

Unterschiedlich hohe Zulagen an Guanidinoessigsäure (GAA) in Rationen für Mastschweine

(Schweinefütterungsversuch S 162)

Dr. W. Preißinger und S. Scherb

1 Einleitung

Kreatin ist ein essenzieller Bestandteil des zellulären Energiestoffwechsels zur schnellen Regeneration von Adenosintriphosphat (ATP). Dadurch ist es natürlicher Bestandteil des Muskelgewebes. Wirbeltiere können es selbst in Leber und Niere aus den Aminosäuren Glycin und Arginin und einer Methylgruppe synthetisieren. Aus diesem Grund enthalten tierische Futterkomponenten wie Molkeneiweiße oder Fischmehl Kreatin. Die Gehalte sind jedoch hochvariabel und die endogene Synthese scheint häufig nicht ausreichend zu sein. Guanidinoessigsäure (GAA, Guanidino Acetic Acid) ist eine natürliche Vorstufe von Kreatin im Körper. Formulierungen mit mindestens 96 % GAA sind in der EU für Schweine mit einer Dosierung von 0,06 % bis 0,12 % im Futter zugelassen. In Versuchen mit Mastschweinen und 0,12 % GAA im Futter wird von einer Verbesserung der Futtermittelverwertung (Weber et al., 2017) sowie von verbesserten Leistungen und positiven Effekten auf die Schlachtkörperzusammensetzung (Jayaraman et al., 2018) berichtet. In der Ferkelaufzucht beobachteten Preißinger et al. (2018) bei einer hohen bis sehr hohen Aminosäureausstattung der Rationen sowie Milchkomponenten in den Versuchsmischungen keine Effekte von GAA auf Lebendmasseentwicklung, Futtermittelverbrauch und Futteraufwand. In einem weiteren Versuch mit Ferkeln fanden Preißinger et al. (2021) bei jüngeren Tieren bis 3 Wochen nach dem Absetzen positive Effekte auf den Futteraufwand bzw. den Aufwand an umsetzbarer Energie (ME) pro kg Zuwachs unabhängig von der Höhe der GAA-Dosierung (0,09 % bzw. 0,12 %). Obwohl sich im weiteren Verlauf der Aufzucht statistisch kein Unterschied mehr ergab, war im Mittel des Versuchs ein signifikanter Effekt der GAA-Zulage feststellbar. Einen durch die Zulage von GAA erhöhten Bedarf an Methylendonoren (Cholinchlorid) konnten Preißinger et al. (2021) nicht ableiten.

In vorliegender Studie werden drei unterschiedlich hohe GAA-Dosierungen (0,06 %, 0,09 % und 0,12 %) in Rationen für Mastschweine bei sehr starker Stickstoff- und Phosphorabsenkung geprüft.

2 Versuchsdurchführung

Der Versuch wurde am Ausbildungs- und Versuchszentrum des Staatsguts Schwarzenau der Bayerischen Staatsgüter durchgeführt. Dazu wurden 96 Mastferkel der Rasse Pi x (DL x DE) nach Lebendmasse (LM), Geschlecht und Abstammung ausgewählt und gleichmäßig auf folgende vier Gruppen aufgeteilt:

- A: Kontrolle, kein GAA;
- B: 600 mg Formulierung mit 96 % GAA pro kg Futter
- C: 900 mg Formulierung mit 96 % GAA pro kg Futter
- D: 1.200 mg Formulierung mit 96 % GAA pro kg Futter

Die Mastschweine wurden in 8 Buchten zu je 12 Tieren auf Betonspalten ohne Einstreu gehalten. Sie waren zu Versuchsbeginn im Durchschnitt 74 Tage alt und hatten im Mittel eine LM von rund 33 kg. Pro Behandlung wurden zwei Buchten gemischtgeschlechtlich eingestallt. Der Versuch gliederte sich in drei Fütterungsphasen (30-60 kg, 60-90 kg und 90-120 kg LM). Die Futterzuteilung erfolgte über Abrufstationen mit integrierter Futtermittelverwiegung für das Einzeltier (Compident Station CID98 MLP, Schauer Agrotech GmbH). Die LM wurden wöchentlich am Einzeltier erfasst und zur Berechnung der täglichen Zunahmen sowie des Futteraufwands für das Einzeltier genutzt. Zusätzlich wurde in den Buchten einmal pro Woche der Kot der Tiere von hart (=1) bis wässrig (=4) bewertet. Beim Erreichen von ca. 120 kg LM wurden die Mastschweine nach den Richtlinien der Mastleistungsprüfung (Bundesverband Rind und Schwein, 2019) im Versuchsschlachthaus Schwarzenau geschlachtet und die Schlachtkörper bewertet.

Die Schlachtgewichte (SG) und die Muskelfleischanteile (MFA) wurden mit einer in Bayern verbreiteten Abrechnungsmaske abgeglichen. Der optimale Gewichtsbereich lag dabei zwischen 84 und 110 kg SG. Der Basispreis errechnete sich bei 57 % MFA. Die Systemgrenzen lagen zwischen 84 und 120 kg SG bei 61 % MFA. Unter 84 kg SG wurden maximal 57 % MFA berücksichtigt.

Die Futtermischungen wurden in der Versuchsmahl- und Mischanlage Schwarzenau in Anlehnung an die Vorgaben der DLG (2010) für Mastschweine mit 850 g täglichen Zunahmen hergestellt und im Futtermittelabor Grub der Abteilung Laboranalytik (AL) der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LFL) nach Methoden des VDLUFA (2012) analysiert.

Im Labor der Firma Evonik wurden die Gehalte an GAA, Rohprotein, nahezu aller Aminosäuren (17), der supplementierten Aminosäuren sowie an NH₃ nach der amtlichen Methode (EU, 2009) analysiert.

Analysierte und vorab kalkulierte Inhaltsstoffe der Versuchsmischungen wurden anhand ihrer Analysenspielräume (ASR) abgeglichen (VDLUFA, 2022). Die Schätzung der ME erfolgte anhand der Mischfütterformel (GfE, 2008).

Die Zusammensetzung sowie die kalkulierten Nährstoffgehalte der Rationen sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1: Zusammensetzung (%) sowie kalkulierte Nährstoff- und ME-Gehalte der Basisrationen (Angaben pro kg bei 88 % TM)

		Anfangsmast	Mittelmast	Endmast
Weizen	%	54,7	55,7	43,8
Gerste	%	20,9	25,9	45,7
Sojaext.-Schrot, 44 % XP	%	20,9	14,9	7
Mineralfutter	%	3,0	3,0	3,0
Sojaöl	%	0,5	0,5	0,5
ME	MJ	13,0	13,0	12,9
Rohfaser	g	40	38	40
Rohprotein	g	165	147	122
Lysin / pcv Lysin	g	11,4 / 9,9	10,1 / 8,7	8,4 / 7,2
Methionin	g	3,8	3,1	2,7
Cystin	g	2,9	2,7	2,4
M+C / pcv M+C	g	6,7 / 5,9	5,8 / 5,1	5,1 / 4,4
Threonin / pcv Threonin	g	7,1 / 6,1	6,3 / 5,3	5,4 / 4,5
Tryptophan / pcv Tryptophan	g	2,2 / 1,8	2,0 / 1,7	1,7 / 1,3
Valin /pcv Valin	g	7,5 / 6,2	6,4 / 5,3	5,3 / 4,3
Kalzium	g	7,1	7,0	6,6
Phosphor	g	4,6	4,3	3,9

pcv = praecaecalverdaulich (dünndarmverdaulich)

Die Formulierungen mit 96 % GAA wurden zusammen mit Aminosäuren und Monocalciumphosphat als Ergänzungsfutter (Tabelle 2) von der Firma Evonik für Mischchargen von jeweils 500 kg bereitgestellt. Wegen des unterschiedlichen Gehalts an Aminosäuren und Phosphor dieser Ergänzungsfuttermittel wurde in der Anfangsmast ein Mineralfutter mit weniger Aminosäuren und geringerem Kalzium- und Phosphorgehalt eingesetzt als in der Mittel- und Endmast. Das in der Anfangsmast eingesetzte Mineralfutter wies laut Deklaration 17 % Kalzium, 0 % Phosphor, 12 % Lysin, 2% Methionin, 3,5 % Threonin sowie 0,3 % Tryptophan auf. Ab der Mittelmast wurde ein Mineralfutter mit 18,5 % Kalzium, 1,5 % Phosphor, 12 % Lysin, 3 % Methionin, 4,5 % Threonin und 0,5 % Tryptophan eingesetzt.

Tabelle 2: Zusammensetzung der eingesetzten Ergänzungsfutter für 500 kg Futtermischung (alle Angaben in kg)

	Anfangsmast				Mittelmast				Endmast			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Monocalciumphosphat		2,950				1,660				1,250		
DL-Methionin		0,465				0,050				--		
L-Threonin		0,260				0,030				0,070		
L-Tryptophan		0,010				--				--		
L-Valin		0,150				0,010				0,030		
L-Isoleucin		--				--				0,030		
GAA-Formulierung	--	0,300	0,450	0,600	--	0,300	0,450	0,600	--	0,300	0,450	0,600
Summe	3,835	4,135	4,285	4,435	1,750	2,050	2,200	2,350	1,380	1,680	1,830	1,980

3 Ergebnisse

3.1 Versuchsablauf

Während des Versuchs mussten insgesamt 15 Tiere mit Tierarzneimitteln behandelt werden (Gruppe A und B jeweils zwei Tiere, Gruppe C drei Tiere und Gruppe D acht Tiere.) Ursachen waren meist Probleme mit dem Fundament (Schulter und Hüfte) sowie Schwanzbeißen, das in jeweils einer Bucht von Gruppe A und D auftrat. Besonders heftig war das Schwanzbeißen in der betreffenden Bucht von Gruppe D. Die

Hälfte der Medikationen in dieser Gruppe waren auf das Schwanzbeißen zurückzuführen. Insgesamt mussten sechs Tiere aus dem Versuch genommen werden. In den Gruppen A und C war es jeweils ein Tier und in Gruppe D waren es vier Tiere. In dieser Gruppe mussten drei Tiere aus der Bucht, in der verstärkt Schwanzbeißen auftrat, herausgenommen werden.

3.2 Futteranalysen

Die analysierten Nährstoffgehalte und ermittelten Gehalte an ME sind in Tabelle 3 zusammengestellt.

Die analysierten Rohfaser- und Kalziumgehalte stimmten im Rahmen der ASR gut mit den vorab kalkulierten Werten überein. Auch beim Phosphor passten Kalkulation und Analyse gut zusammen. Lediglich die Phosphorgehalte der Endmastfutter waren höher und lagen knapp außerhalb der ASR. Die ermittelten Gehalte an ME stimmten im Anfangsmastfutter der Gruppen A, C und D mit den kalkulierten Werten überein, ansonsten wurden um 0,2 MJ bis 0,4 MJ höhere Werte ermittelt als kalkuliert.

Die bei Evonik analysierten Gehalte an Rohprotein sowie an Lysin, Methionin, Cystin, Threonin, Tryptophan und Valin stimmten im Rahmen ihrer ASR sehr gut mit den kalkulierten Werten überein. Nur im Mittelmastfutter von Gruppe A wurde ein knapp außerhalb des ASR liegender, niedrigerer Lysingehalt analysiert.

Betrachtet man die analysierten Gehalte an GAA in den einzelnen Versuchsgruppen und Mastabschnitten, so wurden bei niedriger Dosierung zwischen 540 und 586 mg, bei mittlerer Dosierung zwischen 709 und 872 mg und bei hoher Dosierung zwischen 1.113 und 1.163 mg pro kg Futter gefunden.

Tabelle 3: *Analysierte Nährstoff- und Guanidinoessigsäuregehalte in den Versuchsrationen (Angaben pro kg bei 88 % TM)*

		Anfangsmast				Mittelmast				Endmast				
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	
Labor LfL	TM	g	884	886	886	888	895	896	956	894	895	895	897	895
	ME	MJ	13,0	13,2	13,0	13,0	13,3	13,4	13,3	13,4	13,2	13,2	13,1	13,1
	Rohasche	g	50	47	48	48	44	43	42	42	43	45	44	42
	Rohfaser	g	43	38	42	44	34	31	34	32	34	36	36	41
	Rohfett	g	28	27	26	28	27	26	26	27	30	29	29	30
	Stärke	g	459	469	458	456	501	503	505	507	523	520	522	515
	Zucker	g	21	21	19	23	14	15	16	15	15	13	14	12
	aNDFom	g	117	125	119	133	114	112	113	112	117	114	126	130
	ADFom	g	47	49	52	51	49	43	44	42	48	47	47	52
	Kalzium	g	7,6	6,7	7,0	6,5	6,9	7,0	6,8	6,8	6,8	7,3	7,2	6,1
	Phosphor	g	4,9	4,8	5,0	4,7	4,5	4,3	4,3	4,4	4,7	4,6	4,9	4,6
	Natrium	g	1,9	1,6	1,6	1,6	1,6	1,3	1,5	1,6	1,6	1,8	1,8	1,5
	Magnesium	g	2,3	2,1	2,2	2,1	2,2	2,2	2,2	2,1	2,1	2,0	2,1	2,0
	Kalium	g	7,3	7,2	7,6	7,3	6,3	6,2	6,5	6,4	5,1	5,1	5,1	5,1
	Schwefel	g	1,8	1,7	1,8	1,7	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,5
	Eisen	mg	258	245	255	230	231	232	236	227	239	235	242	217
	Kupfer	mg	18	16	17	17	15	15	20	18	21	20	21	18
	Zink	mg	88	84	90	87	95	79	85	86	103	92	105	96
	Mangan	mg	110	94	101	103	99	107	95	79	85	83	94	84
Labor Evonik	Rohprotein	g	160	164	172	163	145	147	144	149	119	126	125	123
	Methionin	g	3,49	3,69	3,64	3,58	2,75	2,93	2,86	2,91	2,36	2,61	2,48	2,51
	Cystin	g	2,70	2,72	2,84	2,77	2,61	2,62	2,55	2,63	2,37	2,34	2,35	2,30
	Lysin	g	11,01	10,27	10,79	10,75	8,66	8,98	9,28	9,39	7,96	8,64	7,57	8,24
	Threonin	g	6,53	6,57	6,78	6,74	5,96	6,09	5,70	5,88	5,37	5,68	4,90	5,33
	Tryptophan	g	2,22	2,26	2,36	2,27	2,01	1,99	1,94	2,04	1,74	1,77	1,71	1,67
	Arginin	g	9,10	9,12	9,87	9,17	7,97	8,08	7,66	8,30	6,33	6,45	6,15	6,01
	Isoleucin	g	5,95	5,97	6,41	5,97	5,36	5,41	5,16	5,57	4,29	4,21	4,06	4,03
	Leucin	g	10,65	10,64	11,40	10,65	9,57	9,66	9,28	9,88	7,85	7,91	7,63	7,49
	Valin	g	7,05	7,16	7,61	7,33	6,31	6,31	6,08	6,48	5,43	5,35	5,21	5,18
	Histidin	g	3,63	3,65	3,89	3,63	3,25	3,28	3,14	3,35	2,63	2,64	2,55	2,50
	Phenylalanin	g	7,19	7,13	7,64	7,18	6,33	6,35	6,12	6,57	5,38	5,24	5,10	5,06
	Glycin	g	6,38	6,43	6,88	6,46	5,74	5,81	5,62	5,96	4,83	4,94	4,73	4,63
	Serin	g	6,99	6,94	7,44	7,13	6,29	6,42	6,17	6,52	5,16	5,37	5,12	4,95
	Prolin	g	10,57	10,67	11,18	10,37	9,67	9,58	9,51	9,84	9,67	9,68	9,70	9,32
	Alanin	g	5,98	5,98	6,47	6,13	5,43	5,45	5,24	5,61	4,57	4,68	4,48	4,36
	Asparaginsäure	g	12,28	12,36	13,63	12,61	10,61	10,72	10,12	11,09	7,92	8,15	7,69	7,43
	Glutaminsäure	g	32,40	32,44	33,65	32,39	30,55	31,10	30,10	31,36	26,17	26,33	25,82	25,25
	NH ₃	g	3,96	3,99	4,11	4,15	3,82	3,87	3,80	3,92	3,44	3,45	3,45	3,37
	Summe inkl. NH ₃	g	146,06	145,95	154,45	147,03	132,89	134,67	130,37	137,34	111,72	113,69	108,99	107,95
	Summe ohne. NH ₃	g	142,11	141,96	150,34	142,87	129,07	130,80	126,57	133,43	108,28	110,24	105,55	104,58
	Methionin, suppl.	g	1,27	1,43	1,33	1,49	0,82	0,89	0,99	0,80	0,79	0,89	0,80	0,88
	Lysin, suppl.	g	3,82	3,10	3,14	3,53	3,01	3,45	3,67	3,21	3,60	3,84	3,39	3,65
	Threonin, suppl.	g	1,37	1,48	1,30	1,56	1,48	1,58	1,33	1,15	1,35	1,81	1,28	1,82
	Tryptophan, suppl.	g	0,14	0,14	0,13	--	-- ¹⁾	-- ¹⁾	-- ¹⁾	-- ¹⁾	0,11	0,13	0,11	0,12
	Valin, suppl.	g	0,28	0,28	0,25	0,36	0	0	0	0	0,09	0,09	0,08	0,11
	Isoleucin, suppl.	g	0	0	0	0	0	0	0	0	0,08	0,06	0,06	0,06
GAA	mg	-- ¹⁾	574	872	1146	-- ¹⁾	540	758	1163	-- ¹⁾	586	709	1131	

¹⁾ nicht nachweisbar

3.3 Kotkonsistenz

Auf die Beschaffenheit des Kots zeigte die Zulage von GAA keinen Effekt (siehe Tabelle 4). Im Mittel wurde der Kot in allen Gruppen mit 2 als „normal“ bzw. „unauffällig“ bewertet.

Tabelle 4 : Kotkonsistenz in den einzelnen Buchten während des Versuchs

Gruppe	Bucht	Versuchswochen														Mittel
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
A	1	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	-	2,3
	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2,1
B	1	2	2	3	2	3	2	2	3	2	2	2	1	2	2	2,1
	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2,1
C	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2,0
	2	2	1	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	-	2,0
D	1	2	3	2	2	3	2	2	2	3	2	2	2	1	2	2,1
	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	-	2,1

3.4 Mastleistung

Die Mastleistungen sowie die Kennzahlen der Futter- und Energieeffizienz sind in Tabelle 5 zusammengestellt.

3.4.1 Futterabruf und Futtermittelverbrauch

In der Anfangsmast ergaben sich mit Werten von rund 1,8 kg pro Tier und Tag in allen Gruppen keine signifikanten Unterschiede beim Futterabruf. Demgegenüber zeigte sich in der Mittelmast in Gruppe C mit 2,6 kg ein signifikant höherer Futterabruf als in den Gruppen A, B und D, in denen zwischen 2,3 kg und 2,4 kg abgerufen wurden. Auch in der Endmast wurden signifikante Unterschiede festgestellt. So wurde in den Gruppen A und C mit jeweils rund 2,8 kg signifikant mehr Futter pro Tier und Tag abgerufen als in Gruppe B mit 2,6 kg. Der Abruf in Gruppe D belief sich auf 2,7 kg. Im Mittel des Versuchs lag der tägliche Futterabruf in den einzelnen Gruppen zwischen 2,3 kg und 2,4 kg. Statistisch signifikante Unterschiede konnten bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p=0,056$ nicht festgestellt werden.

Betrachtet man die verbrauchte Futtermenge pro Tier in den einzelnen Mastabschnitten und in der gesamten Mast, so war in der Anfangsmast mit Werten zwischen 61 kg in Gruppe D und 63 kg in Gruppe B der Futtermittelverbrauch in etwa gleich hoch. In der Mittelmast wurde in Gruppe C mit 74 kg gegenüber 66 kg bis 68 kg in den Gruppen A, B und D signifikant mehr Futter pro Tier verbraucht. In der Endmast lag der Futtermittelverbrauch zwischen 101 kg und 109 kg. Ein statistisch signifikanter Unterschied zeigte sich dabei nicht. Im Mittel der Mast beliefen sich die verbrauchten Futtermenge pro Mastschwein zwischen 227 kg in Gruppe D und 244 kg in Gruppe C. Die Unterschiede ließen sich bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p=0,059$ statistisch nicht absichern.

3.4.2 Kalkulierte Aufnahme an umsetzbarer Energie

In der Anfangsmast ergaben sich mit Werten zwischen 23 MJ und 24 MJ pro Tier und Tag keine signifikanten Unterschiede bei der kalkulierten Aufnahme an ME. In der Mittelmast zeigte sich in Gruppe C mit 35 MJ eine signifikant höhere ME-Aufnahme als in den Gruppen A, B und D, in denen zwischen 31 MJ und 32 MJ aufgenommen wurden. Auch in der Endmast wurden signifikante Unterschiede festgestellt. So wurde in den Gruppen A und C mit jeweils 37 MJ signifikant mehr ME pro Tier und Tag aufgenommen als in Gruppe B mit 34 MJ. Die ME-Aufnahme in Gruppe D belief sich auf 35 MJ. Im Mittel des Versuchs lag die tägliche ME-Aufnahme in den einzelnen Gruppen zwischen 30 MJ und 32 MJ. Statistisch signifikante Unterschiede wurden bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p=0,073$ nicht festgestellt.

3.4.3 Tägliche Zunahmen

In der Anfangs- und Mittelmast zeigte sich kein signifikanter Effekt der GAA-Zulage auf die täglichen Zunahmen. Diese lagen in der Anfangsmast zwischen 818 g in Gruppe C und 850 g in Gruppe B und in der Mittelmast zwischen 923 g in Gruppe B und 965 g in Gruppe D. Demgegenüber waren in der Endmast die Tageszunahmen in Gruppe C mit 845 g signifikant höher als in Gruppe A mit 752 g und in Gruppe B mit 733 g. In Gruppe D wurden 815 g erzielt. Im Mittel des Versuchs lagen die Tageszunahmen zwischen 829 g in den Gruppen A und B und 866 g in Gruppe D. Signifikante Unterschiede konnten bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p=0,152$ nicht festgestellt werden. Im Mittel aller Gruppen wurden knapp 850 g Tageszunahmen erzielt. Das ist ein für einen in den Sommermonaten durchgeführten Mastdurchgang an Abrufstationen mit Trockenfütterung durchaus passabler Wert.

3.4.4 Futter- und ME-Effizienz

Was den Futteraufwand pro kg Zuwachs betrifft, so ergaben sich in der Anfangsmast mit 2,1 kg bis 2,2 kg Futter pro kg Zuwachs keine signifikanten Unterschiede. Demgegenüber zeigte sich in der Mittelmast in Gruppe C mit knapp 2,8 kg der höchste Futteraufwand. Die Unterschiede zu allen anderen Gruppen waren signifikant. In Gruppe D wurde mit 2,4 kg der niedrigste Futteraufwand pro kg Zuwachs ermittelt. Auch hier waren die Unterschiede zu allen anderen Gruppen signifikant. In den Gruppen A und B wurden jeweils rund 2,6 kg ermittelt. In der Endmast ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen Gruppe A mit einem Futteraufwand von 3,8 kg pro kg Zuwachs und den Gruppen C und D, in denen zwischen 3,3 kg und 3,4 kg ermittelt wurden. Der Futteraufwand in Gruppe B lag mit 3,6 kg dazwischen. Im Mittel der Mast war der Futteraufwand pro kg Zuwachs in Gruppe D mit 2,6 kg signifikant niedriger als in allen andern Gruppen, in denen zwischen 2,7 kg und 2,8 kg ermittelt wurden.

Mit 27 MJ bis 28 MJ ergaben sich in der Anfangsmast keine signifikanten Unterschiede beim Aufwand an ME pro kg Zuwachs. In der Mittelmast zeigte sich in Gruppe C mit 37 MJ der höchste Aufwand an ME. Die Unterschiede zu allen anderen Versuchsgruppen waren signifikant. In Gruppe D wurde mit knapp 33 MJ der niedrigste Aufwand an ME pro kg Zuwachs ermittelt. Auch hier waren die Unterschiede zu allen anderen Versuchsgruppen signifikant. In den Gruppen A und B wurden jeweils knapp 35 MJ pro kg Zuwachs ermittelt. In der Endmast ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen Gruppe A mit einem Aufwand an ME von knapp 51 MJ pro kg Zuwachs und den Gruppen C und D mit Werten von jeweils 44 MJ. Der Aufwand an ME in Gruppe B lag mit 47 MJ dazwischen. Im Mittel der Mast war der Aufwand an ME pro kg Zuwachs in Gruppe D mit 34 MJ signifikant niedriger als in allen andern Gruppen, in denen zwischen 36 MJ und 37 MJ ermittelt wurden.

Tabelle 5: Mastleistungen, Futterverbrauch sowie Futter- und ME-Aufwand (LS-Means)

		A	B	C	D	p ¹⁾
ausgewertete Tiere	n	23	24	23	20	
Lebendmasse						
Beginn	kg	33,1	33,3	33,5	33,3	0,962
Futterwechsel 1	kg	62,2	63,1	62,2	62,7	0,825
Futterwechsel 2	kg	88,3	88,9	88,8	89,8	0,865
Ende	kg	117,7	119,4	121,3	120,0	0,255
Zuwachs						
Anfangsmast	kg	29,1	29,8	28,6	29,5	0,492
Mittelmast	kg	26,0	25,8	26,6	27,0	0,519
Endmast	kg	29,4	30,5	32,5	30,3	0,325
gesamt	kg	84,5	86,1	87,8	86,8	0,312
Tägl. Zunahmen						
Anfangsmast	g	832	850	818	842	0,492
Mittelmast	g	929	923	952	965	0,519
Endmast	g	752 ^{bc}	733 ^c	845 ^a	815 ^{ab}	0,013
gesamt	g	829	829	863	866	0,152
Mastdauer						
Endmast	d	40	42	40	38	0,337
gesamt	d	103	105	103	101	0,337
Futterabruf pro Tier und Tag						
Anfangsmast	kg	1,78	1,80	1,77	1,75	0,781
Mittelmast	kg	2,42 ^b	2,38 ^b	2,63 ^a	2,34 ^b	0,004
Endmast	kg	2,80 ^a	2,58 ^b	2,82 ^a	2,70 ^{ab}	0,012
gesamt	kg	2,34	2,27	2,40	2,27	0,056
Futtermenge pro Tier						
Anfangsmast	kg	62,2	63,1	62,1	61,2	0,781
Mittelmast	kg	67,9 ^b	66,7 ^b	73,7 ^a	65,6 ^b	0,004
Endmast	kg	109,3	105,7	108,1	100,6	0,383
gesamt	kg	239,3	235,6	243,9	227,4	0,060
Futteraufwand pro kg Zuwachs						
Anfangsmast	kg	2,14	2,13	2,17	2,08	0,216
Mittelmast	kg	2,62 ^b	2,59 ^b	2,78 ^a	2,43 ^c	<0,001
Endmast	kg	3,82 ^a	3,60 ^{ab}	3,32 ^b	3,39 ^b	0,018
gesamt	kg	2,84 ^a	2,74 ^a	2,78 ^a	2,62 ^b	0,002
ME-Aufnahme pro Tag						
Anfangsmast	MJ	23,0	23,8	23,1	22,7	0,495
Mittelmast	MJ	32,1 ^b	31,9 ^b	35,0 ^a	31,4 ^b	0,006
Endmast	MJ	37,1 ^a	34,1 ^b	37,0 ^a	35,2 ^{ab}	0,008
gesamt	MJ	30,9	30,0	31,6	29,8	0,073
ME-Aufwand pro kg Zuwachs						
Anfangsmast	MJ	27,7	28,0	28,3	27,0	0,208
Mittelmast	MJ	34,7 ^b	34,6 ^b	37,0 ^a	32,5 ^c	<0,001
Endmast	MJ	50,5 ^a	47,4 ^{ab}	43,6 ^b	44,2 ^b	0,009
gesamt	MJ	37,4 ^a	36,3 ^a	36,6 ^a	34,4 ^b	0,002

¹⁾ Irrtumswahrscheinlichkeit; Werte mit unterschiedlichen Hochbuchstaben unterscheiden sich signifikant (p<0,05)

3.5 Schlachtkörperbeurteilung

Die Beurteilung der Schlachtkörper geht aus Tabelle 6 hervor. Mit Ausnahme der Ausschlachtung, bei der die Tiere aller GAA-Gruppen signifikant niedriger lagen, gab es keine signifikanten Effekte auf die

untersuchten Schlachtkörpermerkmale. Mit im Mittel über 60 % in allen Gruppen war der MFA als hoch einzustufen.

Tabelle 6: Schlachtkörperbeurteilung (LS-Means)

Versuchsgruppe		A	B	C	D	p ¹⁾
Schlachtgewicht	kg	97,7	97,6	99,6	98,0	0,470
Ausschlachtung	%	83,0 ^a	81,8 ^b	82,1 ^b	81,7 ^b	0,011
Schlachtkörperlänge	mm	1004	1015	1011	1014	0,451
Rückenmuskelfläche	cm ²	60,2	60,8	63,0	61,9	0,126
Fettfläche	cm ²	16,4	15,5	15,8	14,5	0,338
Fleisch zu Fett	1:	0,28	0,26	0,26	0,23	0,274
Fleischmaß	mm	66,9	65,4	67,3	66,1	0,699
Speckmaß	mm	13,7	12,9	13,3	12,6	0,453
Muskelfleischanteil	%	60,2	60,7	60,7	61,0	0,703
Fleischanteil im Bauch	%	58,6	60,0	59,3	61,2	0,177

¹⁾ Irrtumswahrscheinlichkeit; Werte mit unterschiedlichen Hochbuchstaben unterscheiden sich signifikant ($p < 0,05$)

Die SG aller Tiere der Gruppen B und C lagen im optimalen Bereich (vgl. Tabelle 7). In den Gruppen A und D waren zwischen 4 und 5 % der Schlachtkörper leichter als gefordert. Zu hohe SG traten nicht auf. Weniger als 57 % MFA hatten insgesamt nur vier Tiere (Gruppe A zwei Tiere; Gruppe B und C jeweils ein Tier). Jeweils ein Tier aus Gruppe B und C wies einen MFA von weniger als 50 % auf.

Über die angeführte Abrechnungsmaske wurde der Auszahlungspreis pro kg SG berechnet. Aufgrund der vorliegenden Systemgrenzen beim SG waren die Auszahlungspreise pro kg SG in den Gruppen vergleichbar. Bei einem unterstellten Grundpreis von 1,87 €/kg SG (Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt 29/2022) ergaben sich pro kg SG Preise von 1,89 € in Gruppe A, von 1,88 € in Gruppe B, von 1,87 € in Gruppe C sowie von 1,90 € in Gruppe D.

Tabelle 7: Verteilung der Schlachtgewichte und des Muskelfleischanteils (% der Tiere)

	Gruppe A	Gruppe B	Gruppe C	Gruppe D
Schlachtgewicht (kg)				
50,0 bis 83,9	4,3	0	0	5,0
84 bis 110,0	95,7	100	100	95
Muskelfleischanteil (%)				
kleiner 52,9	4,3	4,2	4,3	0
53,0 bis 54,9	0	0	0	0
55,0 bis 56,9	4,3	0	0	0
57,0 bis 60,0	30,5	33,3	34,8	25,0
60,1 bis 61,0	17,4	8,3	17,4	15,0
größer 61,0	43,5	54,2	43,5	60

4 Ökonomische Bewertung

Auch wenn keine direkte Dosis-Wirkungsbeziehung mit steigender Zulage von GAA abgeleitet werden konnte, so resultierten signifikante Unterschiede beim Futteraufwand zwischen der Kontrollgruppe A und der Zulage von 1.200 mg GAA pro kg Futter in Gruppe D.

In Tabelle 8 sind die Erlöse pro Mastschwein (Grundpreis 1,87 €/kg SG, vgl. auch Punkt 3.5) sowie die Futterkosten dargestellt. Die Futterkosten wurden aus den in Tabelle 5 angeführten Futtermengen pro Tier errechnet. Dabei wurde für Weizen 28 €/dt, für Gerste 25 €/dt, für SES 57,5 €/dt und für Pflanzenöl

170 €/dt unterstellt (Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt 29/2022). Die verwendeten Mineralfutter kosteten laut Hersteller 116 €/dt bzw. 135 €/dt. Die Preisinformationen zu supplementierten Aminosäuren basieren auf Angaben von www.feedinfo.com, Abruf 26.07.2022. Für GAA wurden 7 €/kg veranschlagt.

Vergleicht man die Gruppen A und D miteinander, so ergibt sich unter den gegebenen Bedingungen ein Vorteil von rund 3,7 € pro Mastschwein bei der hohen Zulage von GAA. Dies entspricht einem Return on Investment (ROI) von 194 %.

Tabelle 8: Schlachterlöse und Futterkosten

Versuchsgruppe	A	B	C	D
Erlöse, € pro Mastschwein	184,65	183,49	186,25	186,20
Futterkosten, € pro Mastschwein	83,76	83,47	86,94	81,60
Differenz, € pro Mastschwein	100,89	100,02	99,31	104,60
Differenz, € zur Gruppe A	0	-0,87	-1,58	+3,71

5 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Die mittlere (900 mg/kg) und hohe Dosierung (1.200 mg/kg) von GAA führte gegenüber der Kontrollgruppe und der niedrigen Dosierung (600 mg/kg) zu numerisch höheren Tageszunahmen (863 g bzw. 866 g gegenüber jeweils 829 g). Beim Futterabruf pro Tier und Tag ergaben sich im Versuchsmittel mit 2,2 kg bis 2,4 kg pro Tier und Tag keine statistisch abzusichernden Unterschiede.

Beim Gesamtfutterverbrauch pro Tier ließen sich die Unterschiede zwischen den Gruppen bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p=0,059$ nur ganz knapp nicht mehr statistisch absichern. Da sich bei der mittleren Dosierung der höchste Futterverbrauch pro Tier zeigte, konnte kein direkter Zusammenhang zwischen der Höhe der GAA-Zulage und dem Gesamtfutterverbrauch abgeleitet werden. Hier fällt die Gruppe mit mittlerer GAA-Dosierung und 244 kg aus der Reihe. Im Vergleich dazu wurden in der Kontrollgruppe 5 kg sowie bei niedriger und hoher GAA-Dosierung 8 kg bzw. 17 kg weniger Futter benötigt.

Der Futteraufwand sowie der Aufwand an ME war bei hoher GAA-Dosierung signifikant niedriger als in allen anderen Versuchsgruppen. Insgesamt erzielte somit nur die hohe Dosierung von GAA gegenüber der Kontrollgruppe einen positiven Effekt auf den Futteraufwand und den Aufwand an ME.

Beim Vergleich der Kontrollgruppe A mit der hohen Dosierung von 1.200 mg pro kg Futter in Gruppe D ergab sich unter den gegebenen Bedingungen ein Vorteil von 3,7 € pro Mastschwein, entsprechend 194 % ROI.

6 Literatur

Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt (2022) Nr. 29, Märkte und Preise, 74-80

Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (2008): Prediction of Metabolisable Energy of compound feeds for pigs. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 17, 199-204.

EU (2009) Verordnung (EG) Nr. 152/2009 der Kommission vom 27. Januar 2009 zur Festlegung der Probenahmeverfahren und Analysemethoden für die amtliche Untersuchung von Futtermitteln. Amtsblatt der Europäischen Union L54/1.

- Jayaraman, B.; Kinh, L.; Huyen, L.T.T.; Vinh, D.; Carpena, M.E.; Rademacher, M.; Channarayapatna, G. (2018): Supplementation of guanidinoacetic acid to pig diets: Effects on performance, carcass characteristics and meat quality. *J Anim Sci.* (6), 2332-2341
- Preißinger, W.; Propstmeier, G.; Scherb, S.; Rademacher, M. (2018): Effekte von Guanidinoessigsäure in der Ferkelaufzucht. In Tagungsband Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, 10./11. April 2018, Fulda, 194-197
- Preißinger, W.; Scherb, S.; Propstmeier, G.; Loibl, P.; Blindeneder, S.; Driessen, D. (2021): Unterschiedliche Anteile von Guanidinoessigsäure und Methylendonoren im Futter von Ferkeln – Auswirkungen auf zootechnische Parameter. In Tagungsband 59. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V., 12. Oktober 2021, 100-105
- Rademacher, M.; Naatjes, M.; Müller, M.; Weber M. (2017): Der Effekt von Guanidinoessigsäure auf Leistungsparameter beim Mastschwein. In Tagungsband Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, 21./22. März 2017, Fulda, 184-186
- VDLUFA-Methodenbuch Band III: Die Untersuchung von Futtermitteln 3. Aufl. 1976, 8. Ergänzungslieferung 2012, VDLUFA-Verlag Darmstadt.
- VDLUFA (2022) Analysenspielräume (ASR), Version 12 (2022). www.vdlufa.de
- Walker, J.B. (1997): Creatine: biosynthesis, regulation, and function. *Adv Enzymol Relat Areas Mol Biol.* 50: 177–242. PMID: 386719.
- Weber, M. (2018): Kreatin-Zusatz entlastet das N- und P-Konto. *Top agrar* 3/2018.
- Weber, M.; Mäurer, H.; Müller, M. (2017): Einsatz von Guanidinoessigsäure in der Schweinemast: In Tagungsband 14. Tagung Schweine- und Geflügelernährung, 21.-23.11.2017, Lutherstadt Wittenberg, 169-171