92
<b>Thr</b>	7,17	7,20	7,66	7,48	7,58
<b>Trp</b>	2,34	2,27	2,28	2,28	2,28
<b>Ile</b>	7,82	7,55	8,75	8,36	8,31
<b>Leu</b>	14,03	13,45	15,61	14,93	15,06
<b>His</b>	4,87	4,73	5,38	5,20	5,28
<b>Val</b>	9,03	8,60	9,84	9,50	9,58

Es ergaben sich für die Ackerbohnenmischungen höhere, durch die Ergänzung mitverursachte Lysin- und niedrigere Methioningehalte als für die Sojamischung.

**Tabelle 54: Relationen der Gehalte an essentiellen Aminosäuren in den Futtermischungen von Versuch I im Vergleich zum idealen Protein**

Gruppe	Lys	Met + Cys	Thr	Trp	Ile	Leu	His	Val
<b>ideales Protein nach WANG &amp; FULLER (1989)</b>	<b>100</b>	<b>60</b>	<b>66</b>	<b>19</b>	<b>60</b>	<b>111</b>	<b>39</b>	<b>75</b>
<b>Soja</b>	100	59	68	22	74	132	46	85
<b>Caspar</b>	100	48	62	19	65	115	40	74
<b>Gloria</b>	100	48	62	18	71	126	43	79
<b>Alfred</b>	100	49	62	19	70	124	43	79
<b>Scirocco</b>	100	49	63	19	69	125	44	80

Die Sojamischung entsprach dem idealen Protein weitgehend, dagegen wiesen die Ackerbohnenmischungen Defizite an Methionin + Cystin sowie an Threonin auf. Die übrigen Aminosäuren erreichten die angestrebten Relationen.

**Tabelle 55: Berechnete Aminosäuregehalte der Futtermischungen im Versuch II**

Aminosäure	Futtermischung (g/kg T)		
	Soja	Caspar	Scirocco
Lys	7,99	9,70	9,70
Met	2,48	2,29	2,29
Cystin	3,01	2,95	2,95
Met + Cys	5,49	5,24	5,24
Thr	5,99	6,51	6,51
Trp	1,96	1,95	1,95
Ile	6,40	7,13	7,13
Leu	11,84	13,20	13,20
His	4,15	4,65	4,65
Val	7,69	8,37	8,37

Da für den Versuch II Schweine mit höheren Körpergewichten eingesetzt wurden, und diese Tiere infolge der höheren Futteraufnahme geringere Anforderungen an die Gehalte im Futter stellten, lagen auch die Aminosäuren der Futtermischungen auf einem niedrigeren Niveau als in Versuch I.

**Tabelle 56: Relationen der Gehalte an essentiellen Aminosäuren in den Futtermischungen von Versuch II im Vergleich zum idealen Protein**

Gruppe	Lys	Met + Cys	Thr	Trp	Ile	Leu	His	Val
<b>ideales Protein nach WANG &amp; FULLER (1989)</b>	<b>100</b>	<b>60</b>	<b>66</b>	<b>19</b>	<b>60</b>	<b>111</b>	<b>39</b>	<b>75</b>
<b>Soja</b>	100	69	75	25	80	148	52	96
<b>Caspar</b>	100	54	67	20	74	136	48	86
<b>Scirocco</b>	100	54	67	20	74	136	48	86

Im Versuch II übertraf die Sojamischung im Vergleich zum idealen Protein die Gehalte an essentiellen Aminosäuren. Bei den Ackerbohnenmischungen zeigten sich Defizite für Methionin + Cystin.

### Aminosäurenverdaulichkeit

Die Verdaulichkeitsbestimmung von Aminosäuren ist methodisch aufwendig. Aufgrund der mikrobiellen Stoffwechselforgänge im Dickdarm und deren Einflüsse auf die N-Umsetzungen sind Bestimmungen der praecaecalen Aminosäurenverdaulichkeit vorzuziehen (JEROCH et al. 1999). Die praecaecale Verdaulichkeit wird wiederum von den verdauungsphysiologischen

Prozessen, insbesondere von den endogenen Sekreten der Darmanhangsdrüsen und der Dünndarmmucosa beeinflusst. Letztere finden in Form der standardisierten wahren Verdaulichkeit, bei der die basalen endogenen Ausscheidungen angerechnet werden (RADEMACHER et al. 2000), Berücksichtigung.

Die Verdaulichkeit der einzelnen Aminosäuren ist unterschiedlich bei verschiedenen Ackerbohnsorten und abhängig von der untersuchten Tierart. In Untersuchungen an Hennen wiesen vor allem die schwefelhaltigen Aminosäuren niedrige Verdaulichkeitswerte auf (WARING & SHANNON 1969, BERGER et al. 1983). In der Geflügelernährung wird zunehmend die Formulierung der Futtermischungen auf Basis der wahren verdaulichen Aminosäuren anstelle der Brutto-Gehalte durchgeführt. Die Vorteile dieser Vorgehensweise werden anhand von Versuchen mit lysindefizitären Mischungen unter anderem mit Leguminosen in Untersuchungen von DALIBARD & PAILLARD (1995) ausgeführt.

In Tabelle 57 sind die Verdaulichkeiten der Aminosäuren von Ackerbohnen für Schweine aus Tabellen der DEGUSSA (1997) und von AJINOMOTO EUROLYSINE (2000) zusammengestellt.

**Tabelle 57: Verdaulichkeit der Aminosäuren von Ackerbohnen und Sojaschrot**

AS	Degussa				Ajinomoto Eurolysine					
	AB RP 25 % (n = 34)		Soja RP 44% (n = 345)		AB RP 28 % (n = 6)			Soja RP 45 % (n = 11)		
	% <sup>1</sup>	g/16 g N	% <sup>1</sup>	g/16 g N	% <sup>1</sup>	% <sup>2</sup>	g/16 g N <sup>2</sup>	% <sup>1</sup>	% <sup>2</sup>	g/16 g N <sup>2</sup>
<b>Lys</b>	75	4,81	86	5,38	86,3	88,2	5,29	87,4	88,9	5,41
<b>Met</b>	85	0,67	86	1,25	78,8	83,2	0,62	88,7*	90,6	1,21
<b>Cys</b>	÷	÷	÷	÷	72,8	76,6	0,95	81,3*	83,6	1,16
<b>M + C</b>	86	1,76	81	2,41	75,2	79,2	1,58	84,6*	86,8	2,37
<b>Thr</b>	86	3,05	79	3,16	79,1	82,4	2,79	83,4	85,5	3,33
<b>Trp</b>	62	0,54	83	1,08	77,4*	80,9	0,64	86,7*	87,8	1,18
<b>Ile</b>	÷	÷	÷	÷	82,9	85,1	3,52	87,1	88,4	4,22
<b>Leu</b>	÷	÷	÷	÷	84,7	86,7	6,32	86,9*	88,3	6,63
<b>Tyr</b>	÷	÷	÷	÷	80,8	83,6	2,40	88,9*	90,3	3,39
<b>Phe</b>	÷	÷	÷	÷	84,5	86,8	3,56	88,0	89,3	4,57
<b>Val</b>	÷	÷	÷	÷	79,5	82,2	3,86	85,1	86,9	4,24

<sup>1</sup> scheinbare ileale Verdaulichkeit; <sup>2</sup> standardisierte ileale Verdaulichkeit; \* Stichprobenanzahl (n) kleiner als angegeben

Sowohl bei den Verdaulichkeitsdaten der DEGUSSA (1997) als auch bei AJINOMOTO EUROLYSINE (2000) liegen die Gehalte an standardisiert ileal verdaulichen Aminosäuren der Ackerbohnen immer niedriger als im Sojaextraktionsschrot. Dies ist erstens durch den insgesamt niedrigeren Rohproteingehalt der Ackerbohnen bedingt, zweitens sind auch die prozentualen Verdaulichkeiten der einzelnen Aminosäuren für Sojaextraktionsschrot höher als für Ackerbohnen.

In Untersuchungen von JANSMAN et al. (1993a) wurden an Schweinen scheinbare ileale Verdaulichkeiten von verschiedenen Ackerbohnsorten gemessen. Im Durchschnitt der vier Sorten lagen die Verdaulichkeiten von Lysin bei 86 %, von Methionin bei 72 %, von Threonin bei 75 %, von Isoleucin bei 80 % und von Leucin bei 82 %. Die Tanningehalte der Ackerbohnen wirkten sich signifikant auf die Verdaulichkeit der Aminosäuren aus. Die tanninarme Sorte „Blandine“ wies gegenüber den übrigen tanninhaltigen Sorten signifikant höhere Verdaulichkeiten auf.

**Tabelle 58: Scheinbare praecaecale Verdaulichkeit der Aminosäuren von bunt- und weißblühenden Ackerbohnen (nach CVB 1995)**

XP und AS	buntblühende AB			weißblühende AB			Sojaextraktionsschrot		
	%	g/kg T	g/16 g N	%	g/kg T	g/16 g N	%	g/kg T	g/16 g N
<b>XP</b>	73	185,4	÷	78	238,2	÷	81	359,0	÷
<b>Lys</b>	80	12,8	6,90	84	16,1	6,76	86	24,4	6,80
<b>Met</b>	61	1,3	0,70	72	1,7	0,71	86	5,7	1,59
<b>Cys</b>	41	1,3	0,70	55	2,2	0,92	76	5,4	1,50
<b>Thr</b>	68	6,4	3,45	74	8,4	3,53	79	14,7	4,09
<b>Trp</b>	62	1,3	0,70	68	1,6	0,67	83	4,8	1,34

In der niederländischen Futterwerttabelle werden die in Tabelle 58 aufgeführten Verdaulichkeiten der Aminosäuren von Ackerbohnen getrennt für bunt- und weißblühende Ackerbohnen aufgeführt. Demnach enthalten weißblühende im Vergleich zu buntblühenden Sorten höhere Mengen an verdaulichen Aminosäuren.

#### 5.3.4 N-Bilanz

Die Methodik zur Erfassung der N-Bilanzen folgte den üblichen Richtlinien (SCHIEMANN 1981). Die Gehalte der Versuchsmischungen an Aminosäuren wurden nach Maßgabe von Versorgungsempfehlungen auf Brutto-Basis eingestellt. Die N-Retention berechnete sich aus der Differenz von N-Aufnahme über das Futter minus den N-Ausscheidungen über Kot und Harn. Verluste über die Hautoberfläche wie Haare und Abschuppungen wurden als gering eingeschätzt und vernachlässigt. Mit den Ergebnissen der N-Bilanzen lassen sich Aussagen zur intermediären

Verfügbarkeit des Rohproteins und mit Einschränkungen der Aminosäuren aus Ackerbohnen treffen.

Im Versuch I sollte auf Basis der verschiedenen Rohproteingehalte der Sojamischung und der Ackerbohnsorten das Rohprotein der Sojamischung zu etwa einem Drittel ausgetauscht werden. Dieses Ziel wurde jedoch nur in der Mischung mit „Caspar“ erreicht, die übrigen Mischungen mit Ackerbohnen wiesen höhere Rohproteingehalte als die Sojamischung auf (siehe Tabelle 20). Gleichzeitig wurden alle Mischungen mit Lysin, nicht aber mit Methionin oder anderen essentiellen Aminosäuren ergänzt. Entsprechend ergaben sich in den Ackerbohnenmischungen relativ hohe Defizite an Methionin + Cystin, aber auch an Threonin, während die Sojamischung der Aminosäurezusammensetzung des idealen Proteins weitgehend entsprach (siehe Tabelle 54).

Nach Fütterung der Mischungen mit weißblühenden Ackerbohnsorten „Caspar“ und „Gloria“ schieden die Schweine - bezogen auf die jeweiligen N-Aufnahmen - etwa mit den Schweinen der Sojagruppe vergleichbare N-Mengen über den Kot aus, während die Kot-N-Ausscheidungen bei Fütterung der Mischungen mit buntblühenden Ackerbohnsorten höher lagen. Das Rohprotein der weißblühenden Ackerbohnen war demzufolge ähnlich hoch verdaulich wie das Rohprotein der Sojamischung. Demgegenüber wies das Rohprotein der buntblühenden Ackerbohnsorten eine niedrigere Verdaulichkeit als das Sojamischungsrohprotein auf.

Die im Vergleich zur Sojamischungsgruppe höheren Harn-N-Ausscheidungen bei Fütterung der Mischung mit „Gloria“ lassen auf eine besonders imbalante intermediäre Aminosäurenanflutung mit dieser Ackerbohnsorte schließen. Vermutlich waren hierfür in erster Linie hohe Absorbierbarkeiten bei relativ starkem Methionindefizit ausschlaggebend. Es überrascht, daß trotz der Unterschiede in den Ausscheidungsverhältnissen die N-Retentionen in allen Versuchsgruppen auf vergleichbarem Niveau lagen. Geht man davon aus, daß das Ansatzvermögen der Schweine bei Versorgung mit der Sojamischung weitgehend ausgeschöpft wurde, müssen auch in den übrigen Gruppen vergleichbare Mengen an für den Ansatz nutzbaren Aminosäuren vorhanden gewesen sein. Demzufolge konnten die mit „Gloria“ und „Caspar“ versorgten Schweine die in höheren Mengen zugeführten Aminosäuren nicht mehr für den Ansatz nutzen. Weiterhin müßten dann die mit buntblühenden Ackerbohnsorten in geringeren Mengen zugeführten Aminosäuren in Bezug auf den Bedarf für den Ansatz ausgeglichener in ihrer Zusammensetzung gewesen sein, so daß vergleichbare N-Retentionen erzielt wurden. Eine höhere Verwertung des Ackerbohnenproteins für den N-Ansatz im Tierkörper kann daher vor allem bei geringerem Gesamtrohproteinangebot und gezielter Aminosäureenergänzung von Rationen mit weißblühenden Sorten erwartet werden.

Im Versuch II wurden 25 % der Sojamischung durch die Ackerbohnsorten „Caspar“ oder „Sciocco“ ausgetauscht, und es wurden keine kristallinen Aminosäuren ergänzt. Die Lysingehalte lagen rechnerisch mit 0,56 g/MJ ME (Soja), 0,68 g/MJ ME (Caspar) und 0,69 g/MJ ME (Sciocco) für die im Versuch befindlichen Schweine im Lebendmassebereich von knapp 50

kg auf einem Niveau, das tägliche Zunahmen um 700 g gewährleisten sollte (GFE 1987). Bezüglich der Aminosäurezusammensetzung ergab sich für die Ackerbohnenmischungen allein für Methionin + Cystin ein relatives Defizit (vgl. Tabelle 56). In diesem Versuch traten neben tendenziellen Veränderungen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen bei den N-Ausscheidungen über Kot und Harn sowie bei den N-Retentionen auf. Es kann nicht ausgeschlossen werden, daß die Schweine der Sojagruppe aufgrund des mit 0,56 g Lys/MJ ME relativ niedrigen Niveaus der Lysinversorgung (für 700 g tägliche Zunahmen und ca. 50 kg Lebendmasse wären 0,63 g Lys/MJ ME erforderlich; vgl. GFE 1987) das genetische N-Ansatzvermögen nicht vollständig ausgeschöpft haben. Insofern deuten die tendenziell sogar niedrigeren N-Retentionen der mit Ackerbohnen auf höherem Aminosäureniveau versorgten Schweine (vgl. Tabelle 25) auf eine niedrigere Verfügbarkeit der Aminosäuren aus Ackerbohnen als aus dem Rohprotein der Sojamischung hin. Entsprechend weisen die CVB-Tabellen für die Eckaminosäuren Lys, Met, Thr und Trp bei Ackerbohnen niedrigere Darmverdaulichkeiten als bei Sojaschrot aus (CVB 1995, AJINOMOTO EUROLYSINE 2000).

Im Versuch III unterschied sich der N-Ansatz der Tiere, die mit der Sojamischung gefüttert wurden, nicht von dem der übrigen Schweine, die mit der Ackerbohnenmischung gefüttert wurden (siehe Tabelle 31). Das beim Bezug auf die umsetzbare Energie um mindestens knapp 5 % höhere Angebot an essentiellen Aminosäuren in den Ackerbohnenmischungen dürfte die niedrigere ileale Verdaulichkeit der Aminosäuren aus Ackerbohnen kompensiert haben, so daß die Schweine ihr genetisch bedingtes Eiweißansatzvermögen in hohem Maße ausschöpfen konnten. Für die tendenziell erhöhten Kot-N-Ausscheidungen bei Ackerbohnenfütterung kommen neben der etwas geringeren Verdaulichkeit des Futterproteins auch höhere BFS-bedingte Bakterienproteinausscheidungen über den Kot in Betracht (KREUZER et al. 1999). Die mit den Ackerbohnenmischungen verbundenen gesteigerten Harn-N-Ausscheidungen der Schweine dürften überwiegend auf dem reichlicheren Angebot an nicht essentiellen Aminosäuren beruhen.

### 5.3.5 Verdaulichkeit der organischen Substanz und Energie

Die Verdaulichkeit des Futters und seiner Inhaltsstoffe wird durch die Bilanzierung der mit dem Futter aufgenommenen und mit dem Kot ausgeschiedenen Nährstoffe berechnet. Die so ermittelte Verdaulichkeit wird als **scheinbare** Verdaulichkeit bezeichnet. Korrigiert man die Kot-Ausscheidungen um endogene Verluste, so spricht man von der **wahren** Verdaulichkeit. Besonders für Rohprotein, Aminosäuren und Mineralstoffe ist dies sinnvoll, obgleich die Ermittlung der endogenen Anteile im Kot schwierig ist. Zu den **endogenen Verlusten** zählen Verbindungen wie Sekretproteine, abgestoßene Dünndarmepithelzellen, Komponenten der Galle, Harnstoff und Mikroorganismen aus proximalen Abschnitten.

Zur Ableitung der partiellen Verdauungskoeffizienten für die untersuchten Ackerbohnsorten kamen in jedem einzelnen Stoffwechselversuch Vergleichsmischungen auf Getreide/Soja-Basis zum Einsatz, die allein und nach teilweisem Austausch durch Ackerbohnen verfüttert wurden. Es wäre zu erwarten, daß diese Vergleichsmischungen in allen Versuchen zu etwa gleichen Verdauungskoeffizienten für die einzelnen Nährstoffe führen. Wie die Daten in Tabelle 59 zeigen, war dies jedoch nicht der Fall.

**Tabelle 59: Zusammensetzung und Verdauungskoeffizienten der in den Verdaulichkeitsversuchen eingesetzten Soja-Vergleichsmischungen**

Parameter	Versuch		
	I	II	III
<b>Futterkomponenten (%)</b>			
<b>Gerste</b>	72,00	80,00	83,36
<b>Weizen</b>	-	-	-
<b>Sojaschrot</b>	25,00	17,00	10,00
<b>Sojaöl</b>	-	-	2,50
<b>Vormischung</b>	3,00 <sup>1</sup>	3,00 <sup>2</sup>	4,14 <sup>3</sup>
<b>Nährstoffe (% i. T)</b>			
<b>Rohasche</b>	5,20	4,90	4,50
<b>Rohprotein</b>	20,70	18,50	16,60
<b>Rohfett</b>	1,80	1,90	5,00
<b>Rohfaser</b>	5,90	5,30	5,10
<b>N-freie Extraktstoffe</b>	66,40	69,40	68,80
<b>Verdaulichkeit (%)</b>			
<b>Rohprotein</b>	82,1	83,3	79,0
<b>Rohfett</b>	41,6	38,5	75,2
<b>Rohfaser</b>	30,6	19,3	21,2
<b>N-freie Extraktstoffe</b>	91,1	90,2	89,5

<sup>1</sup> 21% Ca; 5% P; 4% Na; Vit. A, D<sub>3</sub>, E; Cu. <sup>2</sup> 22% Ca; 4,5% P; 5% Na; Vit. A, D<sub>3</sub>, E; Cu.

<sup>3</sup> 24% Ca; 5% P; 5% Na; 1% Mg; Vit. A, D<sub>3</sub>, E; Flavophospholipol; 0,47% L-Lysine HCl; 0,13% DL-Met; 0,17% L-Thr; 0,02% DL-Trp; 0,10% L-Val; 0,11% L-Leu; 0,09% L-Ile; 0,05% L-His.

Alle Futtermischungen enthielten Gerste, Sojaextraktionsschrot und eine Vormischung. Im Versuch III wurden abweichend von den übrigen Mischungen 2,5 % Sojaöl eingemischt. Die Anteile an Sojaextraktionsschrot variierten zwischen 10 – 25 %, die Vormischungen ergänzten Mineralstoffe, Spurenelemente und z. T. essentielle Aminosäuren. Außerdem enthielten die Futtermischungen in den Versuchen II und III Antibiotika. Es fällt auf, daß das Rohprotein im Versuch III niedriger verdaut wurde als in den Versuchen I und II. Dies läßt sich mit dem relativ

niedrigen Sojaschrotanteil im Versuch III erklären - Rohprotein aus Sojaschrot ist laut DLG-Futterwerttabellen für Schweine zu mindestens 83 % und das aus Gerste zu 75 % verdaulich.

In Tabelle 60 sind die aus den durchgeführten Versuchen abgeleiteten partiellen Verdauungskoeffizienten für die einzelnen Ackerbohnsorten und in der letzten Zeile die in der DLG-Futterwerttabelle für Schweine niedergelegten Verdauungskoeffizienten zusammengestellt. Bei Standardabweichung „0“ wurden aufgrund unphysiologisch erscheinender Berechnungswerte bei einzelnen Schweinen Durchschnittswerte eingesetzt. Hiervon waren nur die mengenmäßig kaum ins Gewicht fallenden Fraktionen Rohfett und Rohfaser betroffen. Es ist festzustellen, daß in den meisten Fällen für Rohprotein niedrigere und für die N-freien Extraktstoffe in vier Fällen höhere Verdaulichkeiten als in der geltenden Futterwerttabelle für Schweine auftraten.

**Tabelle 60: Verdaulichkeiten der Nährstoffe von Ackerbohnen**

Ernte	Sorte	T g/kg	Verdaulichkeit (%)					
			XP	XL	XF	XX	BFS	OS
1997 w w b b	Caspar	877	3	3	3	3	3	3
			<b>80</b>	<b>60</b>	<b>30</b>	<b>93</b>	<b>83</b>	<b>83</b>
			1	16	6	1	7	2
	Gloria	868	3	3	3	3	3	3
			<b>85</b>	<b>58</b>	<b>34</b>	<b>92</b>	<b>57</b>	<b>83</b>
			1	22	8	3	14	2
	Alfred	874	3	3	3	3	3	3
			<b>72</b>	<b>64</b>	<b>26</b>	<b>89</b>	<b>37</b>	<b>76</b>
			4	8	3	0,6	6	1
	Scirocco	874	3	3	3	3	3	3
			<b>77</b>	<b>25</b>	<b>23</b>	<b>90</b>	<b>63</b>	<b>77</b>
			11	8	12	5	40	8
1997 H w H b	Caspar	888	4	4	4	4	4	4
			<b>71</b>	<b>51</b>	<b>36</b>	<b>95</b>	<b>87</b>	<b>81</b>
	Scirocco	893	10	19	10	3	29	6
			3	3	3	3	3	3
			<b>68</b>	<b>38</b>	<b>33</b>	<b>91</b>	<b>68</b>	<b>81</b>
			10	0	11	1	10	7
1999 b	Divine	891	8	8	8	8	8	8
			<b>73</b>	<b>73</b>	<b>32</b>	<b>89</b>	<b>31</b>	<b>79</b>
			9	22	14	4	28	6
DLG 1991	Acker- bohnen	880	<b>82</b>	<b>44</b>	<b>30</b>	<b>90</b>	<b>79</b>	<b>81</b>
			3	15	10	2		

BF: Blütenfarbe, w: weißblühend, b: buntblühend; H: Hohenlieth

1. Zeile: Anzahl der Versuchstiere, 2. Zeile: Verdaulichkeit in %, 3. Zeile: Standardabweichung

In den niederländischen Futterwerttabellen wird bei der Rohproteinverdaulichkeit zwischen bunt- und weißblühenden Ackerbohnen unterschieden. Die Verdauungskoeffizienten sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

**Tabelle 61: Verdauungskoeffizienten (%) von bunt- und weißblühenden Ackerbohnen für Schweine (nach CVB 1995)**

<b>Blütenfarbe</b>	<b>Rohprotein</b>	<b>Rohfett</b>	<b>Rohfaser</b>	<b>N-freie Extraktstoffe</b>
<b>Bunt</b>	81	44	26	92
<b>Weiß</b>	87	44	26	92

Der Vergleich mit den eigenen Ergebnissen bestätigt zum einen, daß weißblühende Sorten höher verdauliches Rohprotein als buntblühende Sorten aufweisen. Allerdings erscheint das Niveau der Rohproteinverdaulichkeiten in der niederländischen Tabelle für die weißblühenden Sorten sehr hoch. Zum anderen läßt sich aus den Daten der Tabelle 61 erkennen, daß auch die N-freien Extraktstoffe weißblühender Sorten meist höher als die aus buntblühenden Sorten verdaut wurden, wobei z.T. erheblich über den DLG-Tabellenwerten liegende Verdaulichkeiten auftraten. Es wird damit einerseits das gegenüber der DLG-Tabelle höhere Verdaulichkeitsniveau für die N-freien Extraktstoffe in den niederländischen Tabellen bestätigt, andererseits aber auch angedeutet, daß die Verdauungskoeffizienten für diese mengenmäßig bedeutende Nährstoff-Fraktion abweichend von der niederländischen Tabelle nach weiß- und buntblühenden Ackerbohnenarten unterscheiden sollte. Als Ursache für niedrigere Nährstoffverdaulichkeiten buntblühender Sorten gelten vorrangig die höheren Gehalte an Gesamtphenolen bzw. Tanninen (MAKKAR et al. 1997), die sich demnach nicht allein verdaulichkeitsmindernd auf die Rohproteinfraktion, sondern auch auf die Kohlenhydrate auswirken.

In Tabelle 62 sind die Gehalte sämtlicher untersuchter Ackerbohnen an umsetzbarer Energie zusammengestellt.

**Tabelle 62: Zusammenfassende Darstellung der Gehalte an umsetzbarer Energie der Ackerbohnen (ME, MJ/kg T,  $\bar{x}$ )**

Ackerbohnen- sorte	Versuchsjahr			Mittel
	1997 R	1997 H	1999 R	
<i>weißblühend</i>				
<b>Caspar</b>	14,67	14,07	÷	14,37
<b>Gloria</b>	15,08	÷	÷	15,08
<i>buntblühend</i>				
<b>Divine</b>	÷	÷	14,00	14,00
<b>Alfred</b>	13,69	÷	÷	13,69
<b>Scirocco</b>	13,67	13,57	÷	13,62
<b>Mittel</b>	14,28	13,82	14,00	14,03/14,15

R: Relliehausen; H: Hohenlieth

In Abhängigkeit von den Einflüssen der Versuchsjahre und Sorten treten Unterschiede in den Futterwerten auf. Die Abweichungen zwischen den Versuchsjahren sind nicht allein auf mögliche Standort- und Witterungseinflüsse, sondern möglicherweise auch auf Unterschiede der jeweiligen, zum Vergleich herangezogenen Grundmischungen zurückzuführen. Andererseits weisen die weißblühenden Ackerbohnsorten gegenüber den buntblühenden höhere Futterwerte auf. Die niedrigsten Gehalte an umsetzbarer Energie ergaben sich für die buntblühende Sorte „Scirocco“. Im Durchschnitt läßt sich der Unterschied zwischen weiß- und buntblühenden Sorten auf rd. 0,9 MJ ME/kg T, d.h. auf rd. 6 % höhere Werte zugunsten weißblühender Sorten beziffern.

### 5.3.6 Ackerbohne „Divine“ der Ernte 1999 (Versuch III)

#### Methioninergänzung mit DL-Met oder DL-MHA

Die Ackerbohnenmischungen aus Versuch III wiesen ohne Ergänzung 0,17 g Met/MJ ME auf und waren deutlich methionindefizitär. Die Supplementierungen beliefen sich pro MJ ME auf zusätzlich 0,12 g DL-Met bzw. 0,12 g DL-MHA-Methioninäquivalent. DL-MHA führte zu den höchsten, die gewählte Signifikanzgrenze nur knapp verfehlenden N-Retentionen der Schweine. Dies ist umso bemerkenswerter, als bei der Herstellung der Futtermischungen die reine MHA-Substanz, die in der eingesetzten Form einer 88%igen Flüssigkeit ein Gemisch aus 65% Mono-, 20% Di- und 3% Trimeren der 2-Hydroxy-4-Methyl-Mercapto-Buttersäure darstellt (BRUYER & VANBELLE 1990), als vollständig methioninäquivalent angerechnet worden ist. Die Ergebnisse bestätigen damit die auch unter anderen Versorgungsbedingungen beobachtete Wirkungsäquivalenz von DL-Met und DL-MHA für den N-Ansatz wachsender Schweine

(CHUNG & BAKER 1992, RÖMER & ABEL 1999). Außerdem führte die Ergänzung mit DL-MHA zu niedrigeren Harn-N-Ausscheidungen.

### **Mineralstoffbilanzen**

Die Mineralstoffbilanzen berechneten sich aus den aufgenommenen Nährstoffen mit dem Futter minus den über Kot und Harn ausgeschiedenen Mineralstoffe. Mit dem Tränkewasser aufgenommene Nährstoffe wurden aufgrund sehr niedriger Gehalte nicht mit in die Berechnungen einbezogen.

Die Schweine setzten im Mittel pro kg Lebendmassezunahme (LMZ) 7,4 g Calcium, 4,5 g Phosphor, 0,9 g Natrium und 4,0 g Kalium an. Frühere Untersuchungen (ABEL et al. 1983) an anderen Schweineherkünften führten zu höheren Ansatzwerten für Calcium (7,7 – 9,4 g/kg LMZ) und Phosphor (4,4 – 5,3 g/kg LMZ), darüberhinaus auch für Natrium (1,3 g/kg LMZ; GÜNTHER 1972). Für den Mastbereich von 20 – 100 kg Lebendmasse werden in neueren Untersuchungen P-Ansatzwerte von 3,7 – 6,2 g/kg LMZ genannt (SCHULZ & BERK 1996). Mit steigender Mastintensität sinkt der Mineralstoffansatz pro kg Lebendmassezunahme bei zunehmend engerem Ca:P-Verhältnis (MOINZADEH 1975). Das Ca:P-Verhältnis des Ansatzes lag in dieser Untersuchung mit 1,7:1 verhältnismäßig niedrig. Eine Erklärung könnte in relativ zum Skelett hohen Muskel- bzw. Weichgewebeanteilen des Ansatzes moderner Schweineherkünfte liegen.

Die Bilanzergebnisse für Stickstoff und Mineralstoffe lassen erkennen, daß die Nährstoffretention in der Soja- und der DL-MHA-ergänzten Gruppe näher beieinander als bei den mit DL-Met-ergänzttem Futter versorgten Schweine lagen. Auch wenn keine statistisch signifikanten Unterschiede auftraten, so ist doch die einheitliche Wirkungsrichtung bei allen untersuchten Nährstoffen auffallend. Ob es sich im Falle der DL-MHA-Ergänzung um einen verwertungsbeeinflussenden Effekt, möglicherweise analog zur positiven Wirkung von Zusätzen organischer Säuren - bei allerdings wesentlich höherem Zusatzniveau - auf die Verdaulichkeiten und Retentionen bei wachsenden Schweinen handelt (KIRCHGESSNER & ROTH 1980, MROZ et al. 2000), muß künftigen Untersuchungen überlassen bleiben.

### **Säure-Basen-Status**

Der Säure-Basen-Status des Harns der Schweine wurde in Verbindung mit den Ackerbohnenmischungen gegenüber der Versorgung mit der Sojamischung deutlich in den alkalischen Bereich verschoben. Ursächlich hierfür dürfte in erster Linie die höhere kaliumbedingte Elektrolytbilanz des Futters gewesen sein. Darüber hinaus können auch die verstärkte Absorption dissoziierter flüchtiger Fettsäuren aus der Enddarmfermentation und die höheren Mengen anionischer Aminosäuren (Asp, Glu) nach deren Protonierung im Blut zu alkalischen Titrationsäquivalenten im Harn der mit den Ackerbohnenmischungen versorgten Schweine beigetragen haben. Die Ergänzung des Futters mit der schwachen Säure DL-MHA

fürte jedoch im Vergleich zu DL-Met nicht zu einer deutlichen Veränderung der Säure-Basen-Ausscheidung im Harn.

### 5.3.7 Mast- und Schlachtversuche

Die auf der Versuchswirtschaft Rellichausen durchgeführten Mastversuche sollten aufzeigen, mit welchen Mast- und Schlachtleistungen von Schweinen bei Verwertung der auf dem Betrieb angebauten Ackerbohnsorten im Vergleich zu einer konventionellen Getreide/Sojamischung zu rechnen ist. Dazu dienten ein Versuch in der Anfangs- und zwei Versuche in der Endmast.

#### 5.3.7.1 Anfangsmast mit Ackerbohnen der Ernte 1998

In der Anfangsmast (ca. 30 - 60 kg Lebendmasse) kamen mit 15 % Ackerbohnen an der oberen Einsatzempfehlung (ABEL 1996) liegende Anteile in der Futtermischung zum Einsatz. Mit angepaßten Tier- und Blutmehlanteilen und Ergänzungen kristalliner Aminosäuren wurde in allen Versuchsgruppen ein gleiches Versorgungsniveau auf Bruttobasis angestrebt, so daß, gemessen an Parametern der Mastleistung und Futtermwertung, auch Hinweise auf die Verdaulichkeit und die intermediären Verfügbarkeit der Aminosäuren verschiedener Ackerbohnsorten und im Vergleich zu Sojaextraktionsschrot als Haupteiweißkomponente des Futters ermöglicht werden sollten.

Der Lysingehalt des Futterproteins (vgl. Tabelle 36) belief sich über alle Versuchsgruppen hinweg auf 5,4 – 5,9 %. Unterstellt man die bereits diskutierten mittleren ME-Gehalte für weiß- bzw. buntblühende Ackerbohnsorten (weiß 14,61 MJ bzw. 13,73 MJ ME/kg T; s.o.) und für die übrigen Futterkomponenten ME-Gehalte laut DLG-FUTTERWERTTABELLE FÜR SCHWEINE (1991), berechnen sich unter Berücksichtigung der analysierten Aminosäuregehalte der Futtermischungen (vgl. Tabelle 36) die folgenden ME-bezogenen Lysingehalte der Futtermischungen:

**Tabelle 63: Relation von Lysingehalt zu Energiegehalt (g Lys/MJ ME) und Anteil kristallinen Lysins am Gesamtlysin (%)**

Futtermischung	g Lys/MJ ME	Anteil kristallines Lysin (% vom Gesamtlysin)
Caspar	0,78	5,3
Alfred	0,76	5,2
Gloria	0,73	5,5
Scirocco	0,79	5,3
Soja	0,71	17,3

Neben dem Gehalt an Lysin ist auch das Verhältnis der Aminosäuren zueinander leistungsbestimmend für Mastschweine. In Tabelle 64 sind die analysierten Aminosäuregehalte

der Futtermischungen (siehe Tabelle A 11, Mittel der beiden Mischtermine) in Relation zum Lysingehalt gesetzt. Da für Tryptophan keine Analysen vorlagen, wurde hier der Gehalt mit Tabellenwerten berechnet.

**Tabelle 64: Relationen der Gehalte an essentiellen Aminosäuren in den Futtermischungen der Anfangsmast im Vergleich zum idealen Protein**

Gruppe	Lys	Met + Cys	Thr	Trp	Ile	Leu	His	Val
<b>Ideales Protein nach WANG &amp; FULLER (1989)</b>	<b>100</b>	<b>60</b>	<b>66</b>	<b>19</b>	<b>60</b>	<b>111</b>	<b>39</b>	<b>75</b>
<b>Soja</b>	100	67	68	22	74	135	47	88
<b>Caspar</b>	100	59	66	18	69	135	47	87
<b>Gloria</b>	100	62	67	19	73	140	48	91
<b>Alfred</b>	100	59	67	19	69	137	47	87
<b>Scirocco</b>	100	60	67	18	68	135	46	87

Auf Brutto-Basis entsprachen alle Versuchsmischungen den Anforderungen an ein ideales Protein (WANG & FULLER 1989) weitgehend. Deutlichere Überversorgungen traten bei Leucin, Histidin und Valin auf.

Die laut Futterliste zu berechnenden Aufnahmen der Schweine an umsetzbarer Energie, Rohprotein und Lysin führten zu unerwartet niedrigen Zunahmen und ungünstigen Futterverwertungen der Schweine. So nahmen die Tiere bei Lebendmassen um 50 kg rechnerisch über 26 MJ ME, rd. 350 g Rohprotein und 19 - 21 g Lysin pro Tier und Tag auf, was nach geltenden Versorgungsempfehlungen tägliche Zunahmen von 800 g gewährleisten sollte (GfE 1987). Entsprechend wiesen Schweine bei Tagesaufnahmen von 24,0 - 27,2 MJ ME, 338 - 383 g Rohprotein und 20,0 - 22,7 g Lysin im Lebendmassebereich von 30 - 65 kg Tageszunahmen von 887 g (weibliche Tiere) bzw. 971 g (Kastraten) und Futterverwertungen von 1 : 2,06 (weibliche Tiere) bzw. 1 : 2,14 (Kastraten) auf (DREISHING 1999). Auch die energiebezogenen Lysingehalte der Futtermischungen (s.o.) lagen mit 0,71 - 0,78 g/MJ ME weit oberhalb der Versorgungsempfehlungen von 0,62 - 0,67 g Lysin/MJ ME für tägliche Zunahmen im Lebendmassebereich der Schweine um 50 kg von 700 - 900 g (GfE 1987). Dennoch nahmen die Tiere nur 660 und 670 g an Lebendmasse pro Tag zu (vgl. Tabelle 38).

Die Versorgung der Schweine mit verfügbarem Lysin würde sich bei Berücksichtigung einer pauschalen Verdaulichkeit von 80 % auf das Niveau der GfE-Empfehlung für tägliche Zunahmen von 700 g reduzieren. Auch dann bleibt allerdings unerklärlich, warum nach Fütterung der Soja- oder Ackerbohnenmischungen keine Unterschiede in den tierischen Leistungen auftraten, denn Aminosäuren aus Ackerbohnen werden gegenüber solchen aus Sojaextraktionsschrot als allgemein niedriger verdaulich eingeschätzt. Nach den niederländischen Futterwerttabellen (CVB 1995) beläuft sich die scheinbare ileale

Lysinverdaulichkeit für Sojaschrot auf 86 % und für Ackerbohnen auf 80 - 84 %. Die Schweine der Sojagruppe waren wie oben gezeigt bezogen auf ME am niedrigsten mit Lysin versorgt. Es ist davon auszugehen, daß sich bei diesen Schweinen gegenüber den mit Ackerbohnen versorgten Schweinen deutlich höhere Anteil an hoch verfügbarem kristallinen Lysin zusätzlich günstig ausgewirkt haben. Demgegenüber entstammte das Lysin in den Gruppen mit Ackerbohnen zu rd. 95 % aus natürlichen Futterkomponenten. In den niederländischen Futterwerttabellen werden für weißblühende Ackerbohnen 84 % und für buntblühende Ackerbohnen 80 % ileale Lysinverdaulichkeiten angegeben (CVB 1995). Demzufolge wären in der eigenen Untersuchung auch Unterschiede zwischen den mit buntblühenden oder weißblühenden Ackerbohnsorten gefütterten Schweinen zu erwarten gewesen. Angedeutet findet sich dieses in den gleichwertigen Mastleistungen der mit der weißblühenden Sorte Gloria auf niedrigerem Lysinniveau versorgten Schweine.

Insgesamt bleibt festzustellen, daß die in dem durchgeführten Anfangsmastversuch erzielten Tageszunahmen und Futterverwertungen der Schweine erheblich hinter dem aufgrund der Versorgungslage zu erwartenden Leistungsniveau zurückgeblieben sind. Eine unterhalb des Maximalbedarfs liegende Energie- und Nährstoffversorgung hätte unterschiedliche Verfügbarkeiten der Futterenergie und -nährstoffe bei Fütterung der einzelnen Versuchsmischungen deutlich aufzeigen müssen. Mit den erhobenen Daten läßt sich nicht klären, in wieweit die genetische Herkunft der Schweine leistungsbegrenzend gewirkt hat. Auch andere Autoren kamen bei Untersuchungen mit anderen Fragestellungen in der Schweinezuchtanlage Relliehausen zu in vergleichbarer Größenordnung liegenden Parametern der Mastleistung (BISCHOFF 1996, GÖDEKE 1998, CHAINETR 2001). Neben der genetischen Herkunft können darüber hinaus die Haltungsbedingungen in der Schweinezuchtanlage von Einfluß gewesen sein. Es wäre zu klären, ob Maßnahmen in der Tierhaltung sowie Tier- und Stallhygiene die Mastleistung der Schweine zu steigern vermögen. Damit könnte im weitesten Sinne ein Beitrag zur Frage nach den Energie- und Nährstoffaufwendungen für Gesundheit bzw. nach Futtereinsparungen für Wohlbefinden der Tiere geleistet werden. Für die Fütterungspraxis lassen die Ergebnisse des Versuchs den Schluß zu, daß bei mittlerem Leistungsniveau der Tiere und praxisüblicher Aminosäuren-, Mineral- und Wirkstoffergänzung mit Ackerbohnen-Getreidemischungen - unabhängig von der Ackerbohnsorte - gleiche Mastleistungen und Futterverwertungen in der Anfangsmast von Schweinen erzielt werden können wie mit energie- und proteinäquivalenten Soja-/Getreidemischungen.

### 5.3.7.2 Endmast

In der Endmast wurden mit 25 % sehr hohe Anteile Ackerbohnen in den Futtermischungen eingesetzt. Im ersten Endmastversuch mit Ackerbohnen der Ernte 1997 erfolgten in Abhängigkeit von den Aminosäuregehalten der einzelnen Ackerbohnsorten angepaßte Zumischungen von Kartoffelprotein und Maiskleber, L-Lysin-HCl und DL-Methionin, um für alle Versuchsfuttermischungen vergleichbare Aminosäuregehalte auf Brutto-Basis zu erreichen.

Unterschiedliche Reaktionen der Schweine bei Mast- und Schlachtleistungen sollten damit Unterschiede in den Futterwirkungen der verschiedenen Ackerbohnsorten untereinander und im Vergleich zu einer konventionellen Soja-/Getreidemischung aufzeigen.

Unter Zugrundelegung von Tabellenwerten (DLG 1991) für die ME-Gehalte der einzelnen Futterkomponenten und der analysierten Gehalte an Rohprotein und Aminosäuren (Tabelle 39) sowie der Merkmale der Mastleistung (Tabelle 41) berechnen sich durchschnittlich pro Tier und Tag aufgenommene Mengen von 33,9 - 34,9 MJ ME, 417 - 452 g Rohprotein und 22,6 - 24,5 g Lysin. Die Lysingehalte der Futtermischungen lagen mit 0,65 - 0,72 g Lysin/MJ ME sehr hoch. Die Relationen der essentiellen Aminosäuren untereinander gehen aus Tabelle 65 hervor.

**Tabelle 65: Relationen der Gehalte an essentiellen Aminosäuren in den Futtermischungen der Endmast im Vergleich zum idealen Protein (Ernte 1997)**

Gruppe	Lys	Met + Cys	Thr	Trp	Ile	Leu	His	Val
<b>ideales Protein nach WANG &amp; FULLER (1989)</b>	<b>100</b>	<b>60</b>	<b>66</b>	<b>19</b>	<b>60</b>	<b>111</b>	<b>39</b>	<b>75</b>
<b>Soja</b>	100	66	68	24	76	141	50	89
<b>Caspar</b>	100	61	67	18	65	140	41	79
<b>Gloria</b>	100	61	67	18	73	149	44	87
<b>Alfred</b>	100	58	66	18	67	135	40	77
<b>Scirocco</b>	100	60	67	17	63	135	41	77

Im Vergleich zum idealen Protein wird nur in der Futtermischung mit der Ackerbohnsorte Alfred ein relativ zu Lysin begrenzender Gehalt des Futterproteins an Methionin + Cystin angedeutet. Mit diesen zugeführten Energie- und Nährstoffmengen wurden die Versorgungsempfehlungen für Mastschweine (GFE 1987) für intensiv gemästete Schweine mindestens erfüllt, im Falle von Lysin und damit auch der übrigen essentiellen Aminosäuren deutlich übertroffen.

Der Versorgung entsprechend, erreichten die täglichen Zunahmen der Schweine durchschnittlich knapp 800 g/Tier (Tabelle 41). Es ergaben sich aber weder bei den Parametern der Mast- noch der Schlachtleistung signifikante Unterschiede zwischen den Wirkungen der Futtermischungen mit Ackerbohnen noch zu der Mischung mit Sojaextraktionsschrot. Darüberhinaus fiel wie bereits in der Vormast (s.o.) die Futterverwertung mit 1 : 3,2 - 3,4 sehr ungünstig aus. Wenn auch in den Untersuchungen anderer Autoren in der gleichen Schweinezuchtanlage Relliehausen ähnliche Parameter der Mast- und Schlachtleistung erzielt wurden (BISCHOFF 1996, GÖDEKE 1998, CHAINETR 2001), so zeigen andere Autoren doch deutlich günstigere Ergebnisse für Schweine in der Endmast. So erzielte DREISHING (1999) mit Schweinen der Herkunft

„Hülseberg“ in der Endmast von 65 bis etwa 105 kg, Tageszunahmen von 852 g für weibliche Tiere und 923 g für Kastraten bei Futtermittelnverwertungen von 1 : 2,91 bzw. 1 : 2,88.

Anders als im Anfangsmastversuch dürften die Schweine in allen Gruppen relativ zum Bedarf insbesondere mit Aminosäuren überversorgt worden sein, so dass unterschiedliche Wirkungen der Bohnensorten nicht in den Parametern der Mast- und Schlachtleistung zum Ausdruck kommen konnten. Die ungünstige Futtermittelnverwertung dürfte daher nicht allein auf der Haltung, sondern auch auf einer zu hohen Nährstoffversorgung beruht haben. Demzufolge hätte eine knappere Versorgung zu günstigerer Futtermittelnverwertung geführt und mögliche unterschiedliche Wirkungen einzelner Bohnensorten auch im Vergleich zur Soja-/Getreidemischung sichtbar machen können. Andererseits erfolgte die Ergänzung der Futtermischungen nach üblichen praxisorientierten Verfahren der Futtermittelnoptimierung. Deshalb kann aus dem Ergebnis des Endmastversuchs auch geschlossen werden, daß Futtermischungen für Schweine in der Endmast mit Ackerbohnenanteilen von 25 % unabhängig von der Sorte der Ackerbohnen zu gleicher Mast- und Schlachtleistung wie konventionelle Futtermischungen auf Soja-Getreide-Basis führen, wenn entsprechende Ergänzungen mit Aminosäuren vorgenommen werden.

Im Endmastversuch mit Ackerbohnen der Ernte 1999 wurden mehr als zwei Drittel des Sojaextraktionsschrots der Kontrollmischung durch 25 % weiß- oder buntblühende Ackerbohnen ersetzt. Die Ackerbohnenmischungen wurden nicht sortenindividuell sondern pauschal mit den Aminosäuren Lysin, Methionin und Threonin ergänzt.

Im Durchschnitt nahmen die Schweine täglich 33,3 - 34,0 MJ ME, 392 - 415 g Rohprotein und 17,8 - 18,8 g Lysin auf. Die Lysingehalte lagen damit bei 0,53 - 0,56 g Lysin/MJ ME. Die Relationen der essentiellen Aminosäuren zum Lysin sind in der folgenden Tabelle 66 aufgezeigt.

**Tabelle 66: Relationen der Gehalte an essentiellen Aminosäuren in den Futtermischungen der Endmast im Vergleich zum idealen Protein (Ernte 1999)**

Gruppe	Lys	Met + Cys	Thr	Trp	Ile	Leu	His	Val
<b>ideales Protein nach WANG &amp; FULLER (1989)</b>	<b>100</b>	<b>60</b>	<b>66</b>	<b>19</b>	<b>60</b>	<b>111</b>	<b>39</b>	<b>75</b>
<b>Soja</b>	100	67	68	27	72	137	49	88
<b>Divine</b>	100	61	64	21	70	133	47	86
<b>Gloria</b>	100	60	63	21	71	135	46	86
<b>Alfred</b>	100	63	65	21	70	132	48	84
<b>Scirocco</b>	100	64	67	23	72	137	49	88

Außer dem Threoninegehalt der Ackerbohnenmischungen lagen alle Aminosäuregehalte z. T. deutlich über den geforderten Relationen des idealen Proteins. Es kam also bei der pauschalen

Aminosäureenerganzung nicht zu Defiziten, sondern eher zu uberversorgungen im Vergleich mit dem Aminosauremuster des idealen Proteins.

Der Vergleich der Empfehlungen zur Energie- und Lysinversorgung von Mastschweinen (vgl. Tabelle 67) mit dem im Versuch erreichten Versorgungsniveau zeigt eine gute Übereinstimmung zwischen Versorgungsempfehlung und den tierischen Leistungen. Sowohl in dem Versuch zur Anfangsmast als auch zur Endmast mit Ackerbohnen der Ernte 1997 überstiegen die Lysin-/ME-Quotienten erheblich die Versorgungsempfehlungen. Im Endmastversuch mit Ackerbohnen der Ernte 1999 lag der Lysin/ME-Quotient im Mastabschnitt von 60 - 80 kg geringfügig über der empfohlenen Versorgung, im Mastabschnitt von 80 - 100 kg jedoch deutlich über den Versorgungsempfehlungen, so daß auch in diesem Versuch nur relativ ungünstige Futtermittelverwertungen erzielt wurden. Auch in Untersuchungen anderer Autoren (CAMPBELL et al. 1984) zeigte sich, daß bei einer uberversorgung der Mastschweine mit Aminosäuren und Protein, die Tageszunahmen wieder zurückgehen und der Futteraufwand je kg Lebendmassezuwachs steigt.

**Tabelle 67: Empfehlungen zur Energie- und Lysinversorgung von Mastschweinen bei mittleren Tageszunahmen von 750 g (nach KIRCHGESSNER 1997)**

<b>Lebendmasse, kg</b>	<b>20 - 40</b>	<b>40 - 60</b>	<b>60 - 80</b>	<b>80 - 100</b>
<b>Tägl. Zunahme, g</b>	<b>650</b>	<b>750</b>	<b>850</b>	<b>750</b>
<b>Umsetzbare Energie, MJ/Tag</b>	18,3	25,9	32,7	35,0
<b>Lysin, g/Tag</b>	13,8	16,4	19,1	16,6
<b>g Lys/MJ ME</b>	0,75	0,63	0,58	0,47

Wie schon in dem oben diskutierten Endmastversuch mit Ackerbohnen der Ernte 1997 traten auch in diesem Versuch mit Ackerbohnen der Ernte 1999 keine Unterschiede zwischen den Wirkungen der Ackerbohnenarten und im Vergleich zu denen einer Soja-/Getreidemischung auf die Mast- und Schlachtleistungen der Schweine auf. Es läßt sich daher wiederum schlußfolgern, daß mit dem Einsatz ackerbohnereicher Futtermischungen bei einer uberversorgung mit Aminosäuren keine geringeren Mast- und Schlachtleistungen von Schweinen im Vergleich zur Versorgung mit Soja-Getreidemischungen zu erwarten sind. Da die Futtermischungen auch in diesem Versuch praxisorientiert, d.h. überwiegend unter Verwendung von Tabellenwerten für die eingesetzten Futterkomponenten energie- und nahrstoffmaig, aber auch kostenmäßig optimiert und entsprechend mit kristallinen Aminosäuren ergänzt worden sind, wäre in zukünftigen Untersuchungen zu prüfen, welche Einsparungen durch gezieltere Aminosaureenerganzungen mit ackerbohnereichen Futtermischungen für Mastschweine noch erreicht werden können. Derartige Untersuchungen erscheinen auch deshalb angezeigt, weil die Frage des Einsatzes von Körnerleguminosen, speziell Ackerbohnen, in Mastversuchen anderer

Autoren zu z.T. übereinstimmenden, aber auch abweichenden Ergebnissen geführt haben. So traten in einem Versuch mit bis zu 26,5 % Anteilen Ackerbohnen der Sorte „Albatross“ keine signifikanten Unterschiede in den täglichen Zunahmen und in der Futtermittelverwertung im Vergleich zu einer Soja-Kontrollration auf, während die Schlachtkörper der mit hohen Ackerbohnenanteilen gefütterten Schweine deutlich stärker verfetteten (BURGSTALLER et al. 1990).

HOPPENBROCK et al. (1998) verfütterten an 50 weibliche und 50 männliche Schweine vier Versuchsmischungen. Eine Mischung enthielt Ackerbohnen (20 % in der Anfangs- und 16 % in der Endmast) und Kartoffeleiweiß, eine zweite Mischung Erbsen und Lupinen (47 % in der Anfangs- und 33 % in der Endmast) und eine dritte Mischung Ackerbohnen und Lupinen (48 % in der Anfangs- und 33 % in der Endmast). In der Kontrollration wurde neben Gerste ein Eiweißkonzentrat eingesetzt. Zwischen den Rationen mit und ohne Eiweißergänzung traten signifikant niedrigere tägliche Zunahmen auf. Auch in der Schlachtleistung war der Muskelfleischanteil in den Rationen mit Eiweißergänzung signifikant erhöht und der intramuskuläre Fettgehalt war signifikant niedriger als in den Rationen mit Leguminosen, aber ohne Eiweißergänzung.

### **5.3.7.3 Schlachtleistungen**

Die Schlachtkörperleistungen in den beiden Endmastversuchen sind nahezu gleich. Im zweiten Versuch liegt die Ausschachtung mit durchschnittlich 78,6 % geringfügig unter dem ersten Endmastversuch mit 79,8 %. Der Muskelfleischanteil sowie auch das Speck- und Fleischmaß unterscheiden sich nicht.

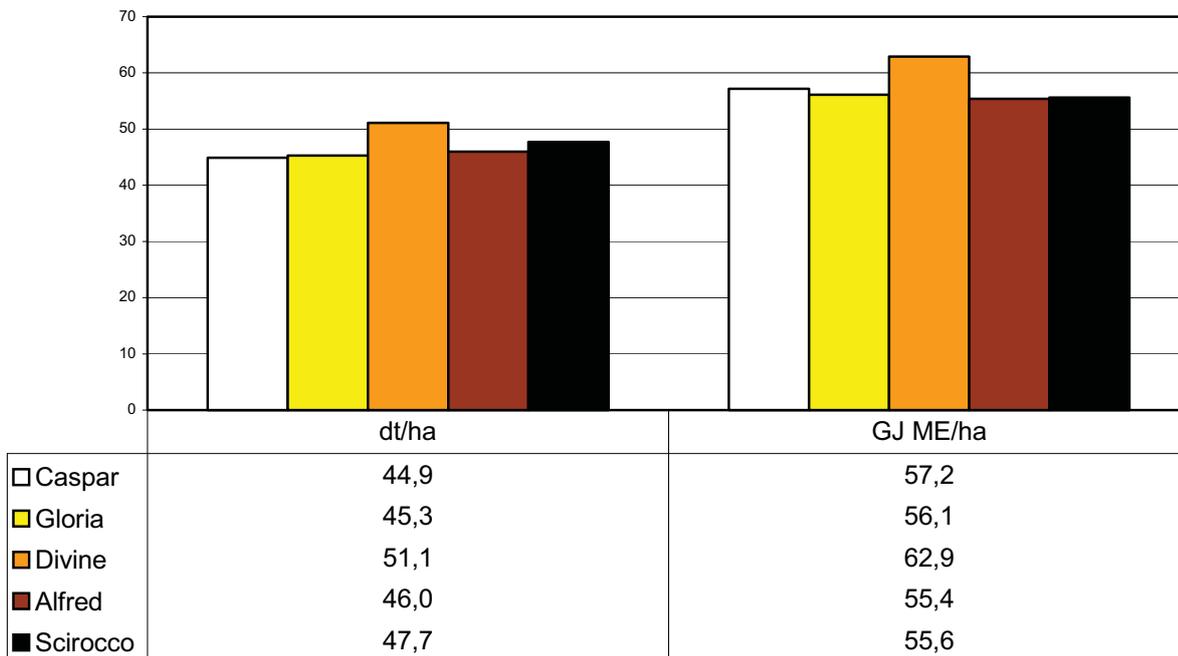
Der 45 Minuten nach der Schlachtung im Kotelett gemessene pH-Wert ist im zweiten Mastversuch (6,5) höher als im ersten Versuch (6,2). Der höhere Wert ist durch eine Umstellung in der Betäubungstechnik auf dem Schlachthof Rosdorf von der elektrischen Betäubungszange auf die Betäubung im CO<sub>2</sub>-Bad zu erklären und wird auch durch andere Untersuchungen (CHAINETR 2001) bestätigt.

HOPPENBROCK et al. (1998) führten Mastversuche durch, in denen in den Leguminosenmischungen keine Ergänzung mit Kartoffelprotein stattfand. Bei den Schlachtkörpermerkmalen ergaben sich signifikant niedrigere Muskelfleischanteile und kleinere Rückenmuskelflächen, welche auf eine reduzierte Versorgung mit essentiellen Aminosäuren zurückgeführt werden.

### **5.3.8 Ertragspotential von Ackerbohnen**

Aus den mittleren Erträgen an Ackerbohnen (Tabelle A 1) und den in Stoffwechselversuchen bestimmten Energiegehalten lassen sich sortenspezifische Ertragspotentiale pro ha für

umsetzbare Energie berechnen. In der folgenden Abbildung werden die ME-Erträge für Schweine dargestellt.



**Abbildung 3: Erträge verschiedener Ackerbohnsensorten**

Es ist zu erkennen, daß niedrige Kornerträge durchaus durch hohe ME-Gehalte der Ackerbohnen kompensiert werden können. Dieser Gesichtspunkt gewinnt in der Geflügelfütterung noch weitaus größere Bedeutung, weil hier die Unterschiede zwischen den Sorten bezüglich der ME-Gehalte größer als bei Schweinen ausfallen (ABEL et al. 1998). Da Ackerbohnen gegenwärtig nach Masse und nicht nach ME-Gehalt bezahlt werden, dürfte ein möglichst hoher Massenertrag das vorrangige Interesse des Ackerbauern sein. Bei betriebseigener Verwertung wäre allerdings sorgfältig zu prüfen, wie sich der Anbau einer Sorte mit möglicherweise geringerem Kornertrag aber höherem ME-Gehalt betriebswirtschaftlich auswirkt.

### 5.3.9 Zusammenfassende Schlußbemerkung

Die vorstehenden Untersuchungen zum Futterwert und zum Einsatz von Ackerbohnen in der Schweineernährung haben zu einem widersprüchlichen Ergebnis geführt. Einerseits ergaben sich für weißblühende Ackerbohnsensorten höhere Verdaulichkeiten und Futterwerte als für buntblühende Sorten. Es konnten daher unterschiedliche Wirkungen zumindest zwischen weiß- und buntblühenden Sorten, aber auch Unterschiede zwischen den Wirkungen von Sojaextraktionsschrot und Ackerbohnen auf die Mast- und Schlachtleistungen von Schweinen erwartet werden. Andererseits traten jedoch derartige Unterschiede in den praxisorientierten Mastversuchen nicht auf.

Hieraus sollte jedoch nicht der Schluß gezogen werden, daß weiß- oder buntblühende Ackerbohnsorten gleiche Futterwerte aufweisen. Die Ergebnisse sprechen vielmehr dafür, daß - wie bereits in den niederländischen Futterwerttabellen - zwischen diesen beiden Arten von Ackerbohnen unterschieden werden sollte. Weitere Futterwertmessungen erscheinen dringend erforderlich.

Weißblühende Sorten mit hoher Protein- bzw. Aminosäurenverdaulichkeit stellen wesentlich höhere Mengen an Aminosäuren im Intermediärstoffwechsel monogastrischer Nutztiere zur Verfügung als tanninreichere, buntblühende Sorten mit geringeren Verdaulichkeitswerten. Erstere könnten daher bei gezielter Aminosäureergänzung, vorrangig Methionin, wirkungsvoll auch zur Reduzierung des Rohproteinangebots in der Schweineernährung verwendet werden und damit einen umweltfördernden Beitrag zur Reduzierung des Nährstoffanfalls aus der Tierhaltung leisten.

Die wenig differenzierten Wirkungen der eingesetzten Ackerbohnsorten in den Mastversuchen entsprachen bezüglich Futterkonzeption und Fütterung den in vielen Mastbetrieben anzutreffenden Verhältnissen. Futteroptimierungen unter Verwendung von Tabellenwerten stellen in der Praxis die Regel dar. Die Ergänzung mit proteinreichen Futterkomponenten und kristallinen Aminosäuren erfolgt routinemäßig mit standardisierten Produkten und Vormischungen meist unter Berücksichtigung von über den offiziellen Versorgungsempfehlungen liegenden Sicherheitszuschlägen. Die genaue Analyse der Futtermischungen in der vorstehenden Untersuchung konnte ein z.T. krasses Überangebot an Aminosäuren aufzeigen. Es ist davon auszugehen, daß vergleichbare Verhältnisse in der Praxis der Schweinemast auftreten. Vor diesem Hintergrund dürften sich noch erhebliche Möglichkeiten zur gezielteren Versorgung von Mastschweinen und zur Verminderung von Nährstoffüberschüssen aus der Schweineernährung bieten.

Insgesamt bestätigen die erzielten Ergebnisse, daß Ackerbohnen als wertvolle Futterkomponente in der Schweineernährung eingesetzt werden können und dies mit umso größerem Erfolg, je genauere Kenntnisse über Anbau, Futterwert und erforderliche Ergänzungen vorhanden sind.

## 6 Zusammenfassung

Auf den Flächen des Versuchsgutes Relliehausen der Universität Göttingen wurden in drei aufeinander folgenden Jahren je vier Sorten Ackerbohnen angebaut. In den ersten beiden Jahren kamen je zwei bunt- und zwei weißblühende Sorte, im dritten Jahr drei bunt- und eine weißblühende Sorte zum Anbau. Die Erträge variierten zwischen 41,5 und 52,1 dt/ha und Jahr und lagen im Durchschnitt bei den buntblühenden Sorten (41,8 bis 52,1 dt/ha) etwas höher als bei den weißblühenden Sorten (41,5 bis 50,3 dt/ha).

Mit den geernteten Ackerbohnen aus Relliehausen und Erntegut der Pflanzenzuchtstation Hohenlieth wurden Stoffwechselversuche an Schweinen zur Ermittlung von N-Bilanzen, Nährstoffverdaulichkeiten und Futterwerten durchgeführt. Die Ergebnisse der N-Bilanzen zeigten durchschnittlich geringere fäkale und z.T. deutlich höhere renale N-Ausscheidungen der Schweine bei Fütterung von weißblühenden anstelle von buntblühenden Ackerbohnsorten. Die weißblühenden Sorten wiesen höhere Nährstoffverdaulichkeiten als die buntblühenden Sorten auf. Hieraus ergaben sich durchschnittlich 14,7 MJ ME/kg T für weißblühende und 13,8 MJ ME/kg T für buntblühende Sorten. Für die seit wenigen Jahren in Deutschland eingeführte buntblühende vicin- und convicinarme Sorte „Divine“ berechneten sich 14,0 MJ ME/kg T.

Aus den mittleren Erträgen und den Energiegehalten wurden sortenspezifische Ertragspotentiale an umsetzbarer Energie berechnet. Dabei zeigte sich, daß niedrige Kornerträge durch hohe ME-Gehalte kompensiert werden können. Bei betriebseigener Verwertung müßte geprüft werden, ob sich dies betriebswirtschaftlich positiv auswirkt.

In einem weiteren Versuch wurden methionin-defizitäre ackerbohnenhaltige Futtermischungen mit DL-Methionin-Hydroxyanalog (DL-MHA) oder mit DL-Methionin (DL-Met) methioninäquivalent ergänzt. Die beiden Supplemente führten zu gleichen N-Retentionen der Schweine, die renalen Ausscheidungen wurden bei Supplementierung mit DL-MHA reduziert. Die in Verbindung mit ackerbohnenreichen Futtermischungen festgestellte stärkere Alkalisierung des Harns und die dadurch gesteigerte NH<sub>3</sub>-Emissionsgefahr können demzufolge bei Supplementierung mit DL-MHA im Vergleich zur Ergänzung mit DL-Met vermindert werden.

In Mastversuchen in der Schweinezuchtanlage Relliehausen wurden insgesamt 537 Schweine mit Futtermischungen gefüttert, in denen mit 15 % Ackerbohnen in der Anfangsmast bzw. 25 % in der Endmast ein vollständiger oder teilweiser Austausch gegen Sojaextraktionsschrot erfolgte. Die Futtermischungen wurden entweder ackerbohnenartenspezifisch oder pauschal mit Aminosäuren ergänzt. Der Einsatz der Ackerbohnen führte weder im Vergleich der Sorten untereinander noch im Vergleich zu ackerbohnenfreien Futtermischungen mit Sojaextraktionsschrot zu signifikanten Unterschieden in Merkmalen der Mast- und Schlachtleistung. Diese Ergebnisse werden im Hinblick auf das von den Schweinen realisierte

Leistungsniveau und die auf Sicherheitszuschläge ausgerichtete Überversorgung der Tiere diskutiert.

Insgesamt sprechen die erzielten Ergebnisse für eine nach Blütenfarbe zu differenzierende Bewertung von Ackerbohnen in den Futterwerttabellen für Schweine. Bei praxisüblicher, auf Sicherheitszuschläge ausgerichteter Aminosäureergänzung ackerbohlenreicher Futtermischungen für Mastschweine lassen sich mit dem Einsatz von Soja-Getreidemischungen vergleichbare Mast- und Schlachtleistungen erzielen. Bei derartiger überschüssiger Supplementierungsweise treten keine wesentlichen Unterschiede in den Futtermischungen zu Mischungen mit weiß- oder buntblühenden Ackerbohnenarten auf. Allerdings bieten weißblühende Sorten aufgrund der im Vergleich zu buntblühenden Sorten höheren intermediären Verfügbarkeit der Aminosäuren bei exakt gezielter Aminosäureergänzung größere Möglichkeiten für den Einsatz proteinreduzierter und damit umweltfreundlicherer Fütterungsverfahren in der Schweinemast.

## 7 Summary

Different types of coloured and white flowering faba bean cultivars were grown on fields belonging to the Göttingen University Research Institute in Relliehausen for three consecutive years. In the first two years, two types of coloured and two types of white flowering cultivars were cultivated, while in the final year three coloured flowering cultivars and one white flowering cultivar were grown. The annual yield for all the cultivars varied between 41.5 and 52.1 dt/hectare. On average, the coloured flowering cultivars yield (41.8 to 52.1 dt/ha) tended to be higher than the white ones (41.5 to 50.3 dt/ha).

Faba beans grown in Relliehausen and at the Hohenlieth Cultivation Station were assessed according to their effects on N-balance, nutrient digestibility and feed value in digestibility trials in pigs. There was a lower faecal N-excretion and a strikingly higher renal N-excretion in pigs fed with the white flowering cultivars in comparison to those fed the coloured ones. The white flowering cultivars also proved to have a higher nutrient digestibility than the coloured ones (14.7 versus 13.8 MJ ME/kg DM, respectively). The recently introduced, vicin- and convicin-deficient coloured flowering cultivar "Divine", grown additionally in the third year, was found to have a nutrient digestibility of 14.0 MJ ME/kg DM.

The specific metabolisable energy yield potentials were calculated from the average yields and energy contents. These showed that lower seed yields can be compensated for by higher ME contents. Whether or not this would result in a positive economical effect when such beans are utilised on a farm needs to be investigated further.

In another trial, a feed mixture containing methionine-deficient faba beans was supplemented either with a DL-methionine hydroxanalogue (DL-MHA) or a DL-methionine equivalent (DL-Met). N-retention in the pigs was similar with both supplements, although the renal excretion of nitrogen was reduced when the feed was supplemented with DL-MHA. This indicates that the increased alkalinisation of the urine found in connection with faba-bean-rich feed mixtures and its associated increase in NH<sub>3</sub> emission could be reduced by supplementing the diet with DL-MHA rather than DL-Met.

Five hundred and thirty-seven pigs were fattened at the pig breeding station in Relliehausen using feed mixtures containing 15% faba beans at the beginning of the fattening trial and 25% in the final period, as either a total or partial exchange for coarse soya bean meal. These feed mixtures were supplemented with amino acids either specifically according to the requirements associated with the type of faba bean fed or generally. There were no significant differences in the pig fattening or carcass characteristics with respect either to the cultivars or the faba-bean-

free soya mixtures. These results are discussed with respect to the performance standards of the pigs and the over-supplementation of the animals with amino acids.

All in all, these results show that faba beans in the feed value tables for pigs must be evaluated according to colour of their flowers. When faba-bean-rich feed mixtures are adequately supplemented with amino acids, no reduction in either fattening or performance will occur. This surplus amino acid supplementation means that there are no essential differences in the feed mixtures containing either white or coloured flowering faba bean cultivars. The higher amino acid availability in the white flowering cultivars signifies that specific amino acid supplementation can be used with these, which would increase the possibilities of implementing protein-reduced (i.e. more ecologically beneficial) feeding methods in pig fattening.

## 8 Anhang

**Tabelle A 1: Erträge der verschiedenen Ackerbohnsorten auf dem Versuchsgut Rellichausen (dt/ha)**

	<b>Caspar</b>	<b>Gloria</b>	<b>Divine</b>	<b>Alfred</b>	<b>Scirocco</b>	<b>Alle Sorten</b>
<b>Ernte '97</b>	44,6	50,3	-	44,1	46,6	46,4 ± 2,8
<b>Ernte '98</b>	45,2	44,2	-	41,8	46,3	44,4 ± 1,9
<b>Ernte '99</b>	-	41,5	51,1	52,1	50,2	48,7 ± 4,9
$\bar{x} \pm s$	44,9 ± 0,4	45,3 ± 4,5	51,1 ± 0	46,0 ± 5,4	47,7 ± 2,2	47,0 ± 2,5

Die Ackerbohnsorte „Divine“ wurde nur im Jahr 1999 angebaut.

**Tabelle A 2: Aminosäuren- und Rohproteingehalte (%) der Ackerbohnsorten der Ernte 1997 (bezogen auf einen Trockenmassegehalt von 88 %)**

<b>Aminosäure</b>	<b>Ackerbohnsorte</b>			
	<b>weißblühend</b>		<b>buntblühend</b>	
	<b>Caspar</b>	<b>Gloria</b>	<b>Alfred</b>	<b>Scirocco</b>
<b>Lys</b>	1,39	1,79	1,60	1,63
<b>Met</b>	0,15	0,16	0,17	0,18
<b>Cys</b>	0,29	0,34	0,32	0,33
<b>Thr</b>	0,75	0,95	0,87	0,92
<b>Ile</b>	0,86	1,20	1,03	1,02
<b>Leu</b>	1,51	2,11	1,82	1,89
<b>His</b>	0,55	0,72	0,64	0,68
<b>Phe</b>	0,90	1,23	1,05	1,08
<b>Val</b>	0,95	1,28	1,13	1,17
<b>Arg</b>	1,61	2,62	2,16	2,25
<b>Asp</b>	2,19	3,07	2,65	2,75
<b>Ser</b>	0,96	1,33	1,16	1,20
<b>Glu</b>	3,25	4,45	3,95	4,07
<b>Pro</b>	0,77	1,09	0,97	0,97
<b>Gly</b>	0,92	1,16	1,08	1,09
<b>Ala</b>	0,90	1,12	1,00	1,07
<b>Rohprotein</b>	<b>21,14</b>	<b>28,20</b>	<b>25,46</b>	<b>26,19</b>

**Tabelle A 3: Aminosäuren- und Rohproteingehalte (%) der Ackerbohnsorten der Ernte 1998 (bezogen auf einen Trockenmassegehalt von 88 %)**

Aminosäure	Ackerbohnsorte			
	weißblühend		buntblühend	
	Caspar	Gloria	Alfred	Scirocco
<b>Lys</b>	1,51	1,85	1,69	1,71
<b>Met</b>	0,17	0,19	0,18	0,19
<b>Cys</b>	0,31	0,37	0,31	0,34
<b>Thr</b>	0,82	1,02	0,91	0,97
<b>Ile</b>	0,91	1,24	1,03	1,05
<b>Leu</b>	1,64	2,23	1,90	1,95
<b>His</b>	0,58	0,74	0,68	0,69
<b>Phe</b>	0,97	1,27	1,09	1,13
<b>Val</b>	0,99	1,29	1,13	1,16
<b>Arg</b>	1,86	3,01	2,37	2,41
<b>Asp</b>	2,48	3,37	2,82	2,95
<b>Ser</b>	1,05	1,40	1,19	1,25
<b>Glu</b>	3,65	4,72	4,05	4,24
<b>Pro</b>	0,90	1,19	0,99	1,05
<b>Gly</b>	0,97	1,20	1,05	1,10
<b>Ala</b>	0,92	1,12	0,99	1,06
<b>Rohprotein</b>	<b>22,79</b>	<b>30,70</b>	<b>27,05</b>	<b>26,89</b>

**Tabelle A 4: Aminosäuren- und Rohproteingehalte (%) der Ackerbohnsorten der Ernte 1999 (bezogen auf einen Trockenmassegehalt von 88 %)**

Aminosäure	Ackerbohnsorte			
	weißblühend Gloria	Divine	buntblühend Alfred	Scirocco
<b>Lys</b>	1,76	1,66	1,68	1,60
<b>Met</b>	0,16	0,17	0,17	0,16
<b>Cys</b>	0,25	0,26	0,28	0,22
<b>Thr</b>	0,89	0,89	0,86	0,84
<b>Ile</b>	1,16	1,06	1,04	0,99
<b>Leu</b>	2,09	1,95	1,89	1,84
<b>His</b>	0,70	0,69	0,66	0,65
<b>Phe</b>	1,19	1,10	1,08	1,05
<b>Val</b>	1,25	1,20	1,16	1,13
<b>Arg</b>	2,73	2,49	2,40	2,16
<b>Asp</b>	3,01	2,79	2,75	2,62
<b>Ser</b>	1,31	1,23	1,21	1,17
<b>Glu</b>	4,71	4,48	4,23	4,15
<b>Pro</b>	1,16	1,13	1,05	1,03
<b>Gly</b>	1,10	1,09	1,06	1,02
<b>Ala</b>	1,07	1,07	1,03	1,03
<b>Rohprotein</b>	<b>28,14</b>	<b>26,37</b>	<b>26,48</b>	<b>26,08</b>

**Tabelle A 5: Einzeltierdaten der N-Bilanz von Versuch I (Ernte 1997)**

Tier	Aufnahme, g/d	Ausscheidung				Retention, g/d	% Retention
		Kot, g/d	Harn, g/d	% Kot	% Harn		
Schwein 1	47,2	8,2	16,5	17,4	35,0	22,5	47,6
Schwein 2	47,2	8,1	15,7	17,2	33,3	23,4	49,5
Schwein 3	47,2	7,8	16,2	16,6	34,2	23,2	49,2
Schwein 5	43,0	7,4	14,7	17,3	34,1	20,9	48,6
Schwein 6	43,0	8,4	12,9	19,5	30,0	21,7	50,5
Schwein 8	43,0	7,7	13,0	17,8	30,3	22,3	51,9
Schwein 9	45,8	9,3	14,0	20,3	30,6	22,5	49,1
Schwein 11	45,8	7,2	15,2	15,8	33,1	23,4	51,1
Schwein 12	45,8	10,2	13,7	22,2	29,9	21,9	47,9
Schwein 13	42,4	6,5	15,2	15,3	35,7	20,8	49,0
Schwein 14	42,4	7,2	10,6	17,1	25,0	24,6	57,9
Schwein 15	42,4	8,3	11,8	19,6	27,8	22,3	52,6
Schwein 16	42,4	8,1	11,6	19,1	27,4	22,7	53,5
Schwein 17	45,4	9,4	13,9	20,7	30,6	22,1	48,7
Schwein 18	45,4	9,2	15,2	20,2	33,4	21,0	46,4
Schwein 20	45,4	10,1	14,7	22,4	32,3	20,6	45,3
Gloria	47,2	8,1	16,1	17,1	34,2	23,0	48,8
(Schwein 1,2,3)	0	0,20	0,40	0,43	0,86	0,48	1,02
Caspar	43,0	7,8	13,5	18,2	31,5	21,6	50,3
(Schwein 5,6,8)	0	0,48	0,98	1,13	2,28	0,71	1,65
Scirocco	45,8	8,9	14,3	19,4	31,2	22,6	49,4
(Schwein 9,11,12)	0	1,5	0,78	3,28	1,70	0,73	1,59
Soja	42,4	7,5	12,3	17,8	29,0	22,6	53,2
(Schwein 13 – 16)	0	0,84	1,97	1,98	4,65	1,56	3,68
Alfred	45,4	9,6	14,6	21,1	32,1	21,2	46,8
(Schwein 17,18,20)	0	0,52	0,65	1,15	1,42	0,79	1,73

**Tabelle A 6: Einzeltierdaten der Verdaulichkeitskoeffizienten von Versuch I (%)**

<b>Tier</b>	<b>T</b>	<b>XA</b>	<b>XP</b>	<b>XL</b>	<b>XF</b>	<b>XX</b>	<b>OS</b>	<b>BFS</b>	<b>ME</b>
Schwein 1	82,4	50,5	82,6	49,0	28,6	91,4	84,1	109	14,44
Schwein 2	83,0	51,4	82,7	46,8	33,2	91,8	84,7	115	14,48
Schwein 3	81,6	44,8	83,4	21,4	33,4	90,7	83,6	108	14,27
Schwein 5	82,7	52,1	82,5	50,5	31,0	92,0	84,4	123	14,33
Schwein 6	81,4	49,4	79,7	41,6	27,7	91,7	83,2	119	14,10
Schwein 8	82,3	48,1	82,0	51,3	32,7	91,7	84,3	122	14,30
Schwein 9	80,6	47,9	79,7	28,4	28,8	90,7	82,5	125	13,93
Schwein 11	82,9	52,1	84,1	34,9	31,9	91,9	84,6	134	14,27
Schwein 12	78,8	43,6	77,8	23,2	22,8	89,6	80,8	114	13,70
Schwein 13	82,4	45,2	84,6	29,0	32,7	90,4	84,4	130	14,22
Schwein 14	83,2	48,6	82,7	39,7	35,0	91,5	85,1	139	14,30
Schwein 15	81,5	49,0	80,3	49,2	23,3	90,4	83,3	125	14,13
Schwein 16	83,3	54,1	80,8	48,5	31,4	91,9	84,9	139	14,28
Schwein 17	81,1	52,9	79,3	49,7	30,2	90,7	82,7	103	14,18
Schwein 18	80,6	47,5	79,9	45,3	28,2	90,4	82,5	100	14,15
Schwein 20	80,2	47,6	77,6	47,6	28,4	90,5	82,0	101	14,07
Gloria	82,3	48,7	82,9	39,1	31,7	91,3	84,2	111	14,40
(Schwein 1,2,3)	0,68	3,50	0,42	15,3	2,73	0,59	0,54	3,8	0,11
Caspar	82,1	49,9	81,4	47,8	30,5	91,8	84,0	121	14,24
(Schwein 5,6,8)	0,70	2,04	1,54	5,41	2,54	0,18	0,69	2,3	0,13
Scirocco	80,8	47,8	80,5	28,8	27,9	90,7	82,6	124	13,97
(Schwein 9,11,12)	2,06	4,25	3,25	5,84	4,63	1,12	1,94	10,4	0,28
Soja	82,6	49,2	82,1	41,6	30,6	91,1	84,4	133	14,23
(Schwein 13 – 16)	0,8	3,7	2,0	9,5	5,1	0,7	0,8	7,0	0,08
Alfred	80,6	49,3	78,9	47,5	29,0	90,5	82,4	102	14,13
(Schwein 17,18,20)	0,48	3,07	1,19	2,17	1,11	0,14	0,36	1,7	0,06

**Tabelle A 7: Einzeltierdaten von Versuch II mit Ackerbohnen des Standorts Hohenlieth**

	<b>Aufnahme,</b>	<b>Ausscheidung</b>				<b>Retention,</b>	<b>%</b>
<b>Tier</b>	<b>g/d</b>	<b>Ausscheidung</b>				<b>g/d</b>	<b>Retention</b>
		<b>Kot, g/d</b>	<b>Harn, g/d</b>	<b>% Kot</b>	<b>% Harn</b>		
Schwein 1	54,0	10,0	17,5	18,6	32,4	26,5	49,1
Schwein 3	54,0	8,9	18,5	16,5	34,3	26,6	49,2
Schwein 4	54,0	8,1	19,3	15,1	35,7	26,6	49,3
Schwein 5	55,0	11,0	18,2	19,9	33,1	25,8	47,0
Schwein 6	55,0	11,4	16,1	20,7	29,3	27,5	50,0
Schwein 7	55,0	9,1	17,6	16,5	32,0	28,3	51,5
Schwein 8	46,3	10,0	17,0	21,7	36,8	19,2	41,5
Schwein 9	57,6	12,7	19,9	22,1	34,5	25,0	43,4
Schwein 11	57,6	9,8	23,6	17,1	41,1	24,1	41,9
Schwein 12	57,6	12,0	18,4	20,8	31,9	27,2	47,3
Soja	54,0	9,0	18,4	16,7	34,1	26,6	49,2
(Schwein 1,3,4)	0	1,0	0,9	1,8	1,7	0,1	0,1
Caspar	52,8	10,4	17,2	19,7	32,8	25,2	47,5
(Schwein 5-8)	4,4	1,0	0,9	2,23	3,11	4,1	4,42
Scirocco	57,6	11,5	20,6	20,0	35,8	25,4	44,2
(Schwein 9,11,12)	0	1,5	2,7	2,6	4,7	1,6	2,8

**Tabelle A 8: Einzeltierdaten der Verdaulichkeitskoeffizienten von Versuch II (%)**

<b>Tier</b>	<b>T</b>	<b>XA</b>	<b>XP</b>	<b>XL</b>	<b>XF</b>	<b>XX</b>	<b>OS</b>	<b>BFS</b>	<b>ME, MJ/kg T</b>
Schwein 1	81,8	43,5	81,3	37,6	17,7	90,7	83,8	102	14,31
Schwein 3	81,4	40,6	83,6	42,6	17,4	89,7	83,6	95	14,32
Schwein 4	82,4	41,7	84,9	35,2	22,9	90,4	84,5	103	14,43
Schwein 5	81,2	45,7	79,9	42,8	24,8	91,1	83,0	100	14,18
Schwein 6	80,7	42,4	79,2	37,4	26,1	90,9	82,7	99	14,10
Schwein 7	83,5	50,7	83,6	45,9	33,3	92,2	85,2	114	14,47
Schwein 8	80,5	44,0	77,8	31,2	23,0	90,6	82,1	95	13,94
Schwein 9	80,1	40,3	77,2	40,9	23,5	90,3	82,1	103	14,01
Schwein 11	83,8	52,9	82,3	45,0	29,6	92,8	85,3	124	14,44
Schwein 12	80,1	38,3	78,2	28,4	21,3	90,7	82,2	104	13,99
Soja	81,9	41,9	83,3	38,5	19,3	90,3	84,0	100	14,35
(Schwein 1,3,4)	0,48	1,49	1,82	3,81	3,09	0,53	0,49	4,41	0,07
Caspar	81,5	45,7	80,1	39,3	26,8	91,2	83,3	102	14,17
(Schwein 5- 8)	1,40	3,60	2,45	6,45	4,53	0,72	1,36	8,00	0,22
Scirocco	81,3	43,8	79,2	38,1	24,8	91,3	83,2	110	14,15
(Schwein 9,11,12)	2,15	7,88	2,71	8,64	4,28	1,31	1,86	11,58	0,26

**Tabelle A 9: Einzeltierdaten der N-Bilanz von Versuch III (Ernte 1999)**

Tier	Aufnahme , g/d	Ausscheidung				Retention, g/d	% Retention
		Kot, g/d	Harn, g/d	% Kot	% Harn		
Schwein 1	33,3	7,2	6,6	21,6	19,9	19,5	58,5
Schwein 2	34,2	7,5	7,5	22,0	22,1	19,1	56,0
Schwein 3	33,3	7,2	6,7	21,5	20,1	19,5	58,4
Schwein 4	32,6	6,0	5,9	18,3	18,2	20,7	63,4
Schwein 5	37,7	7,4	8,6	19,6	22,7	21,7	57,7
Schwein 6	39,2	8,5	8,3	21,7	21,3	22,4	57,0
Schwein 7	39,6	11,5	10,0	29,0	25,3	18,1	45,7
Schwein 8	37,3	8,3	9,2	22,2	24,6	19,8	53,1
Schwein 9	36,1	8,0	9,4	22,3	25,9	18,7	51,8
Schwein 10	40,4	9,6	11,5	23,8	28,6	19,2	47,7
Schwein 11	36,6	9,6	9,1	26,2	24,9	17,9	48,9
Schwein 12	38,1	7,9	10,4	20,8	27,2	19,8	52,0
Soja	33,3	7,0	6,7	20,9	20,1	19,7	59,1
(Schwein 1 – 4)	0,64	0,67	0,65	1,69	1,57	0,68	3,13
DL-MHA	38,4	8,9	9,0	23,1	23,5	20,5	53,4
(Schwein 5 – 8)	1,12	1,78	0,76	4,07	1,85	1,94	5,52
DL-Met	37,8	8,8	10,1	23,3	26,6	18,9	50,1
(Schwein 9 – 12)	1,90	0,92	1,10	2,28	1,59	0,81	2,15

**Tabelle A 10: Einzeltierdaten der Verdaulichkeitskoeffizienten von Versuch III (%)**

<b>Tier</b>	<b>T</b>	<b>XA</b>	<b>XP</b>	<b>XL</b>	<b>XF</b>	<b>XX</b>	<b>OS</b>	<b>BFS</b>	<b>ME, MJ/kg T</b>
Schwein 1	80,6	42,8	78,2	74,6	19,8	88,6	82,4	108	14,63
Schwein 2	81,7	45,3	77,9	74,9	24,3	89,8	83,5	118	14,73
Schwein 3	80,3	41,0	78,4	73,4	12,4	88,9	82,2	106	14,61
Schwein 4	83,3	47,5	81,7	77,8	28,3	90,6	85,0	126	14,98
Schwein 5	82,5	49,8	80,4	77,5	28,7	90,6	84,0	138	14,72
Schwein 6	81,3	46,4	78,3	76,2	34,6	89,3	83,0	132	14,56
Schwein 7	77,6	38,1	71,1	66,9	15,9	88,5	79,4	116	13,98
Schwein 8	81,7	48,2	77,8	76,1	28,4	90,4	83,3	136	14,58
Schwein 9	80,4	45,6	77,6	75,8	20,5	89,4	82,1	125	14,47
Schwein 10	79,1	37,2	76,3	77,9	17,9	88,7	81,1	118	14,38
Schwein 11	79,0	44,7	74,1	72,9	18,7	88,8	80,7	120	14,23
Schwein 12	81,0	43,0	79,3	79,5	25,1	89,4	82,8	127	14,61
Soja	81,5	44,1	79,0	75,2	21,2	89,5	83,3	114	14,74
(Schwein 1 - 4)	1,37	2,83	1,76	1,85	6,81	0,90	1,31	9,26	0,17
DL-MHA	80,8	45,6	76,9	74,2	26,9	89,7	82,4	131	14,46
(Schwein 5 - 8)	2,19	5,20	4,05	4,88	7,87	0,99	2,05	9,95	0,33
DL-Met	79,9	42,6	76,8	76,5	20,6	89,0	81,7	122	14,42
(Schwein 9 - 12)	0,97	3,75	2,20	2,86	3,20	0,43	0,96	4,56	0,16

**Anfangsmast mit Ackerbohnen der Ernte 1998****Tabelle A 11: Aminosäuregehalte der Futtermischungen**

AS	Futtermischung									
	Caspar		Gloria		Alfred		Scirocco		Soja	
	g/kg	g/16g N	g/kg	g/16g N	g/kg	g/16g N	g/kg	g/16g N	g/kg	g/16g N
Lys	11,6	5,62	10,7	5,24	11,4	5,42	11,5	5,51	10,5	5,28
Met	3,6	1,73	3,3	1,59	3,4	1,63	3,6	1,71	3,4	1,69
Cys	3,3	1,61	3,3	1,60	3,3	1,55	3,3	1,59	3,6	1,78
M + C	6,9	3,34	6,5	3,18	6,7	3,18	6,9	3,29	6,9	3,47
Thr	7,7	3,73	7,2	3,53	7,6	3,62	7,7	3,68	7,1	3,58
Ile	8,0	3,85	7,8	3,79	7,9	3,74	7,8	3,73	7,8	3,92
Leu	15,7	7,60	15,0	7,34	15,6	7,42	15,5	7,41	14,2	7,17
His	5,5	2,69	5,1	2,49	5,4	2,57	5,3	2,53	4,9	2,45
Phe	9,9	4,80	9,5	4,63	9,8	4,65	9,8	4,67	9,8	4,90
Val	10,1	4,90	9,7	4,75	9,9	4,71	10,0	4,76	9,2	4,59
Arg	12,4	5,98	13,1	6,39	12,8	6,09	12,7	6,08	12,1	6,08
Asp	16,9	8,16	16,5	8,05	16,8	8,02	16,9	8,09	16,8	8,47
Ser	9,3	4,51	8,9	4,36	9,3	4,46	9,3	4,46	9,3	4,68
Glu	39,2	19,00	38,2	18,71	39,5	18,83	39,1	18,71	42,7	21,48
Pro	13,5	6,54	14,0	6,86	13,9	6,62	14,2	6,80	14,1	7,09
Gly	10,0	4,84	9,6	4,69	10,0	4,76	10,0	4,78	8,4	4,21
Ala	9,5	4,62	8,9	4,35	9,4	4,46	9,3	4,47	8,0	4,01

In Tabelle A 12 sind die Mittelwerte mit der Standardabweichung über alle Versuchstiere der Anfangsmast aufgeführt.

**Tabelle A 12: Rohmittelwerte und Standardabweichungen der Mastleistung, n = 226**

<b>Merkmal</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>Standardabweichung</b>
Anfangsgewicht, kg	29,99	1,45
Anfangsalter, d	81,54	6,29
Endgewicht, kg	61,92	5,58
Zunahme im Versuch, kg	31,92	5,41
Versuchstage, d	48,7	3,8
tägl. Zunahme im Versuch, g/d	656	103
<b><math>\bar{x}</math> Gruppe, n = 40</b>		
Futtermaufnahme, kg	94,5	8,4
Futterverwertung, kg/kg	3,04	0,6
Futterkosten, DM	32,2	2,88
Futterkosten/LMZ, DM	1,05	0,09

**Endmast mit Ackerbohnen der Ernte 1997**

Die erfaßten Daten der Körpergewichtsentwicklung und des Futterverzehr sowie der Futteraufwand der Schweine sind in Tabelle A 13 als Rohmittelwerte über alle Tiere mit der Standardabweichung angegeben.

**Tabelle A 13: Körpergewichtsentwicklung und Futterverzehr der Schweine sowie Futteraufwand pro kg Gewichtszunahme in der Endmast (Rohmittelwerte und Standardabweichung, n = 180)**

<b>Merkmal</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>Standardabweichung</b>
Gewicht zu Versuchsbeginn, kg	58,3	3,0
Endgewicht, kg	107,5	5,7
Gewichtszuwachs, kg	50,3	5,5
Tägliche Zunahme, g/d	810	94
<b><math>\bar{x}</math> Gruppe, n = 30</b>		
Futtermaufnahme, kg	164,8	15,1
Futterverbrauch, kg/kg	3,31	0,41

In Tabelle A 14 sind die Rohmittelwerte und die Standardabweichungen der Schlachtleistung dargestellt.

**Tabelle A 14: Rohmittelwerte und Standardabweichung der Schlachtleistungen, n = 180**

<b>Merkmal</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>Standardabweichung</b>
Zweihälftengewicht, kg	85,5	5,03
Ausschlachtung, %	79,3	2,00
Muskelfleischanteil, %	56,4	2,09
Speckmaß, mm	15,7	2,08
Fleischmaß, mm	57,8	5,24

Zur Beurteilung der Fleischbeschaffenheit wurden der pH-Wert und der Reflexionswert erfaßt (siehe Tabelle A 15).

**Tabelle A 15: Rohmittelwert von pH-Wert und Reflexionswert, n = 180**

<b>Merkmal</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>Standardabweichung</b>
pH <sub>1K</sub>	6,25	0,22
Reflexionswert	22,0	2,05

**Endmast mit Ackerbohnen der Ernte 1999****Tabelle A 16: Aminosäuregehalte der Futtermischungen**

AS	Futtermischung									
	Divine		Gloria		Alfred		Scirocco		Soja	
	g/kg	g/16g N	g/kg	g/16g N	g/kg	g/16g N	g/kg	g/16g N	g/kg	g/16g N
Lys	8,3	5,25	8,4	5,14	8,2	5,12	7,8	5,02	7,8	4,96
Met	2,4	1,51	2,3	1,42	2,5	1,57	2,4	1,52	2,3	1,48
Cys	2,7	1,71	2,7	1,65	2,7	1,70	2,6	1,66	2,9	1,86
M + C	5,1	3,22	5,0	3,06	5,2	3,28	5,0	3,18	5,3	3,34
Thr	5,3	3,35	5,3	3,23	5,3	3,35	5,2	3,34	5,3	3,32
Ile	5,8	3,65	6,0	3,69	5,7	3,56	5,6	3,59	5,6	3,53
Leu	11,0	6,97	11,3	6,87	10,8	6,79	10,7	6,84	10,7	6,76
His	3,9	2,49	3,9	2,4	3,9	2,43	3,8	2,45	3,8	2,42
Phe	7,3	4,59	7,4	4,52	7,2	4,49	7,0	4,51	7,5	4,78
Val	7,1	4,47	7,2	4,42	6,9	4,35	6,9	4,43	6,9	4,36
Arg	10,6	6,71	11,2	6,82	11,3	7,09	10,3	6,56	9,0	5,67
Asp	12,7	8,04	13,1	7,98	12,7	7,99	12,3	7,87	12,0	7,60
Ser	7,3	4,64	7,4	4,54	7,4	4,63	7,2	4,60	7,4	4,70
Glu	31,1	19,7	30,5	18,6	29,5	18,52	29,3	18,73	32,2	20,34
Gly	7,0	4,41	7,1	4,31	6,9	4,35	6,8	4,34	6,9	4,35
Ala	6,4	4,05	6,4	3,93	6,4	4,00	6,4	4,07	6,3	4,01

Die erfaßten Daten der Körpergewichtsentwicklung und des Futtermittelfressens sowie der Futteraufwand der Schweine sind in Tabelle A 17 als Rohmittelwerte über alle Tiere mit der Standardabweichung angegeben.

**Tabelle A 17: Körpergewichtsentwicklung und Futterverzehr der Schweine sowie Futteraufwand pro kg Gewichtszunahme in der Endmast (Rohmittelwerte und Standardabweichung, n = 115)**

<b>Merkmal</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>Standardabweichung</b>
Gewicht zu Versuchsbeginn, kg	59,02	2,52
Endgewicht, kg	109,60	7,74
Gewichtszuwachs, kg	50,58	7,39
Tägliche Zunahme, g/d	820	120
<b><math>\bar{x}</math> Gruppe, n = 20</b>		
Futteraufnahme, kg	158,13	18,01
Futterverbrauch, kg/kg	3,18	0,36
Futterkosten, DM	46,44	5,50
Futterkosten/LMZ, DM	0,93	0,11

In Tabelle A 18 sind die Rohmittelwerte und die Standardabweichungen der Schlachtleistung dargestellt.

**Tabelle A 18: Rohmittelwerte und Standardabweichung der Schlachtleistungen**

<b>Merkmal</b>	<b>n</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>Standardabweichung</b>
Zweihälftengewicht, kg	114	86,59	6,30
Ausschlachtung, %	114	78,76	1,90
Muskelfleischanteil, %	113	55,61	3,04
Speckmaß, mm	113	16,46	3,29
Fleischmaß, mm	113	58,34	5,83

Zur Beurteilung der Fleischbeschaffenheit wurde der pH-Wert und der Reflexionswert erfaßt (siehe Tabelle A 19).

**Tabelle A 19: Rohmittelwert von pH- und Reflexionswert**

<b>Merkmal</b>	<b>n</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>Standardabweichung</b>
pH <sub>1K</sub>	106	6,50	0,20
Reflexionswert	114	21,46	2,35

## 9 Literaturverzeichnis

- ABEL, HJ., 1996: Verwendungspotentiale und Probleme. In: BRINKMANN, J.; ABEL, HJ. (Hrsg.): Potentiale und Perspektiven des Körnerleguminosenanbaus in Deutschland. 7. Tierernährung, ufop-Schriften, Heft 3, Bonn, 161 - 208.
- ABEL, HJ.; LÜBBEN, G.; ICKING, H., 1983: Energetisch aufgewertete Futtermischungen in der Schweinemast. Das wirtschaftseigene Futter **29**, 233 - 242.
- ABEL, HJ.; RÖMER, A.; STELLING, D.; PAWELZIK, E.; BECKER, K.; MAKKAR, H. P. S., 1998: Anbauwürdigkeit und Futterwert von weißblühenden und buntblühenden Ackerbohnsorten. In: ufop-Schriften: Ackerbohnen und Süßlupinen in der Tierernährung. Heft 11, Bonn, 37 - 55.
- AJINOMOTO EUROLYSINE, 2000: Ami Pig, ileal standardised digestibility of amino acids in feedstuffs for pigs. AFZ, Aventis Animal Nutrition, INRA, ITCF, CD-ROM.
- ANONYMOUS, 1996: Jahresbericht der Domäne Relliehausen, Versuchsgut der Universität Göttingen, Georg-August-Universität.
- ANTHES, J.-G.; SCHMIDTKE, K.; RAUBER, R., 1999: Zur Selbstregelung der N-Zufuhr in leguminosenbasierten Fruchtfolgen. In: MERBACH, W.; KÖRSCHENS, M. (Hrsg.): Dauerdüngungsversuche als Grundlage für nachhaltige Landnutzung und Quantifizierung von Stoffkreisläufen. Internationales Symposium vom 03. bis 05.06.1999 in Halle/Saale, UFZ-Bericht 24/99, 121 - 124.
- AUFHAMMER, W., 1998: Getreide- und andere Körnerfruchtarten. Bedeutung, Nutzung und Anbau. Ulmer, Stuttgart, 560 S.
- BACH, H.; HÖRETH, R.; DITTRICH, K., 1992: Handelsklassen für Schweinehälften. AID 1187, 16 S.
- BERGER, H.; GRUHN, K.; JEROCH, H.; GEBHARDT, G.; HENNIG, A., 1983: Untersuchungen zur Rohrnährstoff- und Aminosäurenverdaulichkeit verschiedener Ackerbohnsorten bei Hennen der Lege- und Mastrichtung. Wiss. Z. Karl-Marx-Univ. Leipzig, Math.-Naturwiss. R. **32**, 590 - 594.
- BESTE, R., 1988: Untersuchungen zur Bewertung des Einsatzes von Sojaextraktionsschrot, Ackerbohnen, Weizen und Roggen sowie von synthetischen Aminosäuren in der Schweinemast. Diss. agr. Bonn, 181 S.
- BISCHOFF, B., 1996: Vergleich von Einfach- und Wechselkreuzungssauen in der Aufzuchtleistung und der Fleischleistung ihrer Nachkommen. Diss. sc. agr. Göttingen, 142 S.
- BJERG, B.; EGGUM, B. O.; JACOBSON, I.; OLSEN, O.; SØRENSEN, H., 1984: Protein quality in relation to antinutritional constituents in faba beans (*Vicia faba* L.). The effects of vicine, convicine and dopa added to a standard diet and fed to rats. Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde. **51**, 275 - 285.
- BLEIHOLDER, H.; VAN DEN BOOM, T.; LANGELÜDDECKE, P.; STAUSS, R., 1989: Einheitliche Codierung der phänologischen Stadien bei Kultur- und Schadpflanzen. Gesunde Pflanzen **11**, 381 - 384.

- BOND, D. A.; DUC, G., 1993: Plant breeding as a means of reducing antinutritional factors in grain legumes. In: VAN DER POEL, A. F. B.; HUISMAN, J.; SAINI, H. S., (Eds.): *Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds*. EAAP Publication No. 70, Wageningen Pers, 379 - 396.
- BRUYER, D. C.; VANBELLE, M., 1990: Estimation of bioavailable methionine hydroxyanalogue free acid dimer for poultry and pigs. *Université Catholique de Louvain, Publication 57, l'Unité de Biochimie de la Nutrition*, 1 - 28.
- BURGSTALLER, G.; LANG, K.; RÖHRMOSER, G.; KUHN, M., 1990: Ackerbohnen im Mastfutter für Schweine unter besonderer Berücksichtigung der Methioninergänzung durch 00-Rapsextraktionsschrot. *Das wirtschaftseigene Futter* **36**, 143 - 157.
- CAMPBELL, R. G.; TAVERNER, M. R.; CURIC, D. M., 1984: Effect of feeding level and dietary content on the growth, body composition and rate of protein deposition in pigs growing from 45 to 90 kg. *Anim. Prod.* **38**, 233 - 240.
- CHAINETR, W., 2001: Systematische Gebrauchskreuzung als Möglichkeit der Erhaltung vom Aussterben bedrohter Landschweinerassen. *Diss. sc. agr. Göttingen*, 89 S.
- CHUNG, T. K.; BAKER, D. H., 1992: Utilization of methionine isomers and analogs by the pig. *Can. J. Anim. Sci.* **72**, 185 - 188.
- CVB (CENTRAAL VEEVOEDERBUREAU), 1995: *Veevoedertabel*, Lelystad.
- DALIBARD, P.; PAILLARD, E., 1995: Use of the digestible amino acid concept in formulating diets for poultry. *Anim. Feed Sci. Technol.* **53**, 189 - 204.
- DEGUSSA, 1997: *AminoDat 1.1*, CD-ROM.
- DEMEYER, D. I.; VANDE WOESTYNE, M.; PRINS, R., 1995: Mikrobiologie der Verdauung, Teil II: Das Nutztierpotential. In: ABEL, HJ.; FLACHOWSKY, G.; JEROCH, H.; MOLNAR, S. (Eds.): *Nutztierernährung*. Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, 185 - 204.
- DIEPENBROCK, W.; FISCHBECK, G.; HEYLAND, K.-U.; KNAUER, N., 1999: *Spezieller Pflanzenbau*, 3. Aufl., Ulmer, Stuttgart, 523 S.
- DLG-FUTTERWERTTABELLEN, 1973: *Mineralstoffgehalte in Futtermitteln*. 2. Aufl., DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 199 S.
- DLG-FUTTERWERTTABELLEN, 1976: *Aminosäuregehalte in Futtermitteln*. DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 114 S.
- DLG-FUTTERWERTTABELLEN FÜR SCHWEINE, 1991: 6. Aufl., DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 64 S.
- DÖRFLER, H., 1990: *Der praktische Landwirt*, 4. Aufl., DLG-Verlag, Frankfurt am Main. 582 S.
- DREISHING, A., 1999: Untersuchungen zum Einfluß der Versorgung mit Energie und limitierenden Aminosäuren auf Mast- und Schlachtleistungen sowie den Stoffansatz von Schweinen in der Endmast. *Diss. sc. agr. Göttingen*, 152 S.
- DUC, G.; MARGET, P.; ESNAULT, R.; LE GUEN, J.; BASTIANELLI, D., 1999: Genetic variability for feeding value of faba bean seeds (*Vicia faba*): comparative chemical composition of isogenics involving zero-tannin and zero-vicine genes. *J. Agric. Sci. camb.* **133**, 185 - 196.

- EGGUM, B. O., 1980: Factors affecting the nutritional value of field beans (*Vicia faba*). In: BOND, D. A. (Eds.): *Vicia faba: Feeding value, processing and viruses*. Martinus Nijhoff Publishers, The Hague, Netherlands, 107 - 123.
- F.A.O., 1973: Energy and protein requirements. F.A.O. Nutrition Meeting Report Series No. 37, Rome, Italy, 71.
- FRANCK, P., 2001: Pflanzenzucht Oberlimpurg, persönliche Mitteilung.
- FREUDENBERG, K., 1920: Die Chemie der natürlichen Gerbstoffe, 2. Aufl., Springer-Verlag, Berlin, 161 S.
- FROHLICH, A. A.; MARQUARDT, R. R., 1983: Turnover and hydrolysis of vicine and convicine in avian tissues and digesta. *J. Sci. Food Agric.* **34**, 153 - 163.
- FÜLL, M., 2000: persönliche Mitteilung.
- GARRIDO, A.; GÓMEZ-CABRERA, A.; GUERRERO, J. E.; MARQUARDT, R. R., 1991: Chemical composition and digestibility in vitro of *Vicia faba* L. cultivars varying in tannin content. *Anim. Feed Sci. Technol.* **35**, 205 - 211.
- GFE (AUSSCHUB FÜR BEDARFSNORMEN DER GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE), 1987: Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere; Nr. 4: Schweine. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- GÖDEKE, K., 1998: Der Einfluß des MHS-Streßgens, der Vaterrasse und des Geschlechts auf wirtschaftliche Leistungsmerkmale und die Fleischbeschaffenheit praxisüblicher Mastschweine - Ein Beitrag zur Berücksichtigung von Tierschutzargumenten in der Fleischschweinezucht-. Diss. sc. agr. Göttingen, 126 S.
- GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J., 1970: Forage fiber analysis. Apparatus, reagents, procedures and some applications. *Agricult. Handbook No. 379*, Agricultural Research Service, Dep. of Documents, US Government Printing off., Washington, DC, 20 S.
- GRIFFITHS, D. W.; JONES, D. I. H., 1977: Cellulose inhibition by tannins in the testa of field beans (*Vicia faba*). *J. Sci. Food Agric.* **28**, 983 - 989.
- GRIFFITHS, D. W.; RAMSAY, G., 1992: The concentration of vicine and convicine in *Vicia faba* and some related species and their distribution within mature seeds. *J. Sci. Food Agric.* **59**, 463 - 468.
- GROTEHUSMAN, H.; RÖBBELEN, G., 1985: Effects of seed weight on the performance of *Vicia faba* (L.). *Z. Acker- und Pflanzenbau* **155**, 129 - 136.
- GÜNTHER, K.-D., 1972: Wachstum und Mineralumsatz. In: LENKEIT, W.; BREIREM, K. (Eds.): *Handbuch der Tierernährung*. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 463 - 488.
- HAGERMANN, A. E.; ROBBINS, C. T.; WEERASURIYA, Y.; WILSON, T. C.; MCARTHUR, C., 1992: Tannin chemistry in relation to digestion. *J. Range Mmtg.* **45**, 51 - 62.
- HASLAM, E., 1989: Plant polyphenols: vegetable tannins revisited. Cambridge University Press, 230 S.
- HAUSER, S., 1987: Schätzung der symbiotisch fixierten Stickstoffmenge von Ackerbohnen (*Vicia faba* L.) mit erweiterten Differenzmethoden. Diss. sc. agr. Göttingen, 173 S.
- HOFFMANN, B.; LITSCHEVA, S.; PILZ, H.; KRÜGER, F., 2000: Methioninversorgung von Legehennen - DL-Methionin und Hydroxy-Analog im Test. *DGS-Magazin* Nr. 52, Stuttgart, 16.

- HOPPENBROCK, K.-H.; BÜTFERING, L.; SUNDRUM, A., 1998: Haus Düsse teilt mit. Landwirtschaftliches Wochenblatt, Westfalen-Lippe **46**, 42 - 43.
- HOVE, E. L.; KING, S.; HILL, G. D., 1978: Composition, protein quality, and toxins of seed of the grain legumes, *Glycine max*, *Lupinus spp.*, *Phaseolus spp.*, *Pisum sativum* and *Vicia faba*. N. Z. J. Agric. Res. **21**, 457 - 462.
- IVAN, M.; BOWLAND, J. P., 1976: Digestion of nutrients in the small intestine of pigs fed diets containing raw and autoclaved faba beans. Can. J. Anim. Sci. **56**, 451 - 456.
- JANSMAN, A. J. M.; HUISMAN, J.; VAN DER POEL, A. F. B., 1989: Faba beans with different tannin contents: ileal and faecal digestibility in piglets and growth in chicks. In: HUISMAN, J.; VAN DER POEL, A. F. B.; LIENER, I. E. (Eds.): Recent advances in research of antinutritional factors in legume seeds. Pudoc, Wageningen, Netherlands, 176 - 180.
- JANSMAN, A. J. M.; HUISMAN, J.; VAN DER POEL, A. F. B., 1993a: Ileal and faecal digestibility in piglets of field beans (*Vicia faba* L.) varying in tannin content. Anim. Feed Sci. Technol. **42**, 83 - 96.
- JANSMAN, A. J. M.; HUISMAN, J.; VAN DER POEL, A. F. B., 1993b: Performance of broiler chicks fed diets containing different varieties of faba bean (*Vicia faba* L.). Arch. Geflügelk. **57**, 220 - 227.
- JEROCH, H.; DROCHNER, W.; SIMON, O., 1999: Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere: Ernährungsphysiologie, Futtermittelkunde, Fütterung. Stuttgart, Ulmer, 544 S.
- JEROCH, H.; FLACHOWSKY, G.; WEIßBACH, F., 1993: Futtermittelkunde. G. Fischer, Jena, 510 S.
- KADIRVEL, R.; CLANDININ, D. R., 1974: The effect of faba beans (*Vicia faba* L.) on the performance of turkey poults and broiler chicks from 0 - 4 weeks of age. Poultry Sci. **53**, 1810 - 1816.
- KIRCHGESSNER, M., 1997: Tierernährung: Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis. VerlagsUnion Agrar, Frankfurt am Main, 10. Aufl., 582 S.
- KIRCHGESSNER, M.; ROTH, F. X., 1980: Verdaulichkeit und Bilanz von Protein, Energie und einigen Mineralstoffen bei Fumarsäurezulagen an Ferkel. Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde. **44**, 239 - 246.
- KLEINE KLAUSING, H., 1990: Untersuchungen zur Bewertung des Einsatzes von Hafer, Ackerbohnen und Erbsen in der Schweinemast. Diss. agr. Bonn, 161 S.
- KREUZER, M.; WITTMANN, M.; GERDEMANN, M. M.; HANNEKEN, H.; ABEL, HJ.; MACHMÜLLER, A., 1999: Re-examination of the metabolizable energy content of various rations containing different types and levels of bacterially fermentable substrates in digestibility experiments with growing pigs. J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr. **82**, 33 - 49.
- KUTAS, F., 1965: Determination of acid-base-excretion in the urine of cattle. Acta vet. Acad. Sci. Hung. **15**, 147 - 153.
- LACASSAGNE, L., 1988: Alimentation des volailles: substitués au tourteau de soja, 1. Les protéagineux. INRA Prod. Anim. **1**, 47 - 57.
- LACASSAGNE, L.; FRANCESCH, M.; CARRÉ, B.; MELICION, J. P., 1988: Utilization of tannin-containing and tannin-free faba beans (*Vicia faba*) by young chicks: effects of pelleting feeds on energy, protein and starch digestibility. Anim. Feed Sci. Technol. **20**: 59 - 68.
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER HANNOVER, 1997 - 2000: Ergebnisse der Landessortenversuche: Futtererbsen, Ackerbohnen. Druckerei Popp Sofort Druck, Hannover.

- LANTZSCH, H. J., 1961: Untersuchungen über die P-Absorption und P-Exkretion an graviden und laktierenden Sauen unter Verwendung des Radioisotops P<sup>32</sup>. Diss. sc. agr. Göttingen, 61 S.
- LIEBERT, F.; GEBHARDT, G., 1983: Ergebnisse der vergleichenden ernährungsphysiologischen Prüfung verschiedener Ackerbohnenherkünfte am Mastschwein unter besonderer Beachtung einer weißblühenden Neuzüchtung. Arch. Tierernährung **33**, 1, 47 - 56.
- LIENER, I. E., 1969: Toxic constituents of plant foodstuffs. Academic Press, New York, 500 S.
- LINK, W.; EDERER, W.; VON KITTLITZ, E., 1994: Zuchtmethodische Entwicklungen - Nutzung von Heterosis bei Fababohnen. Vortr. Pflanzenzüchtg. **30**, 201 - 230.
- MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K.; ABEL, HJ.; PAWELZIK, E., 1997: Nutrient contents, rumen protein degradability and antinutritional factors in some colour- and white-flowering cultivars of *Vicia faba* beans. J. Sci. Food Agric. **75**, 511 - 520.
- MARQUARDT, R. R.; CAMPBELL, L. D., 1975: Antinutritional factors and feeding quality of faba beans for poultry. Can. J. Anim. Sci. **55**, 798.
- MARQUARDT, R. R.; MCKIRDY, J. A.; WARD, A. T., 1978: Comparative cell wall constituent levels of tannin-free and tannin-containing cultivars of faba beans (*Vicia faba* L.). Can. J. Anim. Sci. **58**, 775 - 781.
- MARQUARDT, R. R.; CAMPBELL, L. D.; GUENTER, W., 1981: Purification and identification of an egg size and fertility depressing factor (vicine) in faba beans. FABIS-Newsletter **3**, 63 - 64.
- MENGEL, K., 1994: Symbiotic dinitrogen fixation – its dependence on plant nutrition and its ecophysiological impact. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. **157**, 233 – 241.
- MOINIZADEH, H., 1975: Einfluß unterschiedlicher Energieversorgung auf Mineralstoffansatz und Mineralstoffverteilung im Körper wachsender Nutztiere. Diss. sc. agr. Göttingen, 102 S.
- MROZ, Z.; JONGBLOED, A. W.; PARTANEN, K. H.; VREMANN, K.; KEMME, P. A.; KOGUT, J., 2000: The effects of calcium benzoate in diets with or without organic acids on dietary buffering capacity, apparent digestibility, retention of nutrients, and manure characteristics in swine. J. Anim. Sci. **78**, 2622 - 2632.
- MUDUULI, D. S.; MARQUARDT, R. R.; GUENTER, W., 1981: Effect of dietary vicine on the productive performance of laying chickens. Can. J. Anim. Sci. **61**, 757 - 764.
- MUDUULI, D. S.; MARQUARDT, R. R.; GUENTER, W., 1982: Effect of dietary vicine and vitamin E supplementation on the productive performance of growing and laying chickens. Br. J. Nutr. **47**, 53 - 60.
- NAUMANN, C.; BASSLER, R., 1976 - 1997: Die chemische Untersuchung von Futtermitteln Methodenbuch, Band III mit Ergänzungslieferungen 1983, 1988 und 1993. Loseblattsammlung, Darmstadt VDLUFA-Verlag.
- NEWTON, S. D.; HILL, G. D., 1983: The composition and nutritive value of field beans. Nutr. Abstr. Rev. Ser. B, **53**, 99 - 115.
- OLABORO, G.; MARQUARDT, R. R.; CAMPBELL, L. D.; FROHLICH, A. A., 1981a: Purification, identification and quantification of an egg-weight-depressing factor (vicine) in faba beans (*Vicia faba* L.). J. Sci. Food Agric. **32**, 1163 - 1171.

- OLABORO, G.; MARQUARDT, R. R.; CAMPBELL, L. D., 1981b: Isolation of the egg weight depressing factor in faba beans (*Vicia faba* L. var. minor). *J. Sci. Food Agric.* **32**, 1074 - 1080.
- OLABORO, G.; CAMPBELL, L. D.; MARQUARDT, R. R., 1981c: Influence of fababean fractions on egg weight among laying hens fed test diets for a short time period. *Can. J. Anim. Sci.* **61**, 751 - 755.
- ONTIVEROS, R. R.; SHERMER, W. D.; BERNER, R. A., 1987: An HPLC method for the determination of 2-hydroxy-4-(methylthio)butanoic acid (HMB) in supplemented animal feeds. *J. Agric. Food Chem.* **35**, 692 - 694.
- PERL, H., 1964: Untersuchungen über die Ca- und Mg-Ausscheidungen bei mineralstofffreier Ernährung und bei geringer Versorgung mit Mineralstoffen an ausgewachsenen Schweinen. Diss. sc. agr. Göttingen, 52 S.
- PROHÁSZKA, L.; BARON, F., 1980: The predisposing role of high dietary protein supplies in enteropathogenic *E. coli* infections of weaned pigs. *Zbl. Vet. Med. B* **27**, 222 - 232.
- QUEMENER, B., 1988: Improvements in the high-pressure liquid chromatographic determination of amino sugars and  $\alpha$ -galactosides in faba bean, lupine, and pea. *J. Agric. Food Chem.* **36**, 754 - 759.
- RADEMACHER, M.; SAUER, W. C.; JANSMAN, A. J. M., 2000: Standardisierte ileale Aminosäurenverdaulichkeit erhöht die Präzision der Rationsformulierung. *Kraftfutter* Nr. 5, 200 - 209.
- RÄTZ, D., 1998: Räumliche Variabilität pflanzlicher Kenngrößen der N-Flächenbilanz beim Anbau von Leguminosen - Untersuchungen mit Hilfe der  $^{15}\text{N}$ -Methode in Ackerschlägen. Diplomarbeit am Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität Göttingen, 66 S.
- RICHTER, G., 1998: Stoffwechselfysiologie der Pflanzen: Physiologie und Biochemie des Primär- und Sekundärstoffwechsels. 6. Auflage, Thieme, Stuttgart, 583 S.
- RICHTER, G.; OCHRIMENKO, W. I.; BARGHOLZ, J.; KÖHLER, H., 2000: Einsatzwürdigkeit von Erbsen und Ackerbohnen bei Küken, Jung- und Legehennen. 6. Tagung Schweine- und Geflügelernährung vom 21. - 23. 11.2000, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Fachverlag Köhler, Giessen, 119 - 123.
- RÖBBELEN, G., 1988: Verbesserung der Leistungsfähigkeit und Anbauwürdigkeit von Ackerbohnen durch Entwicklung von Sorten mit früherer Reife und besserer Standfestigkeit mittels verändertem Wuchstyp. Dokumentation des Forschungsvorhabens, 209 - 225.
- RÖMER, A., 1998: Untersuchungen zu Inhaltsstoffen und zum Futterwert von Ackerbohnen (*Vicia faba* L.). Diss. sc. agr. Göttingen, Cuvillier Verlag, 189 S.
- RÖMER, A.; ABEL, HJ., 1999: Effects of DL-methionine hydroxyanalogue (MHA) or DL-methionine (DL-Met) on N-retention in broiler chickens and pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* **81**, 193 - 203.
- RÖMER, A.; MAKKAR, H. P. S.; PAWELZIK, E.; BECKER, K.; STELLING, D.; ABEL, HJ., 1997: Ertragsparameter, Inhaltsstoffe und energetische Futterwerte verschiedener Ackerbohnen Sorten. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* **6**, 102.

- ROTH, F. X.; MARKERT, W.; KIRCHGESSNER, M., 1993: Zur optimalen Versorgung mit  $\alpha$ -Aminostickstoff von Mastschweinen, 2. Mitteilung über Bilanzstudien zur Reduzierung der N-Ausscheidung. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* **70**, 196 - 206.
- SAS INSTITUTE INC., SAS® Procedures Guide, Version 6, Third Edition, Cary, NC: SAS Institute Inc., 1990, 705 S.
- SCHEPER, J.; SCHOLZ, W., 1985: DLG-Schnittführung für die Zerlegung der Schlachtkörper von Rind, Kalb, Schwein und Schaf. Frankfurt/Main, DLG-Verlag.
- SCHIEMANN, R., 1981: Methodische Richtlinien zur Durchführung von Verdauungsversuchen für die Futterwertschätzung. *Arch. Tierernährung* **31**, 1 - 19.
- SCHINDLER, B.; MOSENTHIN, R.; RADEMACHER, M., 2000: Schweinefütterung - Methioninquellen im Vergleich. 6. Tagung Schweine- und Geflügelernährung vom 21.-23.11.2000, Martin-Luther-Universität, Halle-Wittenberg, Fachverlag Köhler, Giessen, 40 - 41.
- SCHMIDT, U., 2001: Körnerleguminosen in der Schweinefütterung. *Erfolg im Stall* **40**, 3 - 4.
- SCHMIDTKE, K., 1999: N-Flächenbilanz beim Anbau von Futter- und Körnerleguminosen. In: HOFFMANN, H.; MÜLLER, S. (Hrsg.), *Vom Rand zur Mitte: Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau*. Verlag Dr. Köster, Berlin, 234 - 238.
- SCHMIDTKE, K.; RAUBER, R., 2000: N-Effizienz von Leguminosen im Ackerbau. In: MÖLLERS, C. (Hrsg.): *Stickstoffeffizienz landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Initiativen zum Umweltschutz 21*, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 48 - 69.
- SCHULZ, E.; BERK, A., 1996: Zur P-Versorgung von Schweinen unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes von mikrobieller Phytase. In: Lohmann -LTE- GmbH (Eds.): *Aktuelle Themen der Tierernährung und Veredelungswirtschaft*. Cuxhaven, 56 - 71.
- SEUSER, K., 1994: Untersuchungen zum Einsatz von heimischen Körnerleguminosen und von proteinreduzierten Futtermischungen in der Hähnchenmast. Shaker-Verlag, Aachen, 189 S.
- SIAGIAN, P. L. P., 1990: Einfluß der Infrarotbestrahlung auf die Qualität von Leguminosensamen im Geflügelfutter. Diss. agr. Hohenheim, 159 S.
- SITTE, P.; ZIEGLER, H.; EHRENDORFER, F.; BRESINSKY, A., 1991: Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. begr. von STRASBURGER, E.; NOLL, F.; SCHENCK, H.; SCHIMPER, A. F. W., 33. Aufl., Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1030 S.
- SOMOGYI, J. C., 1978: Natural toxic substances in food. *Wld. Rev. Nutr. Diet.* **29**, 42 - 59.
- STELLING, D.; WANG, S.-H.; RÖMER, W., 1996: Efficiency in the use of phosphorus, nitrogen and potassium in topless faba beans (*Vicia faba* L.) - variability and inheritance. *Plant Breeding* **115**, 361 - 366.
- STÜLPNAGEL, R., 1989: Stickstoff-Fixierung und Nährstoffaufnahme von Ackerbohnen und Erbsen. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* **2**, 56 - 59.
- THOMÉ, O. W., 1885: Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. [http://caliban.mpiz-koeln.mpg.de/~stueber/thome/band3/tafel\\_132.html](http://caliban.mpiz-koeln.mpg.de/~stueber/thome/band3/tafel_132.html).
- VAN DER POEL, A. F. B.; GRAVENDEEL, S.; BOER, H., 1991: Effect of different processing methods on tannin content and in vitro protein digestibility on faba bean (*Vicia faba*, L.). *Anim. Feed Sci. Technol.* **33**, 49 - 58.

- VAN HOVEN, W.; FURSTENBURG, D., 1992: The use of purified condensed tannin as a reference in determining its influence on rumen fermentation. *Comp. Biochem. Physiol.* **101A**, 381 - 385.
- WALZ, O. P.; PALLAUF, J., 1996: Wirkungsvergleich von DL-Methionin und Methionin-Hydroxyanalog in Rationen mit Ackerbohnen und Erbsen bei Ferkeln und Mastschweinen. *VDLUFA, Kongreßband, Agribiol. Res.* **108**, 155 - 158.
- WANG, T. C.; FULLER, M. F., 1989: The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. *Br. J. Nutr.* **62**, 77 - 89.
- WANG, T. C.; FULLER, M. F., 1990: The effect of the plane of nutrition on the optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. *Anim. Prod.* **50**, 155 - 164.
- WARING, J. J.; SHANNON, D. W. F., 1969: Studies on the energy and protein values of soya bean meal and two varieties of field beans using colostomised laying hens. *Br. Poultry Sci.* **10**, 331 - 336.
- ZMP, 2001: <http://www.zmp.de/news/bse.htm>.



## **Danksagung**

Mein herzlicher Dank gilt Herrn Prof. Dr. Hansjörg Abel für die Überlassung des Themas und die Unterstützung bei der Anfertigung der Arbeit.

Frau Prof. Dr. Elke Pawelzik danke ich für die Übernahme des Korreferates.

Herzlich bedanken möchte ich mich bei allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts für Tierphysiologie und Tierernährung, besonders bei Herrn Rolf Jeromin, für die Anleitung und Hilfe bei der Durchführung der Fütterungsversuche und der Anfertigung der Laboranalysen.

Für die Unterstützung bei der statistischen Auswertung bedanke ich mich bei Herrn Burchhard Möllers.

Den Mitarbeitern der Schweinezuchtanlage des Versuchsgutes Rellehausen und des Schlachthofs in Rosdorf danke ich für die gute Zusammenarbeit bei der Durchführung der Mast- und Schlachtversuche.

Bei allen Mitdoktoranden bedanke ich mich für die schöne gemeinsame Zeit und besonders für unsere gemeinsamen Exkursionen ins In- und Ausland.

Meiner Mitbewohnerin Imola Berenyi und allen Göttinger Freunden und Bekannten danke ich für die zahlreiche ermutigende Unterstützung besonders in der letzten Phase der Arbeit.

Meinen Eltern und Schwestern danke ich für das in meine Arbeit investierte unerschütterliche Vertrauen.



# Lebenslauf

## Persönliche Daten

Name: Maria Gertrud Burghard  
Geburtsdatum: 24. Februar 1971  
Geburtsort: Unkel/Rhein  
Staatsangehörigkeit: deutsch  
Konfession: römisch-katholisch  
Familienstand: ledig

## Schulischer Werdegang

1977 - 1978 Grundschule Rheinbreitbach  
1978 - 1979 Grundschule Erp/Erftstadt  
1979 - 1981 Grundschule Rheinbreitbach  
1981 - 1990 Privates staatlich anerkanntes Gymnasium der Franziskanerinnen, Insel Nonnenwerth im Rhein  
1990 Abitur

## Studium

1990 - 1991 Landwirtschaftliches Praktikum auf dem Betrieb Feulner, Birresdorf/Remagen  
1991 Praktikantenprüfung  
1991 - 1997 Studium der Agrarwissenschaften an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn  
Fachrichtung Naturschutz und Landschaftsökologie  
1997 Diplom-Agraringenieurin

## Wissenschaftliche Tätigkeit

Juli - Dezember 1997 Wissenschaftliche Hilfskraft am Institut für Landwirtschaftliche Botanik, Abteilung Geobotanik und Naturschutz, Bonn  
März 1998 - Februar 2001 Stipendiatin im DFG-geförderten Graduiertenkolleg „Landwirtschaft und Umwelt“  
1998 - 2001 Doktorandin am Institut für Tierphysiologie und Tierernährung der Georg-August-Universität, Göttingen





