

Technische Universität München

Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt

Department für Tierwissenschaften

Bereich Tierernährung

**Zum Einfluss konjugierter Linolsäureisomere auf zootechnische Parameter und
das Lebensmittel Fisch am Beispiel von Karpfen und Forellen**

Daniel Maaß

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan
für Ernährung, Landnutzung und Umwelt der Technischen Universität München zur
Erlangung des akademischen Grades eines

Doktors der Agrarwissenschaften

(Dr. agr.)

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender:

Univ.-Prof. Dr. L. Dempfle

Prüfer der Dissertation:

1. apl. Prof. Dr. F. J. Schwarz

2. Univ.-Prof. Dr. H. H. D. Meyer

Die Dissertation wurde am 27.12.2001 bei der Technischen Universität München eingereicht
und durch die Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung
und Umwelt am 12.03.2002 angenommen.

Meiner Familie

Mein herzlichster Dank gilt Herrn Prof. Dr. F.J. Schwarz für die Überlassung des Themas, die wissenschaftliche Anleitung sowie die mir stets gewährte Unterstützung und die freundliche Betreuung der Arbeit.

Weiterhin danke ich Herrn Prof. Dr. H. Steinhart, Direktor des Instituts für Biochemie und Lebensmittelchemie in Hamburg, für die umfassende Kooperationsbereitschaft und die Bereitstellung der Labors und der technischen Einrichtungen.

Der Firma BASF möchte ich für die Unterstützung des Projekts und die Bereitstellung der CLA-Präparate danken. Darüber hinaus gilt mein Dank der Firma HOBUM, die das CLA-Präparat im Karpfenversuch I zur Verfügung stellte.

Herrn Dr. M. v. Lukowicz, Leiter der Bayerischen Landesanstalt für Fischerei in Starnberg, danke ich für die Ermöglichung des Forellenversuchs.

Des weiteren gebührt mein Dank Frau W. Schabbel für die zuverlässige und jederzeit freundliche Zusammenarbeit.

Herrn Prof. Dr. H. Stein danke ich für die Hilfe bei der praktischen Versuchsdurchführung.

Weiterhin möchte ich Herrn Dr. T. Ettle für die Mithilfe bei der statistischen Auswertung der Daten danken.

Ferner gilt mein Dank allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Versuchsanlage für Tierernährung für die gewährte Unterstützung und das freundliche Arbeitsklima.

Freising-Weihenstephan, im Dezember 2001

Daniel Maaß

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Material und Methoden	3
2.1	Versuchsplan und Rationsgestaltung	3
2.1.1	Karpfenversuch I	3
2.1.1.1	Versuchsplan	3
2.1.1.2	Rationsgestaltung	4
2.1.2	Karpfenversuch II	5
2.1.2.1	Versuchsplan	5
2.1.2.2	Rationsgestaltung	6
2.1.3	Forellenversuch	7
2.1.3.1	Versuchsplan	7
2.1.3.2	Rationsgestaltung	9
2.2	Versuchsdurchführung	10
2.2.1	Aquarienanlage für die Karpfenversuche	10
2.2.2	Langstrombeckenanlage für den Forellenversuch	11
2.2.3	Tiermaterial und Haltung	11
2.2.3.1	Karpfenversuche	11
2.2.3.2	Forellenversuch	13
2.2.4	Fütterung	13
2.2.4.1	Karpfenversuche	13
2.2.4.2	Forellenversuch	14
2.2.5	Messkriterien	14
2.2.5.1	Lebendmasse, tägliche Zunahmen und spezifische Wachstumsrate der Karpfen	14
2.2.5.2	Lebendmasse, tägliche Zunahmen und spezifische Wachstumsrate der Forellen	16
2.2.6	Futteraufnahme und Futterverwertung	16
2.2.7	Verdaulichkeit der Futterrationen in den Karpfenversuchen	17
2.2.8	Ausfälle	17
2.2.9	Schlachtkörperzusammensetzung	18
2.2.9.1	Schlachtung, Zerlegung und Lagerung	18
2.2.9.1.1	Schlachtung, Zerlegung und Lagerung der Karpfen	18
2.2.9.1.2	Schlachtung, Zerlegung und Lagerung der Forellen	19
2.2.9.2	Lagerung der Futterproben und der CLA	20
2.3	Bestimmung der Nährstoffgehalte, der Verdaulichkeit und der Bruttoenergie	20
2.4	Fleischqualität	22
2.4.1	Fleischhelligkeit und -farbe des Forellenfleisches	22
2.4.2	Bestimmung der Fettsäurezusammensetzung	22
2.4.2.1	Fettextraktion aus den Filets und Futterproben	23
2.4.2.2	Derivatisierung zu Fettsäuremethylestern	24
2.4.2.3	Gaschromatographie - Flammenionisationsdetektor	24
2.4.2.4	Silberionen - Hochleistungsflüssigkeitschromatograph	25
2.4.3	Sensorische Untersuchungen	26
2.4.3.1	Vorbereitung der Sensorik	26
2.4.3.1.1	Schulung des Panels	26
2.4.3.1.2	Profilprüfung	27
2.4.3.2	Durchführung der Sensorik	31
2.5	Statistische Auswertung	31

3	Ergebnisse	33
3.1	Karpfenversuch I	33
3.1.1	Rationszusammensetzung im Karpfenversuch I.....	33
3.1.2	Verdaulichkeit der Versuchsrationen im Karpfenversuch I.....	34
3.1.3	Lebendmasseentwicklung der Karpfen im Karpfenversuch I.....	35
3.1.4	Leistungsparameter im Karpfenversuch I.....	36
3.1.4.1	Tägliche Zunahmen im Karpfenversuch I.....	36
3.1.4.2	Futterverwertung der Karpfen im Karpfenversuch I.....	37
3.1.4.3	Spezifische Wachstumsrate (a) der Karpfen im Karpfenversuch I.....	37
3.1.5	Schlachtkörperzusammensetzung der Karpfen zu Versuchsbeginn im Karpfenversuch I.....	38
3.1.6	Schlachtkörperzusammensetzung der Karpfen bei der Zwischenschlachtung im Karpfenversuch I.....	39
3.1.6.1	Schlachtgewichte und Anteile der Körperfraktionen der Karpfen bei der Zwischenschlachtung im Karpfenversuch I.....	39
3.1.6.2	Nährstoffgehalte der Körperfraktionen der Karpfen bei der Zwischen-schlachtung im Karpfenversuch I.....	40
3.1.6.2.1	Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Filets.....	40
3.1.6.2.2	Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Innereien.....	41
3.1.6.2.3	Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Restkörpers	42
3.1.6.3	Trockenmasse- und Nährstoffgehalte im Ganzkörper	43
3.1.7	Schlachtkörperzusammensetzung der Karpfen bei der Schlachtung zu Versuchsende im Karpfenversuch I.....	44
3.1.7.1	Schlachtgewichte und Anteile der Körperfraktionen der Karpfen bei der Schlachtung zu Versuchsende im Karpfenversuch I	44
3.1.7.2	Nährstoffgehalte der Körperfraktionen der Karpfen bei der Schlachtung zu Versuchsende im Karpfenversuch I.....	46
3.1.7.2.1	Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Filets.....	46
3.1.7.2.2	Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Innereien.....	47
3.1.7.2.3	Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Restkörpers	48
3.1.7.3	Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Ganzkörper	49
3.1.7.4	Fett- und Proteinansatz im Ganzkörper.....	50
3.2	Karpfenversuch II	52
3.2.1	Rationszusammensetzung im Karpfenversuch II.....	52
3.2.2	Verdaulichkeit der Versuchsrationen im Karpfenversuch II.....	52
3.2.3	Lebendmasseentwicklung der Karpfen im Karpfenversuch II.....	53
3.2.4	Leistungsparameter der Karpfen im Karpfenversuch II	54
3.2.4.1	Tägliche Zunahmen der Karpfen im Karpfenversuch II.....	54
3.2.4.2	Futterverwertung der Karpfen im Karpfenversuch II.....	55
3.2.4.3	Spezifische Wachstumsrate (a) der Karpfen im Karpfenversuch II	56
3.2.5	Schlachtkörperzusammensetzung der Karpfen zu Versuchsbeginn im Karpfenversuch II.....	56
3.2.6	Schlachtkörperzusammensetzung der Karpfen bei der Schlachtung zu Versuchsende im Karpfenversuch II.....	57
3.2.6.1	Schlachtgewichte und Anteile der Körperfraktionen der Karpfen bei der Schlachtung zu Versuchsende im Karpfenversuch II	57
3.2.6.2	Nährstoffgehalte der Körperfraktionen der Karpfen bei der Schlachtung zu Versuchsende	59
3.2.6.2.1	Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Filets.....	59
3.2.6.2.2	Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Innereien.....	59

3.2.6.2.3	Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Restkörpers	60
3.2.6.3	Trockenmasse- und Nährstoffgehalte im Ganzkörper	61
3.2.6.4	Fett- und Proteinansatz im Ganzkörper.....	62
3.2.7	Fettsäurezusammensetzung im Karpfenversuch II	63
3.2.7.1	Fettsäurezusammensetzung der CLA-Zulage im Karpfenversuch II.....	63
3.2.7.2	Fettsäurezusammensetzung des Futterfetts im Karpfenversuch II.....	64
3.2.7.3	Fettsäurezusammensetzung des Muskelfetts im Karpfenversuch II.....	66
3.2.7.3.1	Zusammensetzung des Gesamtfettsäuremusters im Muskelfett	66
3.2.7.3.2	Verteilung der Isomere der CLA-Fraktion im Muskelfett (%)	69
3.3	Forellenversuch.....	72
3.3.1	Rationszusammensetzung	72
3.3.2	Lebendmasseentwicklung der Forellen.....	73
3.3.3	Leistungsparameter im Forellenversuch	74
3.3.3.1	Tägliche Zunahmen im Forellenversuch.....	74
3.3.3.2	Futterverwertung im Forellenversuch.....	74
3.3.3.3	Spezifische Wachstumsrate (a) im Forellenversuch.....	75
3.3.4	Schlachtkörperzusammensetzung der Forellen zu Versuchsbeginn....	75
3.3.5	Schlachtkörperzusammensetzung der Forellen bei der Schlachtung nach der 6. Versuchswoche (Zwischenschlachtung I)	76
3.3.5.1	Schlachtgewichte und Anteile der Körperfraktionen der Forellen bei der Schlachtung nach der 6. Versuchswoche (Zwischenschlachtung I)	76
3.3.6	Nährstoffgehalte der Körperfraktionen der Forellen bei der Schlachtung nach der 6. Versuchswoche (Zwischenschlachtung I)	77
3.3.6.1	Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Filets.....	77
3.3.6.1.1	Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Innereien.....	78
3.3.6.1.2	Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Restkörpers	79
3.3.6.2	Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Ganzkörpers	80
3.3.7	Fleischhelligkeit und Fleischfarbe der Forellenfilets bei der Schlachtung nach der 6. Versuchswoche (Zwischenschlachtung I)	81
3.3.8	Schlachtkörperzusammensetzung der Forellen bei der Schlachtung nach der 10. Versuchswoche (Zwischenschlachtung II)	82
3.3.8.1	Schlachtgewichte und Anteile der Körperfraktionen der Forellen bei der Schlachtung nach der 10. Versuchswoche (Zwischenschlachtung II)	82
3.3.9	Nährstoffgehalte der Körperfraktionen der Forellen bei der Schlachtung nach der 10. Versuchswoche (Zwischenschlachtung II) ..	84
3.3.9.1	Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Filets.....	84
3.3.9.1.1	Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Innereien.....	84
3.3.9.1.2	Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Restkörpers	85
3.3.9.2	Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Ganzkörpers (% der Frischsubstanz)	86
3.3.10	Fleischhelligkeit und Fleischfarbe der Forellenfilets bei der Schlachtung nach der 10. Versuchswoche (Zwischenschlachtung II) ..	87
3.3.11	Schlachtkörperzusammensetzung der Forellen bei der Schlachtung nach der 14. Versuchswoche (Fütterungsende).....	88

3.3.11.1	Schlachtgewichte und Anteile der Körperfraktionen der Forellen bei der Schlachtung nach der 14. Versuchswoche (Fütterungsende)	88
3.3.11.2	Nährstoffgehalte der Körperfraktionen der Forellen bei der Schlachtung nach der 14. Versuchswoche (Fütterungsende)	90
3.3.11.2.1	Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Filets	90
3.3.11.2.2	Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Innereien	91
3.3.11.2.3	Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Restkörpers	91
3.3.11.3	Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Ganzkörpers	92
3.3.11.4	Fett- und Proteinansatz des Ganzkörpers	93
3.3.11.5	Fleischhelligkeit und Fleischfarbe der Forellenfilets bei der Schlachtung nach der 14. Versuchswoche (Fütterungsende)	94
3.3.12	Schlachtkörperzusammensetzung der Forellen bei der Schlachtung nach der 20. Versuchswoche (Hälterungsende)	95
3.3.12.1	Schlachtgewichte und Anteile der Körperfraktionen der Forellen bei der Schlachtung nach der 20. Versuchswoche (Hälterungsende)	95
3.3.12.2	Nährstoffgehalte der Körperfraktionen der Forellen bei der Schlachtung nach der 20. Versuchswoche (Hälterungsende)	96
3.3.12.2.1	Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Filets	96
3.3.12.2.2	Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Innereien	97
3.3.12.2.3	Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Restkörpers	98
3.3.12.3	Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Ganzkörpers	99
3.3.12.4	Fleischhelligkeit und Fleischfarbe der Forellenfilets bei der Schlachtung nach der 20. Versuchswoche (Hälterungsende)	100
4	Diskussion	102
4.1	Struktur, Bildung, Vorkommen sowie technische Herstellung von CLA	102
4.2	Physiologische Bedeutung von CLA	106
4.3	CLA in der menschlichen Ernährung	113
4.4	Zum Einfluss der CLA-Zulage in der vorliegenden Versuchsreihe	115
4.4.1	Zum Einfluss der CLA-Zulage auf die Leistungsparameter	115
4.4.2	Zum Einfluss der CLA-Zulage auf die Körperzusammensetzung	124
4.5	Zum Einfluss der CLA-Zulage auf die Fettsäurezusammensetzung	134
4.6	Zum Einfluss der CLA-Zulage auf die sensorische Qualität	143
5	Schlussfolgerungen und Ausblick	149
6	Zusammenfassung	152
7	Literaturverzeichnis	156
8	Tabellenanhang	

Verzeichnis der Übersichten

Übersicht 1: Versuchsplan von Karpfenversuch I	3
Übersicht 2: Zusammensetzung der Rationen im Karpfenversuch I [%]	4
Übersicht 3: Versuchsplan von Karpfenversuch II.....	6
Übersicht 4: Zusammensetzung der Rationen im Versuch Karpfenversuch II [%]	7
Übersicht 5: Versuchsplan des Forellenversuchs	8
Übersicht 6: Zusammensetzung der Rationen im Forellenversuch.....	9
Übersicht 7: Mittlere Wasserparameter in Karpfenversuch I und II.....	12
Übersicht 8: Mittlere Wasserparameter im Forellenversuch während der Fütterungsperiode	13
Übersicht 9: Mittlere Lebendmasse [g] der Karpfen zu Beginn von Karpfenversuch I	15
Übersicht 10: Mittlere Lebendmasse [g] der Karpfen zu Beginn von Karpfenversuch II	15
Übersicht 11: Mittlere Lebendmasse [g] der Forellen zu Versuchsbeginn.....	16
Übersicht 12: Schlachtkörperfraktionen und jeweils durchgeführte Analytik in Karpfenversuch I und II.....	19
Übersicht 13: Schlachtkörperfraktionen und jeweilige durchgeführte Analytik im Forellenversuch	20
Übersicht 14: Sensorikprüfblatt zur Analytik von Karpfen und Forellen nach SCHABBEL (2002)	28
Übersicht 15: Trockenmasse- (%), Bruttoenergie- (kJ/g FS) und Rohnährstoffgehalte (% d. FS) der Versuchsrationen im Karpfenversuch I.....	33
Übersicht 16: Verdaulichkeit der organischen Substanz, des Rohproteins, des Gesamtfetts und der Bruttoenergie (%) im Karpfenversuch I	34
Übersicht 17: Lebendmasseentwicklung der Karpfen [g] im Verlauf des Karpfenversuchs I	35
Übersicht 18: Mittelwerte und Randmittelwerte der Versuchsendgewichte [g] im Karpfenversuch I.....	36
Übersicht 19: Tägliche Zunahmen der Karpfen [g] im Verlauf des Karpfenversuchs I sowie im Versuchsmittel	36
Übersicht 20: Futtermittelverwertung der Karpfen [g Futter T/g Zuwachs] im Verlauf des Karpfenversuchs I sowie im Versuchsmittel.....	37
Übersicht 21: Mittlere spezifische Wachstumsrate der Karpfen im Karpfenversuch I	38
Übersicht 22: Trockenmasse- und Nährstoffgehalte von Filet (ohne Haut), Innereien, Restkörper und Ganzkörper der Karpfen zu Beginn des Karpfenversuchs I (% i. d. Frischmasse) sowie Anteile (%) von Filet, Innereien und Restkörper am Ganzkörper (Schlachtgewicht in g)	38
Übersicht 23: Mittlere Schlachtgewichte [g] und Anteile von Filet (ohne Haut), Innereien und Restkörper am Gesamtkörper [%].....	39
Übersicht 24: Mittelwerte und Randmittelwerte der Anteile der Filets (ohne Haut), Innereien und Restkörper am Gesamtkörper [%].....	40
Übersicht 25: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoff- gehalte der Filets bei der Zwischenschlachtung (% der Frischsubstanz)	41
Übersicht 26: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoff- gehalte der Innereien bei der Zwischenschlachtung (% der Frischsubstanz).....	42
Übersicht 27: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoff- gehalte des Restkörpers bei der Zwischenschlachtung (% der Frischsubstanz)	43

Übersicht 28: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Ganzkörpers bei der Zwischenschlachtung (% in der Frischsubstanz).....	44
Übersicht 29: Mittlere Schlachtgewichte [g] und Anteile von Filet (ohne Haut), Innereien und Restkörper am Gesamtkörper [%].....	45
Übersicht 31: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Filets bei der Schlachtung zu Versuchsende (% der Frischsubstanz)	46
Übersicht 32: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Innereien bei der Schlachtung zu Versuchsende (% der Frischsubstanz).....	48
Übersicht 33: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Restkörpers bei der Schlachtung zu Versuchsende (% der Frischsubstanz).....	49
Übersicht 34: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Ganzkörpers bei der Schlachtung zu Versuchsende (% in der Frischsubstanz)	50
Übersicht 35: Mittelwerte und Randmittelwerte des Fett- und Proteinansatzes im Versuchsmittel (g/d)	51
Übersicht 36: Trockenmasse- (%), Bruttoenergie- (kJ/g FS) und Rohnährstoffgehalte (% d. FS) der Versuchsrationen im Karpfenversuch II.....	52
Übersicht 37:Verdaulichkeit der organischen Substanz, des Rohproteins, des Gesamtfetts und der Bruttoenergie (%) im Karpfenversuch II	53
Übersicht 38: Lebendmasseentwicklung der Karpfen [g] im Verlauf des Karpfenversuchs II.....	54
Übersicht 39: Mittelwerte und Randmittelwerte der Versuchsendgewichte [g] im Karpfenversuch II.....	54
Übersicht 40: Tägliche Zunahmen der Karpfen [g] im Verlauf des Karpfenversuchs II sowie im Versuchsmittel	55
Übersicht 41: Futtermittelverwertung der Karpfen [g Futter T/g Zuwachs] im Verlauf des Karpfenversuchs II sowie im Versuchsmittel.....	56
Übersicht 42: Mittlere spezifische Wachstumsrate der Karpfen im Karpfenversuch I.....	56
Übersicht 43: Trockenmasse- und Nährstoffgehalte von Filet (ohne Haut), Innereien, Restkörper und Ganzkörper der Karpfen zu Beginn des Karpfenversuchs II (% i. d. Frischmasse) sowie Anteile (%) von Filet, Innereien und Restkörper am Ganzkörper (Schlachtgewicht in g)	57
Übersicht 44: Mittlere Schlachtgewichte [g] und Anteile von Filet (ohne Haut), Innereien und Restkörper am Gesamtkörper [%].....	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Übersicht 45: Mittelwerte und Randmittelwerte der Anteile der Filets (ohne Haut), Innereien und Restkörper am Gesamtkörper [%].....	58
Übersicht 46: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Filets (% der Frischsubstanz)	59
Übersicht 47: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Innereien (% der Frischsubstanz)	60
Übersicht 48: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Restkörpers (% der Frischsubstanz).....	61
Übersicht 49: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Ganzkörpers (% der Frischsubstanz).....	62

Übersicht 50: Mittelwerte und Randmittelwerte des Fett- und Proteinansatzes im Versuchsmittel (g/d)	63
Übersicht 51: Gehalte an SFA, MUFA, PUFA und CLA in der CLA-Zulage (% der Gesamtfettsäuren) während des Versuchsverlaufs (Beginn-B, Mitte-M, Ende-E) und deren Mittelwerte sowie CLA-Isomerenverteilung (% der CLA)	64
Übersicht 52: Fettsäurezusammensetzung im Futterfett (% der Gesamtfettsäuren) ..	65
Übersicht 53: Absolute Gehalte an CLA im Futter (mg/g Futter) sowie CLA-Isomerenverteilung (% der CLA)	66
Übersicht 54: Fettsäurezusammensetzung im Muskelfett (% der Gesamtfettsäuren)	68
Übersicht 55: Mittelwerte und Randmittelwerte der Gehalte an SFA, MUFA, PUFA und CLA im Muskelfett der Karpfen (% der Gesamtfettsäuren) sowie absolute CLA-Gehalte im Muskel (g/100g).....	69
Übersicht 56: Isomerenverteilung der CLA-Fraktion im Muskelfett (%).....	70
Übersicht 57: Mittelwerte und Randmittelwerte der relativen Anteile der Hauptisomere C18:2 (t-10,c-12) und C18:2 (c-9,t-11) an der CLA-Fraktion im Muskelfett (%).....	71
Übersicht 58: Trockenmasse- (%), Bruttoenergie- (kJ/g FS) und Roh Nährstoffgehalte (% d. FS) der Versuchsrationen im Forellenversuch	72
Übersicht 59: Lebendmasseentwicklung der Forellen [g] im Versuchsverlauf	73
Übersicht 60: Mittelwerte und Randmittelwerte der Versuchsendgewichte [g].....	74
Übersicht 61: Tägliche Zunahmen der Forellen [g] im Versuchsmittel	74
Übersicht 62: Futtermittelverwertung der Forellen [g Futter T/g Zuwachs] im Versuchsmittel.....	74
Übersicht 63: Spezifische Wachstumsrate der Forellen im Versuchsmittel	75
Übersicht 64: Trockenmasse- und Nährstoffgehalte von Filet (ohne Haut), Innereien, Restkörper und Ganzkörper der Forellen zu Versuchsbeginn (% i. d. Frischmasse) sowie Anteile (%) von Filet, Innereien und Restkörper am Ganzkörper (Schlachtgewicht in g)	75
Übersicht 65: Stichprobenumfang, mittleres Behandlungslebensgewicht und Schlachtgewichte [g] der Forellen.....	76
Übersicht 66: Mittelwerte und Randmittelwerte der Anteile der Filets (ohne Haut), Innereien und Restkörper am Gesamtkörper [%].....	77
Übersicht 67: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Filets (% der Frischsubstanz)	78
Übersicht 68: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Innereien (% der Frischsubstanz)	79
Übersicht 69: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Restkörpers (% der Frischsubstanz)	80
Übersicht 70: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Ganzkörpers (% der Frischsubstanz)	81
Übersicht 71: Mittelwerte und Randmittelwerte der Fleischparameter Helligkeit (L), Rot- (a) und Gelbfärbung (b) der Filets	82
Übersicht 72: Stichprobenumfang, mittleres Behandlungslebensgewicht und Schlachtgewichte [g] der Forellen.....	83
Übersicht 73: Mittelwerte und Randmittelwerte der Anteile der Filets (ohne Haut), Innereien und Restkörper am Gesamtkörper [%].....	83
Übersicht 74: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Filets (% der Frischsubstanz)	84
Übersicht 75: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Innereien (% der Frischsubstanz)	85

Übersicht 76: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Restkörpers (% der Frischsubstanz)	86
Übersicht 77: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Ganzkörpers (% der Frischsubstanz)	87
Übersicht 78: Mittelwerte und Randmittelwerte der Fleischparameter Helligkeit (L), Rot- (a) und Gelbfärbung (b) der Filets	88
Übersicht 79: Stichprobenumfang, mittleres Behandlungslebensgewicht und Schlachtgewichte [g] der Forellen.....	89
Übersicht 80: Mittelwerte und Randmittelwerte der Anteile der Filets (ohne Haut), Innereien und Restkörper am Gesamtkörper [%].....	89
Übersicht 81: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Filets (% der Frischsubstanz)	90
Übersicht 82: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Innereien (% der Frischsubstanz)	91
Übersicht 83: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Restkörpers (% der Frischsubstanz)	92
Übersicht 84: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Gesamtkörpers (% der Frischsubstanz)	93
Übersicht 85: Mittelwerte und Randmittelwerte des Fett- und Proteinansatzes im Versuchsmittel (g/d)	94
Übersicht 86: Mittelwerte und Randmittelwerte der Fleischparameter Helligkeit (L), Rot- (a) und Gelbfärbung (b) der Filets	94
Übersicht 87: Stichprobenumfang und Schlachtgewichte [g] der Forellen.....	95
Übersicht 88: Mittelwerte und Randmittelwerte der Anteile der Filets (ohne Haut), Innereien und Restkörper am Gesamtkörper [%].....	96
Übersicht 89: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Filets (% der Frischsubstanz)	97
Übersicht 90: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Innereien (% der Frischsubstanz)	98
Übersicht 91: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Restkörpers (% der Frischsubstanz)	99
Übersicht 92: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Ganzkörpers (% der Frischsubstanz).....	100
Übersicht 93: Mittelwerte und Randmittelwerte der Fleischparameter Helligkeit (L), Rot- (a) und Gelbfärbung (b) der Filets	101
Übersicht 94: Mittelwerte und Randmittelwerte der sensorischen Bewertung von Textur, Geruch und Geschmack der gegarten Karpfenfilets im Karpfenversuch I nach SCHABBEL (2002).....	145
Übersicht 95: Mittelwerte und Randmittelwerte der sensorischen Bewertung von Textur, Geruch und Geschmack der gegarten Karpfenfilets im Karpfenversuch II nach SCHABBEL (2002).....	146
Übersicht 96: Mittelwerte und Randmittelwerte der sensorischen Bewertung von Textur, Geruch und Geschmack der gegarten Filets im Forellenversuch zu Fütterungsende im schlachtfrischen und im gefriergelagerten Zustand nach SCHABBEL (2002)	147
Übersicht 97: Mittelwerte und Randmittelwerte der sensorischen Bewertung von Textur, Geruch und Geschmack der gegarten Filets im Forellenversuch zu Hälterungsende im schlachtfrischen und im gefriergelagerten Zustand nach SCHABBEL (2002)	148

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: c-9, c-12- und c-9, t-11-Octadecadiensäure.....	102
Abbildung 2: Verschiedene Bildungswege der CLA	104
Abbildung 3: Physiologische Eigenschaften von CLA	106
Abbildung 4: Einflussmöglichkeiten der CLA in die Eicosanoidbiosynthese	110
Abbildung 5: Gesamtfettgehalte im Karpfenfilet zu Versuchsende	128
Abbildung 6: Gesamtfettgehalte in den Forelleninnereien bei den verschiedenen Schlachtterminen.....	130

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1: CLA-Zulage in Abhängigkeit des Gesamtfettgehalts im Futter und deren Einfluss auf Leistungsmerkmale bei Fisch, Broiler und Schwein - Zusammenstellung von Arbeiten, in denen der Gesamtfettgehalt angegeben wurde	122
Tabelle 2: Einfluss der Anteile an c-9, t-11 und t-10, c-12 Isomeren in der CLA-Zulage auf den Fettstoffwechsel bei Fisch, Broiler und Schwein - Zusammenstellung von Arbeiten, in denen das CLA-Isomerenmuster angegeben wurde	133
Tabelle 3: CLA-Anteile im Muskelfett nach Verabreichung einer etwa 1%igen CLA-Zulage über das Futter sowie Muskelfettgehalte bei Fisch, Broiler und Schwein	140
Tabelle 4: c 9, t 11 und t 10, c 12 Verhältnisse im Muskelfett in Abhängigkeit von deren Verhältnis im Futter bei Fisch, Broiler und Schwein.....	142

Verzeichnis der Abkürzungen und Symbole

a	Rotfärbung des Fleisches
Ag ⁺ -HPLC	Silberionen-Hochleistungsflüssigkeitschromatographie
b	Gelbfärbung des Fleisches
BHT	Butylhydroxytoluen
c	cis-Konfiguration
CLA	konjugierte Linolsäure, conjugated linoleic acid
C	Kohlenstoff
CLA X	mit x%iger CLA - Zulage
Cr ₂ O ₃	Chromoxid
d	Tag
DE	verdauliche Energie
DE	Deutsches Edelschwein
DL	Deutsche Landrasse
EE	Ethylester
Fa.	Firma
FID	Flammenionisationsdetektor
FS	Frischsubstanz
FSME	Fettsäuremethylester
g	Gramm
GC	Gaschromatograph
GE	Bruttoenergie
h	Stunde
HCl	Salzsäure
i.d.	in der
I.E.	internationale Einheit
Ig	Immunglobulin
K	Kontrolle
kg	Kilogramm
kJ	Kilojoule
l	Liter
L	Fleischhelligkeit
LM	Lebendmasse
LW	Large-White
m.	musculus
m ³	Kubikmeter
max.	maximal
ME	Methylester

mg	Milligramm
min	Minute
min.	mindestens
ml	Milliliter
mm	Millimeter
MUFA	monounsaturated fatty acids
N	Stickstoff
n	Anzahl
NfE	Stickstofffreie Extraktstoffe
NH ₄ ⁺	Ammonium
nm	Nanometer
NO ₃ ⁻	Nitrat
O ₂	Sauerstoff
OS	organische Substanz
p	Irrtumswahrscheinlichkeit
Pi	Pietrain
PUFA	polyunsaturated fatty acids
s	Sekunde
SFA	saturated fatty acids
T	Trockensubstanz
t	trans-Konfiguration
u.a.	unter anderem
UV	ultraviolett
v.a.	vor allem
Vit.	Vitamin
XA	Rohasche
XF	Rohfaser
XL	Rohfett
XP	Rohprotein
z.B.	zum Beispiel
%	Prozent
Ø	durchschnittlich
α	Wachstumsrate
°C	Grad Celsius
µl	Mikroliter

1 Einleitung

Seit einigen Jahren finden die konjugierten Linolsäureisomere (conjugated linoleic acids, CLA) in der Lipidforschung zunehmend Beachtung. Bei den CLA handelt es sich um eine Gruppe von Isomeren der Linolsäure, deren Doppelbindungen lediglich durch eine einzelne C–C-Bindung getrennt vorliegen. Da sowohl die Position als auch die Konfiguration der Doppelbindungen variabel ist, umfasst das Akronym CLA eine Vielzahl von verschiedenen CLA-Isomeren. Natürlicherweise treten CLA in einer breiten Palette von Nahrungsmitteln auf, wobei die höchsten Gehalte mit etwa 0,6 - 1,2% der Gesamtfettsäuren in Milchprodukten und Fleisch von Wiederkäuern analysiert werden konnten (FRITSCHKE und STEINHART, 1998a).

In zahlreichen Experimenten wurden sowohl in vitro als auch in vivo im Tierversuch und mit humanen Zelllinien verschiedene positive physiologische Wirkungen der CLA nachgewiesen. So konnte gezeigt werden, dass konjugierte Linolsäureisomere antikanzinogene (HA et al., 1987) und antiatherogene (LEE et al., 1994) sowie anabole Eigenschaften (PARK et al., 1997) besitzen. Weitere Veröffentlichungen weisen mögliche antidiabetische Effekte (HOUSEKNECHT et al., 1998) und eine positive Beeinflussung des Immunsystems nach (SUGANO et al., 1998). TRUITT et al. (1999) berichten ferner von antithrombotischen Eigenschaften der CLA. Obwohl noch nicht nachgewiesen ist, welches bzw. welche CLA-Isomere die physiologisch aktiven Isomere darstellen, wird beim augenblicklichen Stand der Forschung den Isomeren cis 9,trans 11 C 18:2 und trans 10,cis 12 C 18:2 die größte Bedeutung beigemessen.

Um die verschiedenen gesundheitsfördernden Eigenschaften für den Menschen nutzbar zu machen, wird seit einiger Zeit die Anreicherung von CLA in tierischen Lebensmitteln diskutiert. Hierbei besteht die Notwendigkeit genauere Informationen über die Wirkung von CLA im Tier zu erhalten. So zeigten die bislang zu diesem Thema durchgeführten Arbeiten an landwirtschaftlichen Nutztieren, dass sowohl ein Einfluss auf die tierische Leistung als auch auf die Körperzusammensetzung bei verschiedenen Tierarten infolge der Verfütterung CLA-haltiger Diäten möglich ist. Des Weiteren ist in diesem Zusammenhang von erheblichem Interesse, in welchem Umfang die über das Futter verabreichten konjugierten Linolsäureisomere in den verzehrsrelevanten Teilstücken der jeweiligen Spezies angereichert werden. Darüber hinaus legt der Konsument besonders bei Produkten tierischer Herkunft neben dem gesundheitlichen Aspekt Wert auf eine einwandfreie sensorische Qualität des

Lebensmittels. Daher sind Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen der Verfütterung einer CLA-haltigen Diät und den sensorischen Eigenschaften wie Geruch, Geschmack und Textur des Fleisches erforderlich.

Im Vergleich zur Erzeugung landwirtschaftlicher Nutztiere finden in der Fischproduktion deutlich höhere Fettgehalte im Futter von bis zu 25% bei der Forelle oder sogar 40% beim Lachs Verwendung. Hieraus könnte eine absolut hohe Einsatzmenge von CLA bei vergleichbaren relativen Anteilen im Gesamtfett der Ration gegenüber den landwirtschaftlichen Nutztieren resultieren. Allerdings existieren erst wenige Arbeiten, die sich mit dem Einsatz von CLA und deren Wirkung bei Fischen beschäftigten. In vorliegendem Projekt sollten daher die Effekte von CLA auf die Leistung wie Gewichtsentwicklung und Futteraufwand, auf die Nährstoffverdaulichkeit sowie die Ganzkörperzusammensetzung bzw. Nährstoffgehalte in den Teilstücken und im Ganzkörper am Beispiel von Karpfen und Forellen untersucht werden. Darüber hinaus sollte geklärt werden, inwieweit nutritive CLA-Zulagen das Fettsäuremuster des Filets als verzehrsrelevantes Teilstück beeinflussen. Weiterhin war die sensorische Evaluierung der Fischfilets nach Verabreichung von CLA-haltigen Diäten von Bedeutung. Die Fragestellung wurde anhand von drei zweifaktoriell angelegten Versuchen, davon zwei mit Karpfen und einer mit Forellen, überprüft.

Die vorliegende Studie erfolgte in Kooperation mit dem Institut für Biochemie und Lebensmittelchemie in Hamburg (Dir. Prof. Dr. H. Steinhart). Die Fettsäureanalytik, mit Ausnahme des Karpfenversuchs II, und die sensorischen Untersuchungen wurden an diesem Institut im Rahmen einer weiteren Dissertation (SCHABBEL, 2002) durchgeführt.

2 Material und Methoden

2.1 Versuchsplan und Rationsgestaltung

2.1.1 Karpfenversuch I

2.1.1.1 Versuchsplan

Um den Einfluss einer CLA-Zulage auf Wachstum, Verdaulichkeit, Schlachtkörperzusammensetzung sowie Fleischqualität von Karpfen bei variierender Energiezufuhr zu untersuchen, wurden im Karpfenversuch I sechs unterschiedliche Versuchsrationen konzipiert. Die Diäten unterschieden sich sowohl in der Höhe der CLA-Zulage (0 %, 1%, 3%), als auch in der Menge des zugesetzten Fetts (Fettstufe I = 9% XL i. d. FS, Fettstufe II = 18 % XL i. d. FS), so dass ein zweifaktorielles Versuchsdesign vorlag. Bei den 20 zur Verfügung stehenden Becken der Aquarienanlage konnten allen Behandlungen drei Becken zufällig zugeteilt werden. Des weiteren erhielten die Fütterungsvarianten Fettstufe II mit 0% und 3% CLA-Zulage je ein zusätzliches Becken. Jedes Becken stellte für sich eine Versuchseinheit dar und war mit acht Karpfen besetzt. Übersicht 1 zeigt den Versuchsplan von Karpfenversuch I.

Übersicht 1: Versuchsplan von Karpfenversuch I

	Behandlung					
	Fettstufe I			Fettstufe II		
	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Kontrolle	CLA 1	CLA 3
Anzahl der Becken	3	3	3	4	3	4
Karpfen pro Becken	8	8	8	8	8	8
Versuchsdauer	112d					
Wägung	alle 28d					
<i>Schlachtungen</i>						
Versuchsbeginn	nach 0d 30 Karpfen					
Zwischenschlachtung	nach 84d 3 Karpfen/Becken					
Endschlachtung	nach 112d 5 Karpfen/Becken					

2.1.1.2 Rationsgestaltung

Ziel der Rationsgestaltung war es, die Rationen innerhalb einer Fettstufe mit Ausnahme der CLA-Zulage identisch, zwischen den Fettstufen lediglich um die Höhe der Fettzulage variierend zu gestalten. Um futtermittelspezifische Effekte weitestgehend ausschalten und somit eine bessere Standardisierbarkeit der Rationen erreichen zu können, fanden bei der Rationsgestaltung überwiegend nährstoffreine Futtermittel Verwendung. Als Hauptmischungskomponenten wurden zur Konzipierung einer bedarfsgerechten Versuchsration eine Kohlenhydratkomponente (Maisquellstärke), ein Eiweißkonzentrat, ein Fettkonzentrat sowie eine Mineralstoff- und eine Vitaminvormischung eingesetzt. Die Zusammensetzung der Fütterungsvarianten im Karpfenversuch I zeigt Übersicht 2.

Übersicht 2: Zusammensetzung der Rationen im Karpfenversuch I [%]

	Behandlung					
	Fettstufe I			Fettstufe II		
	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Kontrolle	CLA 1	CLA 3
Maisquellstärke	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
<i>Eiweißkonzentrat</i>						
Sojaisolat	22,55	22,55	22,55	22,55	22,55	22,55
Fischmehl	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00
Casein	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
<i>Fettkonzentrat</i>						
Sojaöl	2,00	2,00	2,00	6,50	6,50	6,50
Leinöl	2,00	2,00	2,00	6,50	6,50	6,50
Sonnenblumenöl	3,00	2,00	-	3,00	2,00	-
CLA - Zulage	-	1,00	3,00	-	1,00	3,00
Cellulose	9,00	9,00	9,00	-	-	-
Mineralstoffvormischung	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
Vitaminvormischung	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Chromoxid	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
BHT	100mg	100mg	100mg	100mg	100mg	100mg

Das Eiweißkonzentrat wurde entsprechend den Bedarfsempfehlungen für die Aminosäurezufuhr bei Karpfen bilanziert (STEFFENS, 1985). Aufgrund der hohen biologischen Wertigkeit der eingesetzten Proteinquellen konnte auf eine Supplementierung mit synthetischen Aminosäuren verzichtet werden. Die Zusammensetzung des Fettkonzentrats erfolgte mit der Forderung, dass bei einer Mindesteinsatzmenge von 4 % in der Ration der Bedarf der Karpfen an den

essentiellen Fettsäuren Linol- und Linolensäure in Höhe von 1 % in der Ration gedeckt wird (SCHWARZ, 1997). Für eine bedarfsgerechte Versorgung der Karpfen mit Mineralstoffen und Spurenelementen sowie Vitaminen wurden nach den Empfehlungen von STEFFENS (1985) entsprechende Vormischungen erstellt (Zusammensetzung siehe Anhang Tab.1 und 2). Der prozentual höhere Fettgehalt in den Rationen der Fettstufe II wurde durch entsprechende Volumenanteile an Cellulose in den Behandlungen der Fettstufe I kompensiert. Das in diesem Versuch eingesetzte CLA-Produkt (Firma HOBUM) wurde durch alkalische Isomerisierung aus Sonnenblumenöl produziert und lag in Form von freien Fettsäuren vor. Der analysierte Gehalt an CLA in der Zulage betrug 62,7% des Gesamtfetts. Aufgrund vergleichbarer Gehalte an Linolsäure im Gesamtfett von etwa 65 % erfolgte die Zulage der CLA im Austausch gegen Sonnenblumenöl.

Weiterhin waren in den Rationen zur Bestimmung der Verdaulichkeit 0,25 % Chromoxid als Indikator zugesetzt. Aufgrund der hohen Anfälligkeit mehrfach ungesättigter Fettsäuren für oxidativen Verderb wurde der Ration das Antioxidans Butylhydroxytoluen (BHT) in einer Konzentration von 100 mg je kg Futter zugesetzt.

Die Homogenisierung der abgewogenen Einzelkomponenten erfolgte unter schrittweiser Zugabe der flüssigen Fettkomponenten in einem Trommelmischer über einen Zeitraum von acht Minuten. Anschließend wurden unter Zugabe von Wasser die fertigen Futtermischungen mit einer 3 mm Bronzematrix in einer Kollergangpresse pelletiert.

Um einem Fettverderb vorzubeugen, wurden die Pellets im Anschluss an die Pressung in einem Tiefkühlraum bei einer Temperatur von -18°C während des gesamten Versuchszeitraumes eingelagert.

2.1.2 Karpfenversuch II

2.1.2.1 Versuchsplan

Für den Karpfenversuch II wurde erneut eine zweifaktorielle Versuchsanstellung gewählt. Dabei sollte einerseits durch eine im Vergleich zum Versuch Karpfen I gesteigerte CLA-Zulagenhöhe von 2,5% bzw. 5,0 %, andererseits eine andere chemische Bindungsform der CLA-Zulage getestet werden. So wurden in diesem Versuch die CLA anstatt als freie Fettsäuren in Form von Fettsäuremethylester bzw. -ethylester zugelegt. Als Messgrößen dienten das Wachstum, die Verdaulichkeit, die Schlachtkörperzusammensetzung sowie die Fleischqualität. Für diese Versuchs-

anstellung wurden fünf Rationen konzipiert. Die Diäten unterschieden sich in der Zulagenhöhe der CLA (0%, 2,5%, 5,0%) und in deren chemischen Bindungsform (Methylester = ME, Ethylester = EE), ansonsten waren sie identisch. Das Versuchsdesign sah ferner ein im Vergleich zum Karpfenversuch I mittleres Fettniveau von 13 % XL i. d. FS vor. Da auf eine zweite Kontrollration verzichtet wurde, konnten in der 20 Becken umfassenden Aquarienanlage allen Behandlungen je vier Becken zufällig zugeteilt werden. Jedes Becken stellte eine Versuchseinheit dar und war mit sechs Karpfen besetzt. Übersicht 3 zeigt den Versuchsplan von Karpfenversuch II.

Übersicht 3: Versuchsplan von Karpfenversuch II

	Behandlung				
	Kontrolle	CLA-EE 2,5	CLA-EE 5,0	CLA-ME 2,5	CLA-ME 5,0
Anzahl der Becken	4	4	4	4	4
Karpfen pro Becken	6	6	6	6	6
Versuchsdauer	98d				
Wägung	alle 28d / Wägung 5 nach 14d				
<i>Schlachtungen</i>					
Versuchsbeginn	nach 0d 20 Karpfen				
Endschlachtung	nach 98d 6 Karpfen/Becken				

2.1.2.2 Rationsgestaltung

Für den Karpfenversuch II sollten fünf isoenergetische und isonitrogene Rationen erstellt werden, welche sich nur in der Zulagenhöhe und in der chemischen Bindungsform der CLA differenzieren. Hierzu fanden die gleichen Komponenten wie im Karpfenversuch I Verwendung. Auch die Herstellung, Pelletierung und Aufbewahrung des Futters entsprachen dem Vorgehen beim Karpfenversuch I. Das hier verwendete CLA-Isomerengemisch der Firma BASF enthielt die Fettsäuren in Form von Methyl- bzw. Ethylester. Im Gegensatz zum Karpfenversuch I wurden bei der Herstellung dieser die freien Fettsäuren nach der alkalischen Isomerisierung mit Methanol bzw. Ethanol versetzt. Die sich daran anschließende chemische Reaktion führte zur Abspaltung der OH-Gruppe aus der Carboxylgruppe der Fettsäuren sowie zur Abspaltung des H⁺-Ions aus der Oxygruppe des Alkohols. Durch diese

Dehydrierung entstanden die jeweiligen Ester. Im Mittel wies die Methyl ester-Zulage einen CLA-Gehalt von 65,5%, die Ethyl ester-Zulage einen CLA-Gehalt von 60,4% am Gesamtfett auf. Die CLA-Zulage wurde entsprechend dem Karpfenversuch I im Austausch gegen Sonnenblumenöl in die Rationen eingebracht. Übersicht 4 zeigt die Zusammensetzung der Versuchsrationen im Karpfenversuch II.

Übersicht 4: Zusammensetzung der Rationen im Versuch Karpfenversuch II [%]

	Behandlung				
	Kontrolle	CLA-EE 2,5	CLA-EE 5,0	CLA-ME 2,5	CLA-ME 5,0
Maisquellstärke	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00
<i>Eiweißkonzentrat</i>					
Sojaisolat	22,55	22,55	22,55	22,55	22,55
Fischmehl	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00
Casein	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
<i>Fettkonzentrat</i>					
Sojaöl	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Leinöl	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Sonnenblumenöl	5,00	2,50	-	2,50	-
CLA - Zulage	-	2,50	5,00	2,50	5,00
Mineralstoffvormischung	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
Vitaminvormischung	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Chromoxid	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
BHT	100mg	100mg	100mg	100mg	100mg

2.1.3 Forellenversuch

2.1.3.1 Versuchsplan

In einem dritten Versuch wurde die Wirkung einer CLA-Zulage auf Wachstum, Futtermittelverwertung, Schlachtkörperzusammensetzung und Fleischqualität von Forellen untersucht. Gleichzeitig sollten durch Verabreichung von Vit. E in zwei Dosierungshöhen über das Futter mögliche Auswirkungen auf die genannten Leistungsparameter, vor allem aber auf die Fettstabilität in Verbindung mit der CLA-Zugabe in seiner Wirkung als Antioxidans überprüft werden. Für diese zweifaktorielle Versuchsanstellung wurden sechs isoenergetische und isonitrogene Fütterungsgruppen zusammengestellt, welche sich sowohl in der Zulagenhöhe der CLA (0%, 1%, 3%), als auch in den Tocopherolgehalten (Vit. E-Stufe I = 150mg Vit. E i. d. FS, Vit. E-Stufe II = 600mg Vit. E i. d. FS) differenzierten. Der Fettgehalt der Rationen war mit 22% XL i. d. FS entsprechend der praxisüblichen Rationsgestaltung

auf hohem Niveau. In Übersicht 5 ist der Versuchsplan des Forellenversuchs dargestellt. Die Forellen der sechs Behandlungen wurden in jeweils zwei Langstrombecken gehalten, jedes Becken war mit 500 Forellen besetzt; hieraus ergaben sich für jede Fütterungsvariante zwei Wiederholungen. Im Versuchsplan war ferner im Anschluss an die Fütterungsperiode eine sechswöchige Hälterung der Forellen vorgesehen. Weiterhin wurden nach der Schlachtung zu Fütterungs- und zu Hälterungsende Forellen der Rationen Kontrolle (K) und 3% CLA-Zulage beider Vit. E-Stufen über einen Zeitraum von sechs Monaten bei -18°C gefriergelagert.

Übersicht 5: Versuchsplan des Forellenversuchs

	Behandlung					
	Vit. E - Stufe I			Vit. E - Stufe II		
	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Kontrolle	CLA 1	CLA 3
Anzahl der Becken	2	2	2	2	2	2
Forellen pro Becken	500	500	500	500	500	500
Versuchsdauer	140 d					
Wägung	alle 14 d während der Fütterungsperiode					
<i>Schlachtungen</i>						
Versuchsbeginn	nach 0d 36 Forellen					
Zwischen-schlachtung I	nach 42d 10 Forellen/Becken					
Zwischen-schlachtung II	nach 70d 10 Forellen/Becken					
Fütterungsende	nach 98d 12 Forellen/Becken (K u. CLA 3) 6 Forellen/Becken (CLA 1)					
Hälterungsende	nach 140d 12 Forellen/Becken (K u. CLA 3) 6 Forellen/Becken (CLA 1)					
Gefrierlagerung für sechs Monate	nach Fütterungsende 6 Forellen/Becken (K u. CLA 3) nach Hälterungsende 6 Forellen/Becken (K u. CLA 3)					

2.1.3.2 Rationsgestaltung

Die Rationsgestaltung des Forellenversuchs hatte zum Ziel sechs identische Fütterungsvarianten zu konzipieren, welche sich nur in der Höhe der Zulage an CLA bzw. Vit. E unterschieden. Die Auswahl der verwendeten Komponenten erfolgte in Anlehnung an die Karpfenversuche, jedoch mit Ausrichtung auf die Anforderungen der carnivoren Forelle. In Übersicht 6 ist die Rationszusammensetzung des Forellenversuchs dargestellt.

Übersicht 6: Zusammensetzung der Rationen im Forellenversuch

	Behandlung					
	Vit. E-Stufe I			Vit. E-Stufe II		
	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Kontrolle	CLA 1	CLA 3
Maisquellstärke	19,92	19,92	19,92	19,83	19,83	19,83
<i>Eiweißkonzentrat</i>						
Sojaisolat	18,50	18,50	18,50	18,50	18,50	18,50
Fischmehl	41,30	41,30	41,30	41,30	41,30	41,30
<i>Fettkonzentrat</i>						
Sojaöl	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00
Leinöl	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Sonnenblumenöl	3,00	2,00	-	3,00	2,00	-
CLA - Zulage	-	1,00	3,00	-	1,00	3,00
Vit. E - Präparat	291mg	291mg	291mg	1164mg	1164mg	1164mg
Mineralstoffvormischung	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
Vitaminvormischung	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
BHT	100mg	100mg	100mg	100mg	100mg	100mg
Astaxanthin	400mg	400mg	400mg	400mg	400mg	400mg

Der Anteil der Maisquellstärke als ein technisch behandelte Kohlenhydratträger betrug knapp 20%. Im Eiweißkonzentrat wurde das Sojaisolat durch einen hohen Anteil an Fischmehl ergänzt, so dass auch hier auf eine Supplementierung mit synthetischen Aminosäuren verzichtet werden konnte. Zur Steigerung des Energiegehalts wurde bei allen Varianten ein Fettkonzentrat eingemischt. Dieses Fettgemisch deckte den Bedarf der Forellen an den essentiellen Fettsäuren Linol- und Linolensäure in Höhe von 1% in der Ration (SCHWARZ, 1997). Für eine bedarfsgerechte Versorgung der Forellen mit Mineralstoffen und Vitaminen sowie Spurenelementen wurden nach den Empfehlungen von STEFFENS (1985)

entsprechende Vormischungen erstellt (Zusammensetzung siehe Anhang Tab. 15 und 16). Aufgrund der Versuchsanstellung enthielt die Vitaminvormischung kein Tocopherol. Die CLA-Zulage (Firma BASF) lag in Form von Methylester vor und wurde wie bei den Karpfenversuchen im Austausch gegen Sonnenblumenöl in die Rationen eingemischt. Der analysierte CLA-Gehalt in der Zulage betrug ca. 60% am Gesamtfett. Als Vit. E-Präparat fand Lutavit E 50 (Firma BASF) mit einem analysierten Tocopherolgehalt von 51,6% Verwendung. Der Einsatz des Präparats erfolgte im Austausch gegen Maisquellstärke. Zusätzlich wurde den Rationen Astaxanthin (Lucanthin pink, Firma BASF) in der vom Hersteller empfohlenen Dosierung von 400mg/kg Futter, entsprechend 44mg Wirkstoff/kg Futter, zugesetzt. Ferner wurde in Anlehnung an die Versuche Karpfen I und II zur Stabilisierung der Futtermischungen 100mg BHT/kg Futter eingemischt. Herstellung, Pelletierung und Lagerung des Futters war dem Vorgehen bei den Karpfenversuchen vergleichbar.

2.2 Versuchsdurchführung

2.2.1 Aquarienanlage für die Karpfenversuche

Die Aquarienanlage des Departments für Tierwissenschaften, Bereich Tierernährung, der Technischen Universität München-Weihenstephan umfasst 20 Einzelaquarien aus Glasfaser-Polyester mit einem Fassungsvermögen von je 300 l. Jedes Aquarium stellt innerhalb der Anlage eine getrennte Versuchseinheit mit eigenem Wasserzulauf, -umlauf und -ablauf dar (siehe SCHWARZ und KIRCHGESSNER, 1982 a). Der Bassinboden verläuft leicht abgechrägt zu einem seitlich gelegenen Ablauf, der mit einem Aluminiumsiebblech abgedeckt ist. Eine EHEIM-Umwälzpumpe saugt das Beckenwasser über einen Vorfilter, der als Kotsammelbehälter dient sowie einen Kohlefilter mit zwei Filzplatten ab. Dieser in den Wasserumlauf eingebrachte Behälter aus Plexiglas mit einem Gesamtvolumen von 10 l ermöglicht ein nahezu vollständiges quantitatives Sammeln des Fischkots (SCHWARZ und KIRCHGESSNER, 1982 a). Das Wasser wird durch ein Steigrohr mit darüber angebrachter Prallplatte geführt, wobei sich der Kot durch den stark beruhigten Wasserlauf weitgehend am Boden des Behälters absetzt. Feine schwebende Kotpartikel werden mit Hilfe eines Schaumstofffilters erfasst. Der Vorfilter wird zur Kotentnahme durch zwei Absperrhähne vom Wasserkreislauf getrennt und kann dann völlig entleert werden. Die Menge des Wasserabflusses wird durch einen zwischengeschalteten Dreiwegehahn gesteuert. Des Weiteren kann auch die

Pumpenleistung über einen Absperrhahn reguliert werden. Ein Schwimmer, der mit der Frischwasserzufuhr gekoppelt ist, bestimmt über die Höhe des Wasserstandes. Die Temperatur des zufließenden Frischwassers wird über einen Temperaturfühler und ein Mischventil eingestellt. Die Belüftung der Aquarien erfolgt über Stabausströmer mit entölter und getrockneter Pressluft.

2.2.2 Langstrombeckenanlage für den Forellenversuch

Für den Forellenversuch stand die zwölf in sich geschlossene Einheiten umfassende Langstrombeckenanlage der Bayerischen Landesanstalt für Fischerei in Starnberg zur Verfügung.

Sämtliche Becken werden über Quellwasser gespeist (2 l/s) und weisen ein Gesamtfassungsvermögen von je 18 m³ Wasser auf. Neben Wasserein- und auslauf sind alle Becken mit einem Kreuzausströmer und einem Grundablass zur raschen Entleerung der Becken bei Wägung und Reinigung ausgestattet. Das durch den Grundablass strömende Wasser wird in einem Siebtrommelreiniger sowie einer Absetzanlage aufgefangen. Die für die sechswöchige Hälterperiode benötigten Becken beinhalteten je ca. 2 m³ Wasser und wurden mit 0,5 l/s Quellwasser versorgt. Jeder Behandlungsgruppe wurde auch hier ein separates Becken zugeteilt.

2.2.3 Tiermaterial und Haltung

2.2.3.1 Karpfenversuche

Als Versuchsfische dienten in den Karpfenversuchen Spiegelkarpfen (*Cyprinus carpio* L.), die von einer fränkischen Teichwirtschaft als zweisömmrige Karpfen mit einer mittleren Lebendmasse von 321g (Karpfenversuch I) bzw. 367g (Karpfenversuch II) bezogen wurden.

Für den Karpfenversuch I (Dezember 1999 - April 2000) standen bereits an Aquarienhaltung adaptierte Karpfen zur Verfügung. Diese erhielten bis zu Versuchsbeginn ein handelsübliches 3mm Forellenfutter, welchem über einem Zeitraum von zehn Tagen das Fütterungsantibiotikum Neomycin in einer Konzentration von 10g / kg Futter zugesetzt wurde.

Im Vorfeld des Versuchs K II (Oktober 2000 - Januar 2001) wurden die Karpfen nach einer vierwöchigen Nüchtering im Anschluss an den Besatz in die Aquarien mit 3mm Forellenfutter angefüttert. Dieses Futter wurde wie im ersten Karpfenversuch ebenfalls über einen Zeitraum von zehn Tagen mit Neomycin versetzt und wurde

während der gesamten Vorperiode beibehalten. Sechs Wochen nach dem Einsetzen der Karpfen erfolgte eine Desinfektion mit Kaliumpermanganat (1g / 100l, 90 min). Weiterhin wurden die Fische einer Formalinbehandlung zur Bekämpfung von Ektoparasiten unterzogen (300ml / 100l, 30 min). Eine anschließend durchgeführte parasitologische und histologische Untersuchung von zehn zufällig ausgewählten Karpfen durch den Fischgesundheitsdienst in Grub hatte einen negativen Befund. Die gesamte Adaptationsphase dauerte vier Monate.

Alle Fische wurden zu Versuchsbeginn durch Kaltbrand mit einer individuellen, dreistelligen Nummer versehen, wobei die ersten beiden Ziffern die Beckennummer, die dritte Ziffer die Fischnummer innerhalb des Beckens wiedergaben. Hierzu fanden aus 2mm starken Kupferdraht gebogene Zahlen Verwendung, welche mit Hilfe eines Griffs in flüssigen Stickstoff getaucht wurden. Die Markierung erfolgte anschließend mit dem erkalteten Draht durch Aufdrücken auf die Haut für eine Dauer von etwa drei Sekunden oberhalb der Seitenlinie. Die Zahlen waren über den gesamten Versuchszeitraum deutlich zu erkennen, so dass eine Identifizierung des Einzeltieres möglich war.

Der Aquarienraum war 18 Stunden pro Tag mit künstlichem Licht beleuchtet. Um die Wasserparameter erfassen zu können, standen ein digitales pH-Meter und ein digitales Sauerstoffmessgerät sowie halbquantitative Schnelltests für Ammonium und Nitrat der Firma Merck zur Verfügung. Sämtliche Parameter wurden wöchentlich erfasst. Die mittleren Messwerte während der gesamten Versuchszeit von Karpfenversuch I und II sind in Übersicht 7 dargestellt.

Übersicht 7: Mittlere Wasserparameter in Karpfenversuch I und II

		Karpfenversuch I	Karpfenversuch II
Wassertemperatur	°C	23,17	23,22
pH-Wert		8,01	7,96
O ₂ -Gehalt	mg/l	6,52	6,30
NH ₄ ⁺	mg/l	max. 0,20	max. 0,20
NO ₃ ⁻	mg/l	max. 0,008	max. 0,008

Während des 16wöchigen Versuchsverlaufs von Karpfenversuch I bzw. während des 14wöchigen Versuchszeitraums von Karpfenversuch II wurden die Filteranlage und die Futterautomaten im Abstand von zwei Wochen, die Becken alle vier Wochen während der Wägung der Fische gereinigt. Bei den Vorfiltern (Kotsammelbehältern) erwies sich eine tägliche Säuberung als notwendig.

2.2.3.2 Forellenversuch

Für den Forellenversuch stellte die Landesanstalt für Fischerei in Starnberg ca. einjährige Setzlinge der Regenbogenforelle (*Oncorhynchus mykiss*) mit einer durchschnittlichen Lebendmasse von 120g zur Verfügung. Nach dem Besatz der Forellen in die Langstrombecken wurden diese zum Schutz vor Vogelfraß mit einem engmaschigen Netz abgedeckt. Alle Becken waren jeweils mit einer Messeinheit für Wassertemperatur, Sauerstoff und pH-Wert ausgestattet. Die Wasserparameter wurden während der Fütterungsperiode wöchentlich notiert, das Versuchsmittel zeigt Übersicht 8.

Übersicht 8: Mittlere Wasserparameter im Forellenversuch während der Fütterungsperiode

Wassertemperatur	°C	9,15
pH-Wert		7,54
O ₂ -Gehalt	mg/l	9,13

In der folgenden sechswöchigen Hälterungsperiode wurde nur die Wassertemperatur erfasst, sie lag im Mittel bei 9,23 °C. Im 20wöchigen Versuchsverlauf (Februar 2000 - Juni 2000) erfolgte die Reinigung der Becken alle zwei Wochen während der Wägung der Fische.

2.2.4 Fütterung

2.2.4.1 Karpfenversuche

Zwei Tage vor Versuchsbeginn erfolgte bei beiden Karpfenversuchen eine Nüchterung, um durch die Entleerung des Darms die Stressanfälligkeit der Tiere während des Wiegevorgangs zu reduzieren. Auch während der Versuchsperiode wurde daher an den Tagen vor den Wiegeterminen kein Futter zugeteilt. Nach Versuchsbeginn erhielten alle Behandlung die jeweiligen Fütterungsvarianten in einer

Höhe von 1,7% der Lebendmasse (LM) i. d. T an sechs Tagen der Woche. Im Versuchsverlauf wurde die Futtermenge in beiden Versuchen auf 1,4% d. LM abgesenkt. Zur Berechnung der erforderlichen Futtermenge zwischen den Wägungen diente die mit Hilfe der spezifischen Wachstumsrate α kalkulierte Lebendmasse als Basis. Wegen reduzierter Futteraufnahme nach den Wägungen wurde am Wiegetag die Fütterung ausgesetzt, im Karpfenversuch II wurde zusätzlich an den beiden Folgetagen nur jeweils die Hälfte der kalkulierten Tagesdosis verabreicht. Die Fütterung erfolgte mit Scharflinger Bandfutterautomaten über ca. zehn Stunden am Tag. Durch das Absieben des Futters konnte eine unnötige Verunreinigung des Wassers vermieden werden. Vor der Schlachtung zu Versuchsende wurden die Karpfen entsprechend den anderen Wägeterminen zwei Tage genüchert.

2.2.4.2 Forellenversuch

In Anlehnung an die Karpfenversuche erhielten die Forellen zwei Tage vor der Sortierung zu Versuchsbeginn, jeweils einen Tag vor den Wiegeterminen und an den Wiegetagen selbst sowie zwei Tage vor dem Wiegen und Schlachten zu Fütterungsende kein Futter. Während der Fütterungsperiode wurde das Futter im abgeseihten Zustand über Brutfutterautomaten an sechs Tagen in der Woche zugeteilt. Die Futtermenge konnte aufgrund praktischer Empfehlungen für handelsübliches Forellenfutter mit vergleichbaren Nährstoffgehalten bei einer Wassertemperatur von 8-10°C abgeleitet werden (SCHMIDT, 1997). So erfolgte die Fütterung in der ersten Hälfte der Fütterungsperiode mit 1,2% der Lebendmasse i. d. T, später mit 1,0%. Das vorgelegte Futter wurde innerhalb des täglichen Zuteilungszeitraumes von ca. acht Stunden gierig gefressen.

2.2.5 Messkriterien

2.2.5.1 Lebendmasse, tägliche Zunahmen und spezifische Wachstumsrate der Karpfen

Zu Versuchsbeginn wurden die Fische so auf die einzelnen Becken und Behandlungen verteilt, dass sowohl die mittleren Lebendmassen und Standardabweichungen der verschiedenen Behandlungen als auch die der einzelnen Aquarien vergleichbar waren. Die durchschnittlichen Lebendmassen der einzelnen Behandlungen zu Versuchsbeginn sind in Übersicht 9 für den Karpfenversuch I und

in Übersicht 10 für den Karpfenversuch II dargestellt. Die mittlere Lebendmasse aller Karpfen zu Beginn des ersten Versuchs lag bei $450,4 \pm 87,5$ g. Die Fische im zweiten Karpfenversuch wogen zu Versuchsbeginn durchschnittlich $501,0 \pm 72,6$ g.

Übersicht 9: Mittlere Lebendmasse [g] der Karpfen zu Beginn von Karpfenversuch I

Behandlung					
Fettstufe I			Fettstufe II		
Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Kontrolle	CLA 1	CLA 3
446,6	452,5	446,4	451,0	455,5	450,4
$\pm 77,1$	$\pm 94,6$	$\pm 91,2$	$\pm 95,2$	$\pm 76,5$	$\pm 92,9$

Übersicht 10: Mittlere Lebendmasse [g] der Karpfen zu Beginn von Karpfenversuch II

Behandlung				
Kontrolle	CLA-EE 2,5	CLA-EE 5,0	CLA-ME 2,5	CLA-ME 5,0
503,5	496,5	504,3	502,8	497,8
$\pm 69,5$	$\pm 81,7$	$\pm 63,4$	$\pm 76,9$	$\pm 74,3$

Die Versuchstiere wurden einzeln im Abstand von vier Wochen auf einer elektronischen Integrationswaage mit Digitalanzeige gewogen. Hierzu musste eine mit Wasser gefüllte Wanne auf der Waage austariert werden, anschließend konnte der jeweilige Fisch eingesetzt und das Gewicht nach der Wasserberuhigung festgehalten werden. Ein Deckel auf der Wanne schützte vor Wäageungenauigkeiten durch Spritzwasser. Jeder Karpfen erhielt somit während des Versuchsverlaufs im Karpfenversuch I vier (Zwischenschlachtung) bzw. fünf Einzelwägungen zur Erfassung der Gewichtsentwicklung. Die Versuchsperiode des zweiten Karpfenversuchs bestand ebenfalls aus fünf Wiegeabschnitten. Aus diesen Messergebnissen wurden der Lebendmassezuwachs sowie die täglichen Zunahmen für jedes Einzeltier abgeleitet. Neben der Beurteilung des Lebendmassezuwachses (in g) bietet sich auch die spezifische Wachstumsrate α (in %) an, um das Ausmaß der Wachstumsleistung zu messen. Diese ist abhängig vom Anfangsgewicht (W_0 in g), dem Gewicht nach einem bestimmten Zeitabschnitt (W_t in g) und der Zeitdauer in Tagen (t). Für die Ermittlung der Wachstumsrate gilt folgende Formel:

$$\alpha = [(W_t / W_0)^{1/t} - 1] * 100$$

2.2.5.2 Lebendmasse, tägliche Zunahmen und spezifische Wachstumsrate der Forellen

Bei der Randomisierung der Forellen zu Versuchsbeginn wurden Gruppen von jeweils 50 Forellen gebildet. Im Anschluss an die Wägung erfolgte die Verteilung dieser Fischgruppen auf die Becken unter der Forderung vergleichbare mittlere Lebendmassen und Standardabweichungen zu erhalten. Entsprechend dem Versuchsplan 500 Forellen pro Becken zu besetzen, erhielt jedes Becken somit zehn Pools. Übersicht 11 zeigt die Beckenmittelwerte zu Versuchsbeginn.

Übersicht 11: Mittlere Lebendmasse [g] der Forellen zu Versuchsbeginn

Behandlung					
Vit. E - Stufe I			Vit. E - Stufe II		
Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Kontrolle	CLA 1	CLA 3
120,4 ± 3,8	120,8 ± 5,1	120,0 ± 5,9	120,3 ± 3,5	120,4 ± 3,5	120,6 ± 4,5

Die Forellen aller Behandlungen hatten zu Versuchsbeginn eine durchschnittliche Lebendmasse von $120,4 \pm 4,4$ g. Während der Versuchsperiode wurden alle 14 d aus jedem Becken zwei Zufallsstichproben von je 50 Tieren mit dem Kescher abgefischt und in einer mit Wasser austarierten Waage gewogen. Die Wägung zu Versuchsende entsprach dem Verfahren zu Beginn des Versuchs. Innerhalb der 14wöchigen Fütterungsperiode ergaben sich somit für jedes Becken acht Messdaten, welche zur Berechnung des Lebendmassezuwachses dienten. Die täglichen Zunahmen und die spezifische Wachstumsrate der Forellen wurden für den gesamten Versuch anhand der Wiegedaten zu Versuchsbeginn und -ende abgeleitet.

2.2.6 Futteraufnahme und Futterverwertung

Die Berechnung der täglichen Futtermenge je Becken ergab sich bei allen Versuchen in Abhängigkeit der Lebendmasse (siehe hierzu auch Kapitel 2.4.). Nach jedem Wiegeabschnitt erfolgte die Zuteilung des Futters in % der ermittelten Lebendmasse für die folgende Versuchswoche. In den darauffolgenden Wochen wurde die Futtermenge unter Annahme der jeweiligen Wachstumsrate erneut angepasst. Aufgrund der restriktiven Fütterung kann davon ausgegangen werden, dass die verabreichte Futtermenge auch der Futteraufnahme entspricht.

Die Berechnung der Futtermittelverwertung der Versuchstiere, angegeben als g Futtermittelverbrauch pro g Lebendmassezuwachs, erfolgte bei den Karpfen für jeden Wiegeabschnitt. Bei den Forellen wurde zur Bestimmung der Futtermittelverwertung die während der gesamten Versuchsperiode aufgenommene Futtermenge durch den Gewichtszuwachs in diesem Intervall dividiert.

2.2.7 Verdaulichkeit der Futtermitteln in den Karpfenversuchen

Um Unterschiede in der Verdaulichkeit der verschiedenen Versuchsrationen feststellen zu können, wurde in beiden Karpfenversuchen eine Verdaulichkeitsbestimmung durchgeführt. Aufgrund der Problematik der quantitativen Koterfassung bei Fischen fand bei diesen Versuchen die Indikatormethode Verwendung (SCHWARZ et al., 1982b). Hierbei erübrigte sich das quantitative Sammeln des Kots, allerdings sind jeweils repräsentative Kotmengen über einen ausreichend langen Zeitraum notwendig. Die Verdaulichkeit der Nährstoffe und der Bruttoenergie wurde aus der Konzentrationsänderung der Bezugssubstanz (Chromoxid) von Futter zu Kot nach folgender Formel berechnet:

$$\text{Verdaulichkeit (\%)} = 100 - \frac{\left[\begin{array}{l} \% \text{ Indikator im Futter} \\ \% \text{ Indikator im Kot} \end{array} \right]}{\left[\begin{array}{l} \% \text{ Nährstoff im Kot} \\ \% \text{ Nährstoff im Futter} \end{array} \right]} * 100$$

Das Futter aller Behandlungen in den Karpfenversuchen enthielt im Mittel 0,25% Chromoxid in der Frischsubstanz. Während der Versuchsphase wurde der Kot an acht aufeinanderfolgenden Tagen beckenweise gesammelt. Morgens vor dem Füttern erfolgte die Kotentnahme, wobei zunächst der Inhalt des Sammelbehälters in eine Plastikwanne entleert und der Filter des Behälters ausgepresst wurde. Nach dem Abdekantieren wurde das Kot-Wassergemisch zur Abtrennung der flüssigen Phase filtriert und anschließend in der Kühlung aufbewahrt. Am Ende der Sammelperiode wurde der Kot homogenisiert, eingeschweißt und zum Schutz vor mikrobiellem Verderb tiefgekühlt. Eine Verdaulichkeitsbestimmung im Forellenversuch war aufgrund der fehlenden technischen Ausstattung nicht möglich.

2.2.8 Ausfälle

In Karpfenversuch I verendete nach der zweiten Wiegung Karpfen 16-1 ohne äußerlich erkennbare Symptome. Im Anschluss an den dritten Wiegeabschnitt

verendeten weiterhin aus Becken 5 die Fische 1,2,5,6,7 und 8 wegen eines technischen Defekts an Sauerstoffmangel.

Während des zweiten Karpfenversuchs musste der Karpfen 6-3 aufgrund einer stark blutenden Verletzung einen Tag nach Versuchsbeginn getötet werden. Im letzten Wiegeabschnitt fielen Becken 2 und 4 infolge Überhitzung und daraus resultierendem Sauerstoffmangel aus.

Im Forellenversuch verendete aus Becken 5, Becken 6, Becken 7 und Becken 8 im letzten Wiegeintervall je ein Tier.

2.2.9 Schlachtkörperzusammensetzung

Unter der Schlachtkörperzusammensetzung sind die jeweiligen Anteile der Teilstücke Filet, Innereien und Restkörper am Gesamtkörper sowie deren Gehalte an Trockenmasse, Rohasche, Gesamtfett und Protein zu verstehen.

2.2.9.1 Schlachtung, Zerlegung und Lagerung

2.2.9.1.1 Schlachtung, Zerlegung und Lagerung der Karpfen

Um die Schlachtkörperzusammensetzung der Karpfen zu Versuchsbeginn erfassen zu können, wurden bei der ersten Wiegung aus den verbleibenden Karpfen 30 (Karpfenversuch I) bzw. 20 (Karpfenversuch II) Tiere zufällig ausgewählt und getötet. In Karpfenversuch I war neben der Schlachtung zu Versuchsende auch eine Zwischenschlachtung von drei Tieren je Becken zur Entlastung der Aquarien im Anschluss an die dritte Wägung erforderlich. Die Auswahl der Tiere bei der Zwischenschlachtung fiel auf die zwei jeweils leichtesten und den jeweils schwersten Karpfen des Beckens. Im zweiten Karpfenversuch erfolgte lediglich die Schlachtung zu Versuchsende. Allen Schlachtungen ging eine zweitägige Nüchterung voraus.

Nach der Betäubung der Fische durch einen Schlag auf den Kopf wurden die Karpfen nochmals verwogen. Das sich hier ergebende Gewicht wird als Schlachtgewicht bezeichnet. Anschließend erfolgte ein Schnitt von der Urogenitalöffnung bis zum Kopf, so dass die Innereien entnommen werden konnten. In Karpfenversuch II wurde für weiterführende Untersuchungen die Leber von den Eingeweiden getrennt und separat verpackt. Bei bereits ausgebildeten Gonaden wurde zusätzlich das Geschlecht bestimmt. Im Anschluss daran erfolgte das Filetieren und Häuten der Fische. Zur Schlachtkörperfraktion des Restkörpers zählte alles, was nach dem Entnehmen der Innereien und dem Filetieren übrig blieb,

einschließlich der Haut und sämtlichen Flossen sowie Fettabschnitten. Die Teilstücke Restkörper, Innereien, Filet links und Filet rechts wurden jeweils gewogen und einzeln in Polyethylenbeutel verpackt.

Der Versuchsplan beider Karpfenversuche sah vor, das linke Filet für sensorische Untersuchungen und das rechte Filet für die Nährstoff- und Fettsäureanalytik zu verwenden. Daher wurden die linken Filets im Anschluss an die Schlachtung zu Versuchsende im Kühlraum bei 4°C bis zur am folgenden Tag stattfindenden Verkostung aufbewahrt. Während des Transports der Filets erwies sich eine Kühlung auf Bröckeleis als sinnvoll. Der Restkörper und die Innereien wurden bis zur Aufbereitung bei -18°C, das rechte Filet (Analytikfilet) und die Karpfenversuch II entnommenen Lebern bei -80°C gelagert. Übersicht 12 zeigt die in beiden Karpfenversuchen zu untersuchenden Schlachtkörperfraktionen und die jeweils durchgeführte Analytik.

Übersicht 12: Schlachtkörperfraktionen und jeweils durchgeführte Analytik in Karpfenversuch I und II

	Rohnährstoffanalytik	Fettsäureanalytik	Sensorik
Filet rechts	*	(*)	-
Filet links	-	-	(*)
Restkörper	*	-	-
Eingeweide	*	-	-

() : mit Ausnahme der Zwischenschlachtung im Karpfenversuch I

2.2.9.1.2 Schlachtung, Zerlegung und Lagerung der Forellen

Auch im Forellenversuch erfolgte zu Versuchsbeginn die Schlachtung einer Nullgruppe von 36 Tieren. Im weiteren Versuchsverlauf waren vier Schlachtungen, nämlich nach der sechsten und zehnten Versuchswoche sowie nach Fütterungs- und Hälterungsende vorgesehen (siehe hierzu auch Kapitel 1.3.). Bei den Zwischenschlachtungen wurden aus allen Becken zehn Forellen entsprechend dem mittleren Beckengewicht getötet. Zu Fütterungs- und Hälterungsende wurden aus den Becken der Behandlungen Kontrolle und CLA-Zulage 3% je zwölf (Gefrierlagerung), aus den Becken der Behandlungen CLA 1% je sechs Forellen (keine Gefrierlagerung) für die Schlachtung entnommen. Die Schlachtung, Zerlegung und Lagerung der Fische erfolgte weitestgehend analog zu den Karpfenversuchen. Lediglich die linken und rechten Filets der sechs Forellen pro Becken, welche erst im

Anschluss an die sechsmonatige Lagerungsperiode verkostet bzw. analysiert werden sollten, wurden im Gegensatz zu den Karpfenversuchen bei praxisüblichen -18°C eingelagert. In Übersicht 13 sind die im Forellenversuch zu untersuchenden Schlachtkörperfraktionen und die jeweilige durchgeführte Analytik dargestellt.

Übersicht 13: Schlachtkörperfraktionen und jeweilige durchgeführte Analytik im Forellenversuch

	Rohnährstoffanalytik	Fettsäureanalytik	Sensorik
Filet rechts	[*]	*	-
Filet links	-	-	(*)
Restkörper	[*]	-	-
Eingeweide	[*]	-	-

() : mit Ausnahme der Zwischenschlachtungen

[*] : mit Ausnahme der gefriergelagerten Schlachtkörperfraktionen

2.2.9.2 Lagerung der Futterproben und der CLA

Bei allen Versuchen wurde jeweils zu Versuchsbeginn, in der Versuchsmitte und zum Ende des Versuchs eine Probe des Mischfutters jeder Ration sowie der jeweiligen CLA-Zulage entnommen und bei -80°C für die spätere Fettsäureanalytik konserviert.

2.3 Bestimmung der Nährstoffgehalte, der Verdaulichkeit und der Bruttoenergie

Nach der Homogenisierung der Futterproben wurden der Trockensubstanzgehalt, der Gehalt an Rohasche, Gesamtfett und Rohfaser anhand der Weender-Futtermittelanalyse bestimmt. Die Analyse des Rohproteins erfolgte nach der Methode von Kjeldahl durch Multiplikation des Stickstoffgehalts mit dem Faktor 6,25. Die N-freien Extraktstoffe in den Proben wurden durch Differenzrechnung berechnet. Der Anteil der organischen Substanz an der Trockenmasse ergab sich durch Aufsummieren der analysierten Nährstoffgehalte abzüglich der Rohasche.

Die Behandlung der Kotproben entsprach der der Futterproben, wobei hier die Bestimmung des Trockensubstanzgehalts mit Hilfe der Gefriertrocknung erfolgte. Die Chromoxidanalyse wurde nach der modifizierten Methode von PENTRY und RAPP (1970) durchgeführt, die Messung der Cr_2O_3 -Konzentration erfolgte im Photometer

bei 370 nm gegen destilliertes Wasser. Zur Messung des Bruttoenergiegehalts im Futter und im Kot stand ein adiabatisches Sauerstoff-Bombenkalorimeter zur Verfügung.

Um den analytischen Aufwand bei der Bestimmung der Nährstoffgehalte in den Teilstücken zu verringern, wurden in allen Versuchen die Schlachtkörperfraktionen Restkörper, Innereien und rechtes Filet beckenweise gepoolt. Aufgrund des fehlenden Rationseinflusses konnten die zu Versuchsbeginn geschlachteten Fische ebenfalls entsprechend den Fraktionen zu Sammelproben zusammengefasst werden. Weiterhin wurde im Forellenversuch auf eine Nährstoffanalytik der gefrier-gelagerten Teilstücke verzichtet.

Zur Vorbereitung auf die Nährstoffanalyse wurden die halbgefrorenen Teilstücke beckenweise mit einem elektrischen Fleischwolf zerkleinert, homogenisiert und anschließend, mit Ausnahme der Filets, über 72 Stunden gefriergetrocknet. Da hierbei ein absolut vollständiger Wasserentzug nicht garantiert werden konnte, wurde ein Korrekturfaktor von 1,5% für die Restfeuchte eingeführt. Nach zweitägigem Luftkontakt im Anschluss an die Trocknung hatten die Proben ein konstantes Feuchtigkeitsniveau erreicht und konnten mit Hilfe eines handelsüblichen Küchenzerkleinerers gemahlen und erneut homogenisiert werden. Für weitere Analysen erfolgte die Restwasserbestimmung der Proben nach dreistündigem Trocknen des Materials bei einer Temperatur von 105°C im Trockenschrank. Für die folgende Rohascheanalytik erwies sich zunächst eine Vorveraschung bei über 14 h ansteigenden Temperaturen von 50 - 350°C im Muffelofen als sinnvoll. Hierdurch konnten Fehler in der Bestimmung durch Herausspritzen von Fett aus den Schalen vermieden werden. Anschließend erfolgte die vollständige Veraschung bei 550°C über die Dauer von drei Stunden. Bezüglich der Gesamtfettbestimmung (HCl-Aufschluss) wurde auf eine Trocknung der Filter über drei Stunden bei 105°C verzichtet, da bei den hochungesättigten Fettsäuren des Fischfetts eine thermisch induzierte Verharzung der Fette und somit eine herabgesetzte Löslichkeit dieser im Petrolether eintrat. Die N-Bestimmung erfolgte analog zu den Futter- und Kotproben nach Kjeldahl.

Aufgrund der hohen Anfälligkeit der Proben für mikrobiellen Verderb wurden diese stets im Tiefkühlraum gelagert. Bei sämtlichen Analysen erwies sich mindestens eine Doppelbestimmung als sinnvoll, die Toleranzgrenze für die analytische Ungenauigkeit in der Summe aller Nährstofffraktionen lag bei kleiner 1%.

2.4 Fleischqualität

In den vorliegenden Untersuchungen wurden chemische und sensorische Eigenschaften von Karpfen- und Forellenfleisch sowie die Fleischhelligkeit und -farbe der Forellenfilets erfasst. Sämtliche chemischen und sensorischen Untersuchungen zur Fleischqualität des vorliegenden Versuchsmaterials - mit Ausnahme der Fettsäureanalytik im Karpfenversuch II sowie der Fleischhelligkeit und -farbe der Forellen - wurden von Frau W. Schabbel am Institut für Biochemie und Lebensmittelchemie der Universität Hamburg (Dir. Prof. Dr. H. Steinhart) durchgeführt. Diese Daten werden in einer eigenen Dissertation von Frau Schabbel (SCHABBEL, 2002) zusammengestellt. Sofern Methodik und Ergebnisse zur Ergänzung der eigenen Untersuchungen benutzt werden, werden diese ordnungsgemäß zitiert.

2.4.1 Fleischhelligkeit und -farbe des Forellenfleischs

Für die Messung der Fleischhelligkeit und -farbe stand ein Chromameter (Minolta CR 300) der Bayerischen Landesanstalt für Fischerei zur Verfügung. Das Farbsystem ist an das menschliche Farbempfinden angepasst und beschreibt die Farbe anhand der L-, a- und b- Werte. Der a-Wert ist ein Maß für den Farbbereich von Grün (negative Zahlen) nach Rot (positive Zahlen). Je höher ein positiver a-Wert ist, desto höher ist der Rotanteil im Fleisch. Der b-Wert bildet ein Maß für den Farbbereich von Blau (negative Zahlen) nach Gelb (positive Zahlen). Folglich entsprechen hohe positive b-Werte einem ausgeprägtem Gelbanteil. Anhand des L-Werts wird die Helligkeit der Fleischfarbe quantifiziert. Die Parameter wurden unmittelbar nach der Schlachtung der Forellen auf der Innenseite des rechten Filets oberhalb der Seitenlinie an drei definierten Stellen gemessen. Aus den Messungen im Kopf-, Rücken- und Schwanzbereich bildete das Gerät automatisch einen Mittelwert. Bei der Handhabung des Geräts wurde äußerste Sorgfalt darauf verwendet, weder Blutergüsse noch Fettakkumulationen mitzumessen, da hieraus starke Messschwankungen resultierten.

2.4.2 Bestimmung der Fettsäurezusammensetzung

Um einen möglichen Einfluss der nutritiven CLA-Zulage auf das Fettsäuremuster der Fische feststellen zu können, sollte sowohl in den Filets der zu Versuchsende

getöteten Karpfen (Karpfenversuch I, SCHABBEL 2002) als auch in den Forellenfilets der Schlachtungen zu Fütterungs- und zu Hälterungsende (SCHABBEL, 2002) das Fettsäuremuster analysiert werden. Als Nullgruppe diente in allen Versuchen das Fettsäuremuster der Filets der zu Versuchsbeginn geschlachteten Fische. Die jeweiligen Proben der CLA-Zulagen und der Mischfutter, welche zu Versuchsbeginn, -mitte und -ende entnommen wurden, wurden dem gleichen Verfahren unterzogen. Neben dem Gesamtfettsäuremuster kam in dieser Versuchsreihe der Analytik der Einzelisomere der CLA-Fraktion besondere Bedeutung zu (SCHABBEL, 2002).

2.4.2.1 Fettextraktion aus den Filets und Futterproben

Die Darstellung der Fettextraktion erfolgt nach Angaben von SCHABBEL (2002). Dabei sollte die ausgewählte Extraktionsmethode das in den Versuchsfischen und in den Futterrationen enthaltene Fett möglichst vollständig erfassen. Da Verbindungen mit einem konjugierten Doppelbindungssystem bei Temperaturerhöhung zur Autoxidation neigen (SHEPPARD und IVERSON, 1989) wurde eine schonende Extraktionsmethode gewählt, bei der eine Temperatur von max. 40°C erreicht wird. Weiterhin wurde auf den Einsatz von stark sauren und stark alkalischen Chemikalien verzichtet, da nach KRAMER et al. (1997) konjugierte Fettsäuren unter deren Einfluss zur Isomerisierung neigen. Zusätzlich war auf eine vollständige Entfernung des im Fischgewebe enthaltenen Wassers zu achten, da Wasser sowohl die Umesterungsreaktion negativ beeinflussen kann als auch den Trägerfilm der Kapillarsäule des GC und das Säulenmaterial des HPLC zerstören kann. Aus genannten Gründen wurde die Fettextraktion aus den Proben nach folgender Methode vorgenommen.

Zunächst wurden 5 g des nicht gefriergetrockneten Filethomogenats sowie des vermahlenden Futters mit etwa der entsprechenden Volumenmenge an Natriumsulfat in einer Mörserschale bis zum Erreichen einer bröckeligen, wasserarmen Masse verrieben. Diese Probe konnte nun in ein Pyrexglas überführt und anschließend mit 15ml Dichlormethan/Methanol (2:1,v/v) versetzt werden. Die Extraktion erfolgte dann unter Eiskühlung über einen Zeitraum von ca. zwei Minuten im Ultra-Turrax. Nachfolgend wurde die Probe für zehn Minuten in einer Zentrifuge (5000U/min) zentrifugiert und der sich hierbei bildende Überstand in einen 100ml Rundkolben abdekantiert. Um alle Lipidklassen der Probe entziehen zu können wurde der Vorgang der Extraktion nach Auflockerung des Rückstands erneut mit 15ml

Dichlormethan/Methanol (2:1,v/v) und im Anschluss daran mit 15ml n-Hexan wiederholt. Die vereinigten Extrakte wurden schließlich am Rotationsverdampfer bei einem Druckgradienten von 600 auf 40 mbar eingengt, die Wassertemperatur hierbei betrug 40°C. Das so gewonnene Fettextrakt wurde für die folgende Derivatisierung in 15 ml Dichlormethan aufgenommen und im Ultraschallbad gelöst. Bei der CLA-Zulage konnte auf eine Extraktion vor der Umesterung verzichtet werden.

2.4.2.2 Derivatisierung zu Fettsäuremethylestern

Für die GC- und HPLC-Analysen wurden die schwerflüchtigen Triacylglyceride zu leichtflüchtigen Fettsäuremethylestern derivatisiert (siehe SCHABBEL, 2002). Da nach KRAMER et al. (1997) sauer katalysierte Umesterungen zu einer Isomerisierung der konjugierten Isomere führen können, wurde basierend auf den Untersuchungen von FRITSCHÉ et al. (1998b) eine schwach alkalische, milde Methode mit einer methanolischen Kaliummethylatlösung angewendet. Hierzu erfolgte die Zugabe von 2,5ml 5%iger methanolischer Kaliummethylatlösung zu 0,5ml des in Dichlormethan gelösten Fetts in einem Pyrexglas. Nach anschließendem Schütteln konnte die Probe bei 60°C für 10min in einem Trockenschrank umgeestert werden. Folgend wurden die Proben bei Raumtemperatur abgekühlt, mit 2%iger Schwefelsäure neutralisiert und nach erneutem guten Schütteln zehn Minuten zur Phasentrennung bei 5000U/min zentrifugiert. Die sich abscheidende Dichlormethanphase wurde dann in ein Probenvial pipettiert und im Stickstoffstrom bis zur Trockene abgeblasen. Anschließend konnten die FSME für die Messungen am GC und HPLC in n-Hexan aufgenommen werden.

2.4.2.3 Gaschromatographie - Flammenionisationsdetektor

Die Trennung der FSME erfolgt bei der Gaschromatographie nach ihrer Kettenlänge und nach der Anzahl der Doppelbindungen (siehe SCHABBEL, 2002). Hierzu stand ein Gerät der Firma Hewlett Packard 6890 mit Autosampler zur Verfügung. Als Trennsäule wurde eine CP-Sil 88 (100m) eingesetzt, über die Wasserstoff als Trägergas mit 1,7ml/min geleitet wurde. Als Make-up-Gas diente Stickstoff (30ml/min) und als Brennergas Luft (300ml/min). Das Verhältnis bei der Splitinjektion betrug 1:20, das Injektionsvolumen 1µl; ferner wurde die Injektionstemperatur auf 200°C eingestellt. Zur Detektion fand ein Flammenionisationsdetektor (FID)

Verwendung, welcher auf eine Betriebstemperatur von 260°C aufgeheizt wurde. Die aus der Trennkapillare austretenden Komponenten wurden dabei durch eine Wasserstoff-Luft-Flamme geleitet, wobei organisch ionisierbare Verbindungen verbrannten. Schließlich erzeugten die hierbei entstehenden Elektronen in einem an der Flamme angelegten elektrischen Feld einen Ionisationsstrom, welcher verstärkt und an den Integrator weitergeleitet wurde. Zur Optimierung des Trennverfahrens wurde die einzuspritzende FSME-Lösung auf 1:10 verdünnt und folgendes Temperaturprogramm angewandt:

- 75°C, 2 Minuten isotherm
- 2°C/min auf 175°C, 15min isotherm
- 5°C/min auf 200°C, 5min isotherm
- 2°C/min auf 235°C, 10min isotherm

Die Auswertung der Chromatogramme erfolgte mit der entsprechenden Software am PC. Zur Identifizierung der FSME-Peaks wurden die Retentionszeiten der Fettsäuremethylester mit denen eines internen C 17:0-Standards verglichen. Der Gehalt der einzelnen Fettsäuren, insbesondere der CLA-Fraktion, am Gesamtfettsäuremuster der Proben konnte dann prozentual berechnet werden.

2.4.2.4 Silberionen - Hochleistungsflüssigkeitschromatograph

Mit Hilfe der Ag⁺-HPLC war es möglich die Fettsäuren nach Anzahl, Geometrie und Position der Doppelbindungen zu trennen (siehe SCHABBEL, 2002). Somit konnten nicht nur die mit der GC-FID analysierte Gesamtfraktion der CLA, sondern auch die einzelnen Isomere der konjugierten Linolsäure identifiziert werden. Hierfür wurde ein Ag⁺-HPLC der Firma Hitachi 655 A-12 Liquid Chromatograph mit Autosampler verwendet. Die Auftrennung der CLA-Fraktion erfolgte nach RICKERT (1999) mit zwei Ag⁺-Säulen (Tandem-Column-Silverion-HPLC) und UV-Detektion bei 234nm. Als Detektor kam ein Photodioden-Array-Detektor, Waters 996 zum Einsatz. Das Injektionsvolumen betrug 20µl der auf 1:10 verdünnten FSME-Lösung. 0,1%iges Acetonitril in n-Hexan diente als mobile Phase (1ml/min).

Das Prinzip der Ag⁺-HPLC beruht darauf, dass die mehrfach ungesättigten Fettsäuren mit den auf der Säule gebundenen Silberionen Wechselwirkungen eingehen. Je nach der Intensität der Wechselwirkungen weisen die unterschiedlichen Fettsäuren verschiedene Elutionsreihenfolgen auf. So eluierten die Linolsäureisomere ca. 20 - 50min nach der Injektion. Innerhalb der C18:2 Fraktion eluierten

während dieses Zeitraumes ebenfalls aufgrund zunehmender Wechselwirkungsintensität zuerst die trans,trans-Isomere, gefolgt von den cis/trans-Isomeren und zuletzt die cis,cis-Isomere. Die CLA-Isomere wurden anschließend über den Vergleich der Retentionszeiten mit einem externen CLA-ME Standard identifiziert, hierbei stand die Auswertungssoftware Millennium Chromatography zur Verfügung. In Anlehnung an die Auswertung mit dem GC-FID konnte auch hier der prozentuale Anteil der Einzelisomere an der gesamten CLA-Fraktion angegeben werden.

2.4.3 Sensorische Untersuchungen

Als Sensorik wird nach DIN 10950-1 die Wissenschaft des Einsatzes menschlicher Sinne zu Prüf- und Messzwecken bezeichnet. Die sensorischen Untersuchungen (siehe SCHABEL, 2002) zielten daraufhin ab, chemisch-analytische Ergebnisse hinsichtlich ihrer Flavor-Bedeutung zu charakterisieren. So sollte insbesondere geklärt werden, ob mit CLA angereichertes Fischgewebe eine sensorische Beeinträchtigung erfährt.

Bei Karpfenversuch I und II wurde jeweils bei den Schlachtungen zu Versuchsende, bei dem Forellenversuch zu Fütterungs- und Hälterungsende bzw. im Anschluss an die sechsmonatige Gefrierlagerung eine Profilprüfung durchgeführt. Für diese sechs Termine standen am Institut für Biochemie und Lebensmittelchemie in Hamburg unter Leitung von Frau Schabel zwei Panels aus sechs bis zwölf geschulten Prüfern zur Verfügung.

2.4.3.1 Vorbereitung der Sensorik

2.4.3.1.1 Schulung des Panels

Die zu den sensorischen Analysen eingesetzten Panels wurden allgemein und produktspezifisch geschult, anschließend erfolgte eine Kontrolle der sensorischen Fähigkeiten der Teilnehmer (siehe SCHABEL, 2002). In Anlehnung an die entsprechenden DIN-Normen umfasste die Schulung folgende Schwerpunkte:

- Theoretische Grundlagen und Begriffe der Lebensmittelsensorik
- Erkennen der vier Grundgeschmacksarten
- Bestimmung der Geschmacksempfindlichkeiten, Schwellenprüfung der vier Grundgeschmacksarten
- Geruchserkennungsprüfung von Riechstoffen standardisierter und nicht standardisierter Zusammensetzung

Des Weiteren wurden die Prüfverfahren „Bewertende Prüfung mit Skala“ und „Profilprüfung“ in der Schulung berücksichtigt.

2.4.3.1.2 Profilprüfung

Die Fischfilets wurden einer Profilprüfung unterzogen. Untersucht wurden die Eigenschaften Textur, Geruch und Geschmack des Fleisches. Als Vorlage fand das nach SCHLÜTER (1999) identifizierte Profil des Karpfenfleisches und das nach MILO (1995) identifizierte Profil des Forellenfleisches Verwendung. Die Beschreibung der entsprechenden Merkmalseigenschaften erfolgte anhand einer sechsstufigen Skala von null (keine Wahrnehmung der Eigenschaft) bis fünf (sehr intensive Wahrnehmung der Eigenschaft). Übersicht 17 zeigt die bei der sensorischen Prüfung verwendeten Testbögen. Unterschiede in den Einzelaromen zwischen den Fischarten sind durch Kursivdruck gekennzeichnet. Bei den Forellen wurde aufgrund des Astaxanthins bzw. der daraus resultierenden Rotfärbung des Fleisches auf eine Bewertung der Farbtintensität im Rahmen der Texturprüfung verzichtet. Ferner konnten auf einem Beiblatt wahrgenommene Aromen notiert werden, welche in dem vorgefertigten Bogen noch nicht auftraten.

Übersicht 14: Sensorikprüfblatt zur Analytik von Karpfen und Forellen nach SCHABBEL (2002)

Geruchsprüfung

fischig ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5	fettig ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5	erdig ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5
ranzig ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5	dumpf-muffig ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5	schwefelig ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5
metallisch ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5	blumig ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5	fruchtig ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5
pilzartig ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5	Leinen ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5	grün-grasig ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5
Gurke ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5	Popcorn ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5	gekochte Kartoffel ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5
Butter ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5	malzig ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5	sauer ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5

Wie beurteilen Sie den Gesamtgeruch des Filets?

ÿ	1.sehr gut
ÿ	2.gut
ÿ	3.befriedigend
ÿ	4.ausreichend
ÿ	5.schlecht
ÿ	6.ungenießbar

Texturprüfung

<p>Saftigkeit: (Eindruck nach einigem Kauen) Bei einem trockenen Filet wird die Feuchtigkeit im Mund verringert, bei einem saftigen nimmt sie zu</p> <p>Eindruck ÿ 1.sehr trocken ÿ 2.trocken ÿ 3.etwas trocken ÿ 4.leicht saftig ÿ 5.saftig ÿ 6.sehr saftig</p>	<p>Festigkeit: Druck der aufgebracht werden muss, um Fleisch, dass sich zwischen den Backenzähnen befindet, durchzubeißen</p> <p>Eindruck ÿ 1.breiiig ÿ 2.breiiig-weich ÿ 3.weich ÿ 4.elastisch ÿ 5.fest ÿ 6.sehr fest</p>
<p>Faserigkeit (Struktur nach einigem Kauen)</p> <p>Eindruck ÿ 1.mehlig ÿ 2.sehr kurze Fasern ÿ 3.kurze Fasern ÿ 4.ausgewogene Struktur ÿ 5.saftig ÿ 6.sehr saftig</p>	<p>Farbe (Beurteilung des geöffneten weißen Muskelfleisches)</p> <p>Eindruck ÿ 1.sehr dunkel ÿ 2.dunkel- grau ÿ 3.grau-gelb ÿ 4.gelb ÿ 5.weiß-gelb ÿ 6.weiß</p>

Wie beurteilen Sie die Gesamttextur des Filets?

ÿ	1.sehr gut
ÿ	2.gut
ÿ	3.befriedigend
ÿ	4.ausreichend
ÿ	5.schlecht
ÿ	6.ungenießbar

Geschmacksprüfung

fischig ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5	fettig ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5	erdig ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5
ranzig ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5	dumpf-muffig ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5	modrig ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5
schweißig ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5	metallisch ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5	schwefelig ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5
bitter ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5	säuerlich ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5	aromatisch ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5
pilzartig ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5	frisch ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5	Popcorn ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5
gekochte Kartoffel ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5	Butter ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5	nussig ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5
süß (nur Karpfen) ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 0	geranienartig ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5	malzig ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ ÿ 0 1 2 3 4 5

Wie beurteilen Sie den Gesamtgeschmack des Filets?

ÿ	1.sehr gut
ÿ	2.gut
ÿ	3.befriedigend
ÿ	4.ausreichend
ÿ	5.schlecht
ÿ	6.ungenießbar

2.4.3.2 Durchführung der Sensorik

Nach der Schlachtung wurden die linken Filets einzeln in Polyethylenfolie eingeschweißt und auf Bröckeleis bis zur Verkostung am Folgetag gelagert. Die für die Gefrierlagerung bestimmten Forellenfilets wurden unmittelbar im Anschluss an die Schlachtung eingefroren und einen Tag vor der Verkostung im Kühlschrank wieder aufgetaut. Die Menge der zu prüfenden Fische richtete sich bei allen Versuchen nach der Anzahl der zur Verfügung stehenden Testesser. So konnten im Karpfenversuch I vier Karpfen je Becken mit je sechs Proben pro Fisch, im Karpfenversuch II drei Karpfen je Becken mit je drei Proben pro Fisch und im Forellenversuch sechs Forellen je Becken mit je vier Proben pro Fisch verkostet werden. Innerhalb eines Prüfdurchgangs, welcher sechs bis zehn Fische umfasste, wurden die Fische derart verteilt, dass alle Fütterungsgruppen vertreten waren. Die Zuteilung der Fische erfolgte hierbei in zufälliger Reihenfolge. Nach jedem Durchgang wurde das Panel ausgewechselt bzw. eine mehrstündige Pause eingelegt.

Um ein möglichst homogenes Teststück zu erhalten (siehe SCHABBEL, 2002), erwies es sich als sinnvoll vor der Garung der Filets das Rückenfett, die Bauchlappen und den Schwanzbereich abzusetzen. Die Garung der Filets erfolgte in den Karpfenversuchen im Backofen bei 200°C über 15 - 20min, wobei die Filets mit der Hautseite nach oben auf die Bleche gelegt wurden. Da bei den magereren Forellen ein Austrocknen der Filets verhindert werden sollte, wurden diese im Wasserdampf in einem Fischbräter über einen Zeitraum von 5min gedünstet. Nach der Garung der Filets wurden diese in die erforderliche Anzahl an Teststücke zerteilt und sofort den Prüfern mit der dunklen Muskelseite nach unten auf Papptellern gereicht. Zwischen zwei Verkostungen stand Weißbrot und Wasser zur Neutralisation des Geschmacksempfindens bereit.

2.5 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung des Datenmaterials erfolgte mit einer PC-Version des Statistical Analysis System (Release 6.04, SAS-Institute Inc., USA 1996). Die Daten wurden zunächst varianzanalytisch ausgewertet. Bei signifikanten F-Werten ($p \leq 0,05$) wurde mit dem Student-Newman-Keuls-Test (KEULS, 1952) überprüft, welche Mittelwerte sich bei einer individuellen Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% unterscheiden. Für den Vergleich der Mittelwerte der einzelnen Behandlungen

innerhalb einer Messgröße wurde das Modell der einfaktoriellen Varianzanalyse zugrunde gelegt.

Modell der einfaktoriellen Varianzanalyse:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} = Beobachtungswert am Tier/Becken j in der i-ten Behandlung

μ = Gesamtmittelwert

A_i = Effekt der i-ten Behandlung

ε_{ij} = Restfehler

Signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen sind durch hochgestellte Kleinbuchstaben gekennzeichnet.

Für die zweifaktorielle Auswertung der Datensätze erfolgte die Darstellung der Ergebnisse in einer zweigeteilten Übersicht. So wurden im Mittelteil der Übersicht die Mittelwerte der einzelnen Behandlungen, im unteren und seitlichen Teil die jeweiligen Mittelwerte über einen Faktor bzw. die Randmittelwerte für einen Faktor dargestellt. Hier erfolgte eine Auswertung nach dem Modell der zweifaktoriellen Varianzanalyse.

Modell der zweifaktoriellen Varianzanalyse:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + B_j + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} = Beobachtungswert am Tier/Becken x in der i-ten Behandlung unter Berücksichtigung des Einflusses von Behandlung j

μ = Gesamtmittelwert

A_i = Effekt der i-ten Behandlung

B_j = Effekt der j-ten Behandlung

ε_{ij} = Restfehler

Waren signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten statistisch nachweisbar, so wurden diese mit kleinen Hochbuchstaben für die Behandlungseinzelwerte, mit großen Hochbuchstaben innerhalb einer Spalte und mit griechischen Hochbuchstaben innerhalb einer Zeile für den betreffenden Faktor gekennzeichnet.

Im Ergebnissteil wurden die Mittelwerte und Standardabweichungen sämtlicher Daten tabellarisch aufgelistet, die dazugehörigen Einzelwerte sind im Tabellenanhang dargestellt.

3 Ergebnisse

3.1 Karpfenversuch I

3.1.1 Rationszusammensetzung im Karpfenversuch I

Die analysierten Trockensubstanz-, Bruttoenergie- sowie Rohnährstoffgehalte der Futtrationen sind in Übersicht 15 dargestellt. Im Durchschnitt konnte für alle Behandlungen ein T-Gehalt von 88,5% ermittelt werden. Bei einem mittleren Rohaschegehalt von 7,1% wiesen die Rationen einen durchschnittlichen Anteil an organischer Substanz von 81,4% auf. Entsprechend der Forderung des Versuchsplans konnten die Behandlungen bei einem mittleren Anteil von 43,6% XP in der Frischsubstanz als isonitrogen bezeichnet werden.

Übersicht 15: Trockenmasse- (%), Bruttoenergie- (kJ/g FS) und Rohnährstoffgehalte (% d. FS) der Versuchsrationen im Karpfenversuch I

	Behandlung						Mittel
	Fettstufe I			Fettstufe II			
	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	
T	88,0	87,7	89,1	89,3	89,2	87,8	88,5
GE	20,1	20,1	20,3	21,7	21,6	21,3	20,8
OS	80,8	80,8	81,9	82,3	82,1	80,8	81,4
XL	9,4	9,3	9,3	18,3	18,4	18,3	13,8
XP	43,5	43,1	44,0	43,8	44,0	43,1	43,6
XA	7,2	6,9	7,2	7,0	7,1	7,0	7,1
XF	6,7	6,7	6,8	0,4	0,4	0,4	3,6
NfE	21,2	21,7	21,8	19,8	19,3	19,0	20,5

Die Gesamtfettbestimmung ergab für die Futtrationen der Behandlungsgruppe Fettstufe I einen Gesamtfettanteil in der Frischsubstanz von 9,3% gegenüber den Rationen der Behandlungsgruppe Fettstufe II mit einem mittleren Gesamtfettanteil von 18,3%. Hieraus resultierte für die Fütterungsvarianten der Fettstufe I ein etwas geringerer Bruttoenergiegehalt von 20,2 kJ/g Futter im Vergleich zu den Varianten der Fettstufe II mit durchschnittlich 21,5 kJ/g Futter. Der Rohfaseranteil war mit 6,7%

in den Rationen der Behandlungsgruppe Fettstufe I aufgrund der Cellulosezugabe deutlich höher als bei den übrigen Rationen, welche im Mittel lediglich 0,4% Rohfaser aufwiesen. Bezüglich des NfE-Gehalts waren die Rationen sehr einheitlich, der Anteil lag im Durchschnitt bei 20,5%.

3.1.2 Verdaulichkeit der Versuchsrationen im Karpfenversuch I

Die Verdaulichkeiten der Rationen im Karpfenversuch I zeigt Übersicht 16. Im Mittel betrug die Verdaulichkeit der organischen Substanz 79,7%, des Rohproteins 97,0%, des Gesamtfetts 80,7% und der Bruttoenergie 80,5%. Die Karpfen der Behandlungsgruppe Fettstufe I verdauten das im Futter enthaltene Fett mit 83,4% deutlich besser als die Karpfen der Behandlungsgruppe Fettstufe II. Auch bezüglich des Rohproteins konnte eine signifikant verbesserte Verdaulichkeit bei den Rationen mit geringerer Fettzufuhr im Vergleich zu den Rationen mit höherer Fettzulage festgehalten werden. Die CLA-Zulage hatte keinerlei Einfluss auf die bestimmten Verdaulichkeiten.

Übersicht 16: Verdaulichkeit der organischen Substanz, des Rohproteins, des Gesamtfetts und der Bruttoenergie (%) im Karpfenversuch I

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Org. Substanz				
Fettstufe I	80,2 ± 1,0	76,7 ± 0,9	79,9 ± 4,7	78,9 ± 3,0
Fettstufe II	81,8 ± 1,2	81,0 ± 3,8	79,1 ± 1,8	80,6 ± 2,4
Mittel	81,0 ± 1,3	78,8 ± 3,4	79,4 ± 3,0	79,7 ± 2,7
Rohprotein				
Fettstufe I	98,0 ± 0,1	97,6 ± 0,3	97,5 ± 1,1	97,7 ± 0,6^a
Fettstufe II	96,6 ± 0,8	96,6 ± 0,7	96,3 ± 1,0	96,5 ± 0,8^b
Mittel	97,2 ± 0,9	97,1 ± 0,7	96,8 ± 1,1	97,0 ± 0,9
Gesamtfett				
Fettstufe I	84,6 ± 0,5	83,5 ± 3,2	82,1 ± 4,5	83,4 ± 3,0^a
Fettstufe II	79,7 ± 4,0	77,4 ± 5,6	76,9 ± 7,1	78,0 ± 5,3^b
Mittel	82,2 ± 3,9	80,5 ± 5,3	79,5 ± 6,3	80,7 ± 5,0
Bruttoenergie				
Fettstufe I	82,3 ± 0,5	80,4 ± 1,8	81,6 ± 4,4	81,4 ± 2,5
Fettstufe II	80,7 ± 4,5	79,5 ± 4,6	78,1 ± 5,7	79,4 ± 4,6
Mittel	81,5 ± 3,3	80,0 ± 3,2	79,9 ± 5,1	80,5 ± 3,8

3.1.3 Lebendmasseentwicklung der Karpfen im Karpfenversuch I

Die Fische im Karpfenversuch I wiesen zu Versuchsbeginn ein einheitliches Gewicht von $450,4 \pm 87,5\text{g}$ auf (Übersicht 17). Im 16-wöchigen Versuchsverlauf ließen sich für keinen Wiegeabschnitt Differenzen in der Lebendmasseentwicklung statistisch sichern. Bei der Wägung zu Versuchsende konnten für alle Behandlungen relativ einheitliche mittlere Endgewichte von 1411 - 1546g festgestellt werden.

Übersicht 17: Lebendmasseentwicklung der Karpfen [g] im Verlauf des Karpfenversuchs I

	Behandlung					
	Fettstufe I			Fettstufe II		
	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Kontrolle	CLA 1	CLA 3
Versuchsbeginn	446,6 $\pm 77,1$	452,5 $\pm 94,6$	446,4 $\pm 91,2$	451,0 $\pm 95,2$	455,5 $\pm 76,5$	450,4 $\pm 92,9$
4. Woche	626,4 $\pm 103,5$	585,6 $\pm 113,7$	592,0 $\pm 112,4$	611,3 $\pm 116,7$	636,4 $\pm 94,6$	611,8 $\pm 107,1$
8. Woche	882,0 $\pm 151,0$	815,3 $\pm 185,2$	811,4 $\pm 140,4$	888,4 $\pm 195,1$	929,9 $\pm 124,2$	889,9 $\pm 146,8$
12. Woche	1208,4 $\pm 215,5$	1108,2 $\pm 257,0$	1111,3 $\pm 182,9$	1180,5 $\pm 285,7$	1207,4 $\pm 205,2$	1123,0 $\pm 218,7$
Versuchsende (16. Woche)	1543,2 $\pm 198,1$	1411,7 $\pm 253,2$	1467,1 $\pm 159,9$	1483,8 $\pm 204,7$	1546,1 $\pm 280,8$	1437,2 $\pm 159,1$

In Übersicht 18 sind die Mittelwerte und Randmittelwerte der Versuchsendgewichte [g] im Karpfenversuch I dargestellt. Die mittlere Lebendmasse der Karpfen der Behandlungsgruppe Fettstufe I war mit 1474g nahezu identisch mit der für die Fettstufe II ermittelten Lebendmasse von 1484g. Mit steigender CLA-Zulagehöhe konnte im Mittel beider Fettstufen eine tendenzielle Verringerung der Karpfengewichte beobachtet werden. So wogen die Karpfen der Futterrationen mit 1%iger CLA-Zulage mit durchschnittlich 1479g rund 2%, die Karpfen der Futterrationen mit 3%iger CLA-Zulage mit 1449g etwa 4% weniger als die Kontrolltiere mit einem mittleren Versuchsendgewicht von 1509g. Im Mittel erreichten die Karpfen zu Versuchsende $1478,9 \pm 215,4\text{g}$.

Übersicht 18: Mittelwerte und Randmittelwerte der Versuchsendgewichte [g] im Karpfenversuch I

	Kontrolle	CLA1	CLA 3	Mittel
Fettstufe I	1543,2 ± 198,1	1411,7 ± 253,2	1467,1 ± 159,9	1474,5 ± 212,9
Fettstufe II	1483,8 ± 204,7	1546,1 ± 280,8	1437,2 ± 159,1	1484,5 ± 219,3
Mittel	1509,3 ± 201,2	1478,9 ± 271,4	1448,8 ± 157,4	1478,9 ± 215,4

3.1.4 Leistungsparameter im Karpfenversuch I

3.1.4.1 Tägliche Zunahmen im Karpfenversuch I

Wie aus Übersicht 19 ersichtlich ist, waren die täglichen Zunahmen der Karpfen bis zur Zwischenschlachtung nach der 12. Versuchswoche relativ uneinheitlich. Die hier auftretenden Signifikanzen waren jedoch keinem eindeutigen Effekt zuzuordnen. Aufgrund der Reduzierung der Fütterungsintensität im Anschluss an die 12. Versuchswoche stagnierten die täglichen Zunahmen im Versuchsverlauf. Zwischen der 12. - 16. Versuchswoche waren die täglichen Zunahmen der Karpfen aller Rationen ausgeglichen und betragen im Mittel 11,2g. Im Versuchsmittel konnte kein rationsbedingter Einfluss auf die täglichen Zunahmen der Karpfen festgestellt werden.

Übersicht 19: Tägliche Zunahmen der Karpfen [g] im Verlauf des Karpfenversuchs I sowie im Versuchsmittel

	Behandlung					
	Fettstufe I			Fettstufe II		
	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Kontrolle	CLA 1	CLA 3
1. – 4. Woche	6,42 ^a ± 1,49	5,12 ^b ± 1,79	5,20 ^b ± 1,12	5,73 ^{ab} ± 1,58	6,46 ^a ± 1,40	5,76 ^{ab} ± 1,34
4. – 8. Woche	9,13 ^{ab} ± 2,52	7,83 ^b ± 2,77	7,84 ^b ± 1,56	10,05 ^a ± 3,51	10,48 ^a ± 2,44	10,14 ^a ± 2,33
8. – 12. Woche	11,66 ^a ± 3,01	10,46 ^a ± 3,20	10,71 ^a ± 2,44	10,43 ^a ± 4,14	9,91 ^a ± 4,92	8,33 ^b ± 3,85
12. – 16. Woche	11,74 ± 3,78	11,03 ± 3,54	11,47 ± 2,59	11,06 ± 2,77	11,84 ± 4,86	10,31 ± 2,85
Versuchsmittel	9,67 ± 1,88	8,47 ± 2,13	8,96 ± 1,30	9,30 ± 1,71	9,46 ± 2,35	8,57 ± 1,71

3.1.4.2 Futterverwertung der Karpfen im Karpfenversuch I

Übersicht 20 zeigt die Futterverwertung der Karpfen im Versuchsverlauf sowie im Versuchsdurchschnitt. Für sämtliche Wiegeabschnitte errechnete sich im Behandlungsmittel eine Futterverwertung von 1,1g Futter je g Zuwachs. Die entsprechend den täglichen Zunahmen auftretenden Schwankungen zwischen den Rationen verringerten sich ebenfalls im Anschluss an die Zwischenschlachtung. Im Versuchsmittel waren die Daten für die Futterverwertung mit 1,07 - 1,18 g Futter/g Zuwachs sehr ähnlich, so dass kein Rationseinfluss zu erkennen war.

Übersicht 20: Futterverwertung der Karpfen [g Futter T/g Zuwachs] im Verlauf des Karpfenversuchs I sowie im Versuchsmittel

	Behandlung					
	Fettstufe I			Fettstufe II		
	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Kontrolle	CLA 1	CLA 3
1. – 4. Woche	0,97 ± 0,05	1,30 ± 0,39	1,20 ± 0,40	1,11 ± 0,12	0,99 ± 0,03	1,10 ± 0,11
4. – 8. Woche	1,15 ± 0,13	1,33 ± 0,45	1,26 ± 0,44	1,08 ± 0,09	1,02 ± 0,12	1,03 ± 0,04
8. – 12. Woche	0,90 ± 0,05	0,95 ± 0,18	0,93 ± 0,14	1,07 ± 0,19	1,22 ± 0,57	1,34 ± 0,43
12. – 16. Woche	1,17 ± 0,15	1,12 ± 0,05	1,19 ± 0,04	1,19 ± 0,13	1,15 ± 0,15	1,23 ± 0,13
Versuchsmittel	1,07 ± 0,08	1,14 ± 0,15	1,18 ± 0,13	1,10 ± 0,08	1,10 ± 0,06	1,17 ± 0,12

3.1.4.3 Spezifische Wachstumsrate (a) der Karpfen im Karpfenversuch I

Entsprechend den übrigen Wachstumsparametern konnte auch bei der spezifischen Wachstumsrate a kein Behandlungseffekt beobachtet werden. Im Mittel erreichten die Karpfen während des Versuchs eine Wachstumsrate von 1,2 % (Übersicht 21).

Übersicht 21: Mittlere spezifische Wachstumsrate der Karpfen im Karpfenversuch I

	Behandlung					
	Fettstufe I			Fettstufe II		
	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Kontrolle	CLA 1	CLA 3
Versuchsmittel	1,21 ± 0,20	1,14 ± 0,23	1,17 ± 0,12	1,24 ± 0,17	1,19 ± 0,22	1,16 ± 0,20

3.1.5 Schlachtkörperzusammensetzung der Karpfen zu Versuchsbeginn im Karpfenversuch I

In Übersicht 22 sind die Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Fische zu Versuchsbeginn (Nullgruppe) aufgetrennt nach Filet (ohne Haut), Innereien und Restkörper und die prozentualen Anteile dieser Teilstücke am Ganzkörper dargestellt. Das mittlere Schlachtgewicht von 444g entsprach ziemlich genau den durchschnittlichen Lebendmassen bei Beginn des Karpfenversuchs I von 450g.

Übersicht 22: Trockenmasse- und Nährstoffgehalte von Filet (ohne Haut), Innereien, Restkörper und Ganzkörper der Karpfen zu Beginn des Karpfenversuchs I (% i. d. Frischmasse) sowie Anteile (%) von Filet, Innereien und Restkörper am Ganzkörper (Schlachtgewicht in g)

	Filet	Innereien	Restkörper	Ganzkörper
Anteile	31,4 ± 3,2	12,6 ± 2,3	55,8 ± 2,8	444,3 ± 86,7
Trockenmasse	27,1	34,1	39,0	34,6
Rohasche	0,9	1,9	3,5	2,5
Gesamtfett	7,6	13,6	20,1	15,3
Rohprotein	18,5	17,6	14,9	16,3

3.1.6 Schlachtkörperzusammensetzung der Karpfen bei der Zwischenschlachtung im Karpfenversuch I

3.1.6.1 Schlachtgewichte und Anteile der Körperfraktionen der Karpfen bei der Zwischenschlachtung im Karpfenversuch I

Das Schlachtgewicht und die Anteile von Filet (ohne Haut), Innereien und Restkörper wiesen bei der Zwischenschlachtung keine signifikanten Unterschiede zwischen den Behandlungen auf (Übersicht 23). Aufgrund der relativ geringen Zahl an geschlachteten Tieren pro Becken waren die erhaltenen Daten wenig einheitlich. Beispielsweise lag das mittlere Schlachtgewicht der Behandlung Fettstufe I mit 3%iger CLA-Zulage mit 1086g etwa 110g unter dem der übrigen Behandlungen mit durchschnittlich 1200g. Hieraus resultierte wiederum ein im Vergleich zu den anderen Rationen erhöhter Restkörper- sowie ein geringerer Filetanteil.

Übersicht 23: Mittlere Schlachtgewichte [g] und Anteile von Filet (ohne Haut), Innereien und Restkörper am Gesamtkörper [%]

	Behandlung					
	Fettstufe I			Fettstufe II		
	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Kontrolle	CLA 1	CLA 3
Schlachtgewicht	1195,2 ± 313,2	1257,3 ± 280,7	1086,6 ± 273,4	1275,9 ± 378,6	1206,2 ± 239,6	1181,7 ± 264,2
Anteil Filet	36,7 ± 0,7	34,6 ± 4,3	30,4 ± 3,4	33,2 ± 3,2	36,6 ± 2,1	35,4 ± 0,8
Anteil Innereien	12,7 ± 1,0	13,5 ± 2,9	14,0 ± 3,0	14,2 ± 2,1	11,6 ± 0,8	14,4 ± 1,0
Anteil Restkörper	49,6 ± 1,6	50,8 ± 1,8	54,4 ± 5,6	51,9 ± 1,9	50,9 ± 1,4	49,7 ± 1,7

Die Mittelwerte und Randmittelwerte der Schlachtkörperfraktionen sind in Übersicht 24 zusammengefasst. Im Durchschnitt aller Behandlungen betrug der Filetanteil 34,5%, der Innereienanteil 13,5% und der Anteil des Restkörpers am Schlachtkörper 51,2%. Ein gesicherter Einfluss auf die jeweiligen Körperfraktionen konnte weder durch den variierenden Fettgehalt, noch durch die CLA-Zulage festgestellt werden.

Übersicht 24: Mittelwerte und Randmittelwerte der Anteile der Filets (ohne Haut), Innereien und Restkörper am Gesamtkörper [%]

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Filet				
Fettstufe I	36,7 ± 0,7	34,6 ± 4,3	30,4 ± 3,4	33,9 ± 3,9
Fettstufe II	33,2 ± 3,2	36,6 ± 2,1	35,4 ± 0,8	35,0 ± 2,5
Mittel	35,0 ± 2,9	35,6 ± 3,2	32,9 ± 3,4	34,5 ± 3,2
Innereien				
Fettstufe I	12,7 ± 1,0	13,5 ± 2,9	14,0 ± 3,0	13,4 ± 2,2
Fettstufe II	14,2 ± 2,1	11,6 ± 0,8	14,4 ± 1,0	13,6 ± 1,8
Mittel	13,5 ± 1,8	12,5 ± 2,2	14,2 ± 1,9	13,5 ± 1,9
Restkörper				
Fettstufe I	49,6 ± 1,6	50,8 ± 1,8	54,4 ± 5,6	51,6 ± 3,7
Fettstufe II	51,9 ± 1,9	50,9 ± 1,4	49,7 ± 1,7	50,8 ± 1,8
Mittel	50,8 ± 2,0	50,8 ± 1,5	52,1 ± 4,3	51,2 ± 2,8

3.1.6.2 Nährstoffgehalte der Körperfraktionen der Karpfen bei der Zwischenschlachtung im Karpfenversuch I

3.1.6.2.1 Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Filets

Die Filets der Fettstufe II wiesen mit 28,5% einen deutlich höheren Trockenmassegehalt auf als die Filets der Behandlungsgruppe Fettstufe I mit 26,5% (Übersicht 25). Auch der gesteigerte Fettanteil in den Filets der Fütterungsvarianten der Fettstufe II konnte mit 9,6% Gesamtfett gegenüber denen der Fettstufe I mit 7,5% statistisch gesichert werden. Der Gehalt an Rohasche von durchschnittlich 1,0% und an Rohprotein von durchschnittlich 17,5% im Filet blieb von der Fettzulage unbeeinflusst. Zudem konnte durch die CLA-Zulage ein tendenziell niedrigerer Trockenmasse- und Fettgehalt im Filet von 25,5% bzw. 6,4% bei der Behandlung Fettstufe I mit 3%iger CLA-Zulage gegenüber den verbleibenden Rationen der gleichen Fettstufe beobachtet werden. Bei anderen Nährstofffraktionen des Filets zeigte die CLA-Zulage keinen Effekt.

Übersicht 25: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Filets bei der Zwischenschlachtung (% der Frischsubstanz)

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Trockenmasse				
Fettstufe I	27,8 ± 1,8 ^{ab}	26,3 ± 0,6 ^{ab}	25,5 ± 1,7 ^b	26,5 ± 1,6^b
Fettstufe II	28,4 ± 0,6 ^{ab}	29,0 ± 1,2 ^a	28,3 ± 1,3 ^{ab}	28,5 ± 0,9^a
Mittel	28,1 ± 1,2	27,6 ± 1,7	26,9 ± 2,0	27,5 ± 1,6
Rohasche				
Fettstufe I	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,1 ± 0,1	1,0 ± 0,0
Fettstufe II	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,1	1,0 ± 0,0
Mittel	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,1	1,0 ± 0,0
Gesamtfett				
Fettstufe I	8,8 ± 1,5 ^{ab}	7,5 ± 1,2 ^{ab}	6,4 ± 1,5 ^b	7,5 ± 1,6^b
Fettstufe II	9,5 ± 1,1 ^{ab}	10,1 ± 1,0 ^a	9,4 ± 1,7 ^{ab}	9,6 ± 1,1^a
Mittel	9,2 ± 1,2	8,8 ± 1,7	7,9 ± 2,2	8,6 ± 1,7
Rohprotein				
Fettstufe I	17,5 ± 0,5	17,5 ± 0,4	17,4 ± 0,3	17,5 ± 0,3
Fettstufe II	17,4 ± 0,3	17,4 ± 0,1	17,6 ± 0,4	17,5 ± 0,3
Mittel	17,4 ± 0,4	17,4 ± 0,3	17,5 ± 0,3	17,5 ± 0,3

3.1.6.2.2 Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Innereien

Entsprechend den Ausführungen beim Filet zeigten auch die Innereien der Karpfen der Rationen Fettstufe II einen deutlich höheren Trockenmasse- und Fettgehalt im Vergleich zu den Karpfen, welche die geringere Fettdosis im Futter erhielten. So konnten für die Behandlungsgruppe Fettstufe II Trockenmasse- bzw. Fettanteile von 41,7% bzw. 25,0% gegenüber der Behandlungsgruppe I mit 35,8% bzw. 17,2% analysiert werden (Übersicht 26). Die Rohasche- und Rohproteingehalte waren bei allen Rationen vergleichbar und betragen im Mittel 1,3% bzw. 15,6% der Innereien. Auch hier zeigte die CLA-Zulage zumindest tendenzielle Auswirkungen auf die chemische Zusammensetzung der Innereien. Bei der Behandlung Fettstufe I mit 3%iger CLA-Zulage war erneut der Trockenmasse- und Fettgehalt der Innereien mit 34,0% und 13,8% gegenüber den übrigen Rationen der Fettstufe I reduziert.

Übersicht 26: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Innereien bei der Zwischenschlachtung (% der Frischsubstanz)

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Trockenmasse				
Fettstufe I	37,0 ± 1,1 ^{ab}	36,5 ± 5,7 ^b	34,0 ± 3,6 ^b	35,8 ± 3,7^b
Fettstufe II	40,9 ± 1,7 ^{ab}	46,5 ± 5,1 ^a	37,6 ± 1,6 ^b	41,7 ± 4,1^a
Mittel	39,0 ± 2,5	41,5 ± 7,3	35,8 ± 3,1	38,8 ± 4,9
Rohasche				
Fettstufe I	1,3 ± 0,1	1,2 ± 0,4	1,4 ± 0,1	1,3 ± 0,2
Fettstufe II	1,5 ± 0,4	1,0 ± 0,3	1,2 ± 0,2	1,3 ± 0,3
Mittel	1,4 ± 0,3	1,1 ± 0,3	1,3 ± 0,2	1,3 ± 0,3
Gesamtfett				
Fettstufe I	19,3 ± 1,5 ^b	18,7 ± 9,0 ^b	13,8 ± 6,3 ^b	17,2 ± 6,1^b
Fettstufe II	23,2 ± 3,8 ^{ab}	31,6 ± 5,9 ^a	20,2 ± 3,0 ^b	25,0 ± 5,6^a
Mittel	21,3 ± 3,5	25,2 ± 9,8	17,0 ± 5,4	21,2 ± 7,0
Rohprotein				
Fettstufe I	15,6 ± 1,0	15,7 ± 3,1	18,2 ± 2,6	16,5 ± 2,4
Fettstufe II	15,3 ± 2,9	13,3 ± 0,7	15,6 ± 1,7	14,8 ± 2,1
Mittel	15,5 ± 2,2	14,5 ± 2,4	16,9 ± 2,4	15,6 ± 2,4

3.1.6.2.3 Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Restkörpers

Wie aus Übersicht 27 ersichtlich ist, lässt sich auch bei der Fraktion Restkörper eine grundlegende Veränderung der Nährstoffzusammensetzung durch die höhere Fettzulage festhalten. So waren der Trockenmasse- und Fettanteil im Restkörper der Behandlungsgruppe Fettstufe II im Vergleich zur Behandlungsgruppe Fettstufe I deutlich erhöht. Im Gegenzug dazu verringerte sich der Rohasche- und Rohproteingehalt signifikant durch die Applikation des fettreicheren Futters von 3,3% auf 2,8% bzw. von 15,2% auf 14,7%. Wiederholt war bei der Fütterungsvariante Fettstufe I mit 3%iger CLA-Zulage sowohl der Trockenmasse- als auch Fettgehalt im Restkörper mit 36,4% bzw. 17,5% im Vergleich zu den anderen Rationen derselben Fettstufe reduziert. Die Differenz im Fettgehalt konnte zusätzlich statistisch gesichert werden.

Übersicht 27: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Restkörpers bei der Zwischenschlachtung (% der Frischsubstanz)

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Trockenmasse				
Fettstufe I	37,6 ± 0,6 ^{bc}	38,5 ± 2,2 ^{abc}	36,4 ± 2,3 ^c	37,5 ± 1,7^b
Fettstufe II	39,8 ± 0,5 ^{ab}	40,8 ± 0,5 ^a	40,2 ± 1,5 ^{ab}	40,3 ± 1,0^a
Mittel	38,7 ± 1,3	39,7 ± 1,7	38,3 ± 2,6	38,9 ± 1,9
Rohasche				
Fettstufe I	3,5 ± 0,3 ^a	3,4 ± 0,1 ^{ab}	3,1 ± 0,4 ^{ab}	3,3 ± 0,3^a
Fettstufe II	2,7 ± 0,2 ^b	2,9 ± 0,2 ^{ab}	2,9 ± 0,2 ^{ab}	2,8 ± 0,2^b
Mittel	3,0 ± 0,5	3,1 ± 0,3	3,0 ± 0,3	3,0 ± 0,3
Gesamtfett				
Fettstufe I	19,2 ± 0,3 ^b	19,6 ± 1,4 ^b	17,5 ± 1,2 ^c	18,8 ± 1,4^b
Fettstufe II	22,2 ± 0,4 ^a	23,0 ± 0,4 ^a	22,8 ± 1,5 ^a	22,6 ± 0,9^a
Mittel	20,7 ± 1,6	21,3 ± 2,1	20,2 ± 3,1	20,7 ± 2,3
Rohprotein				
Fettstufe I	15,3 ± 0,4	14,6 ± 0,2	15,4 ± 0,9	15,2 ± 0,6^a
Fettstufe II	14,7 ± 0,5	14,8 ± 0,3	14,5 ± 0,4	14,7 ± 0,4^b
Mittel	15,0 ± 0,5	14,7 ± 0,2	15,0 ± 0,7	14,9 ± 0,5

3.1.6.3 Trockenmasse- und Nährstoffgehalte im Ganzkörper

Da sich der Ganzkörper rechnerisch aus den zuvor erwähnten Schlachtkörperfraktionen multipliziert mit den jeweiligen Fraktionsanteilen zusammensetzt, finden sich hier ähnliche Ergebnisse. Ebenfalls konnten hier ein gesteigerter Trockenmasse- und Fettgehalt der Karpfenganzkörper der Fettstufe II mit 36,0% und 18,2% gegenüber den der Fettstufe I mit 33,0 bzw. 14,5% beobachtet werden (Übersicht 28). Ferner zeigten die Karpfenganzkörper der Fettstufe II einen niedrigeren Rohasche- sowie Rohproteingehalt im Vergleich zur Fettstufe I. Alle diese Unterschiede ließen sich statistisch sichern. Innerhalb der Behandlungsgruppe Fettstufe I bewirkte auch hier die 3%ige CLA-Zulage eine Reduktion des Trockenmasse- und Fettanteils am Ganzkörper. Bei allen anderen Behandlungen zeigte die CLA-Zulage keinen Einfluss auf die chemische Zusammensetzung der Karpfen.

Übersicht 28: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Ganzkörpers bei der Zwischenschlachtung (% in der Frischsubstanz)

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Trockenmasse				
Fettstufe I	33,6 ± 0,5 ^{bc}	33,3 ± 1,5 ^{bc}	32,2 ± 2,3 ^c	33,0 ± 1,5^b
Fettstufe II	35,9 ± 0,2 ^{ab}	36,8 ± 1,0 ^a	35,4 ± 1,3 ^{ab}	36,0 ± 1,0^a
Mittel	34,8 ± 1,3	35,0 ± 2,2	33,8 ± 2,3	34,5 ± 1,9
Rohasche				
Fettstufe I	2,3 ± 0,1	2,1 ± 0,1	2,2 ± 0,3	2,2 ± 0,2^a
Fettstufe II	1,9 ± 0,1	2,0 ± 0,1	2,0 ± 0,1	2,0 ± 0,1^b
Mittel	2,1 ± 0,2	2,1 ± 0,1	2,1 ± 0,2	2,1 ± 1,9
Gesamtfett				
Fettstufe I	15,2 ± 0,3 ^{bc}	14,9 ± 1,9 ^{bc}	13,3 ± 2,2 ^c	14,5 ± 1,7^b
Fettstufe II	17,9 ± 0,7 ^{ab}	19,1 ± 1,1 ^a	17,5 ± 1,3 ^{ab}	18,1 ± 1,1^a
Mittel	16,6 ± 1,5	17,0 ± 2,7	15,4 ± 2,8	16,3 ± 1,9
Rohprotein				
Fettstufe I	16,0 ± 0,3	15,7 ± 0,4	16,3 ± 0,4	16,0 ± 0,4^a
Fettstufe II	15,6 ± 0,5	15,4 ± 0,2	15,7 ± 0,1	15,6 ± 0,3^b
Mittel	15,8 ± 0,5	15,5 ± 0,3	16,0 ± 0,4	15,8 ± 1,9

3.1.7 Schlachtkörperzusammensetzung der Karpfen bei der Schlachtung zu Versuchsende im Karpfenversuch I

3.1.7.1 Schlachtgewichte und Anteile der Körperfraktionen der Karpfen bei der Schlachtung zu Versuchsende im Karpfenversuch I

Das mittlere Schlachtgewicht der Karpfen lag mit 1412g um durchschnittlich 65g unter den ermittelten Lebendgewichten und etwa 212g höher als bei der Zwischenschlachtung nach der 12. Versuchswoche (Übersicht 29). Sowohl die Schlachtgewichte als auch die Anteile der Körperfraktionen Filet (ohne Haut), Innereien und Restkörper ließen keinen Einfluss durch die einzelnen Rationen erkennen.

Übersicht 29: Mittlere Schlachtgewichte [g] und Anteile von Filet (ohne Haut), Innereien und Restkörper am Gesamtkörper [%]

	Behandlung					
	Fettstufe I			Fettstufe II		
	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Kontrolle	CLA 1	CLA 3
Schlachtgewicht	1451,3 ± 191,2	1415,3 ± 172,8	1385,5 ± 150,0	1408,0 ± 194,3	1464,9 ± 257,3	1348,8 ± 155,9
Anteil Filet	37,0 ± 0,9	36,2 ± 0,9	36,8 ± 0,9	37,4 ± 1,4	36,6 ± 1,4	36,7 ± 1,1
Anteil Innereien	12,6 ± 1,0	11,9 ± 0,6	12,2 ± 0,9	13,5 ± 1,4	13,5 ± 1,6	14,1 ± 1,2
Anteil Restkörper	49,2 ± 1,7	51,0 ± 1,5	49,8 ± 1,8	47,8 ± 0,6	48,7 ± 2,5	48,3 ± 1,3

Wie aus Übersicht 30 ersichtlich ist, betrug der Filetanteil im Mittel 36,8%, der Innereienanteil 13,0% und der Anteil des Restkörpers am Ganzkörper 49,2%.

Übersicht 30: Mittelwerte und Randmittelwerte der Anteile der Filets (ohne Haut), Innereien und Restkörper am Gesamtkörper [%]

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Filet				
Fettstufe I	37,0 ± 0,9	36,2 ± 0,9	36,8 ± 0,9	36,6 ± 0,9
Fettstufe II	37,4 ± 1,4	36,6 ± 1,4	36,7 ± 1,1	36,9 ± 1,2
Mittel	37,2 ± 1,1	36,4 ± 1,3	36,7 ± 1,0	36,8 ± 1,0
Innereien				
Fettstufe I	12,6 ± 1,0	11,9 ± 0,6	12,2 ± 0,9	12,2 ± 0,8^b
Fettstufe II	13,5 ± 1,4	13,5 ± 1,6	14,1 ± 1,2	13,7 ± 1,3^a
Mittel	13,1 ± 1,3	12,7 ± 1,4	13,2 ± 1,0	13,0 ± 1,3
Restkörper				
Fettstufe I	49,2 ± 1,7	51,0 ± 1,5	49,8 ± 1,0	50,0 ± 1,6^a
Fettstufe II	47,8 ± 0,6	48,7 ± 2,5	48,3 ± 1,3	48,3 ± 1,4^b
Mittel	48,5 ± 1,3	49,9 ± 2,2	49,1 ± 1,4	49,2 ± 1,7

Für die Karpfen der Behandlungsgruppe Fettstufe II konnte ein signifikant höherer Anteil an Innereien von 13,7% gegenüber 12,2% bei der Behandlungsgruppe I

beobachtet werden. Weiterhin war bei vergleichbaren Filetanteilen die Restkörperfraktion der Fische der Fettstufe II mit 48,3% deutlich geringer ausgeprägt. Durch die CLA-Zulage konnte kein Effekt auf die Anteile der Körperfraktionen erwirkt werden.

3.1.7.2 Nährstoffgehalte der Körperfraktionen der Karpfen bei der Schlachtung zu Versuchsende im Karpfenversuch I

3.1.7.2.1 Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Filets

In Übersicht 31 sind die Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Filets der Karpfen bei der Schlachtung zu Versuchsende dargestellt. Der durchschnittliche Trockenmassegehalt im Filet lag bei 28,1%, Rohasche war im Mittel zu 0,9%, Gesamtfett zu 9,4% und Rohprotein zu 17,7% enthalten. Im Vergleich zur Zwischenschlachtung war die Zusammensetzung dieser Schlachtkörperfraktion bis auf den geringfügig höheren Fettanteil von 9,4% gegenüber 8,7% bei der Zwischenschlachtung sehr ähnlich.

Übersicht 31: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Filets bei der Schlachtung zu Versuchsende (% der Frischsubstanz)

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Trockenmasse				
Fettstufe I	27,2 ± 0,6 ^{bc}	27,1 ± 1,0 ^{bc}	25,6 ± 0,5 ^c	26,6 ± 1,0^b
Fettstufe II	30,2 ± 1,2 ^a	29,2 ± 1,2 ^a	28,9 ± 0,7 ^{ab}	29,5 ± 1,4^a
Mittel	28,7 ± 1,9	28,2 ± 1,5	27,3 ± 1,9	28,1 ± 1,8
Rohasche				
Fettstufe I	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,2	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,1
Fettstufe II	0,9 ± 0,1	1,0 ± 0,0	0,9 ± 0,1	0,9 ± 0,1
Mittel	0,9 ± 0,1	1,0 ± 0,2	0,9 ± 0,1	0,9 ± 0,1
Gesamtfett				
Fettstufe I	8,2 ± 0,4 ^b	8,3 ± 0,8 ^b	6,8 ± 0,6 ^b	7,8 ± 0,9^b
Fettstufe II	11,9 ± 1,2 ^a	10,8 ± 1,1 ^a	10,4 ± 0,6 ^a	11,0 ± 1,4^a
Mittel	10,1 ± 2,1	9,6 ± 1,6	8,6 ± 2,0	9,4 ± 1,9
Rohprotein				
Fettstufe I	17,8 ± 0,3	17,7 ± 0,6	17,9 ± 0,1	17,8 ± 0,4
Fettstufe II	17,5 ± 0,2	17,5 ± 0,4	17,6 ± 0,4	17,5 ± 0,3
Mittel	17,6 ± 0,3	17,6 ± 0,5	17,7 ± 0,4	17,7 ± 0,4

Auch bei der Schlachtung zu Versuchsende konnte der höhere Trockenmasse- und Fettanteil im Filet der Karpfen der Behandlungsgruppe II im Vergleich zu denen, welche die geringere Fettdosis über das Futter erhielten, statistisch gesichert werden. Die Rohasche- und Rohproteingehalte im Filet waren dagegen zwischen den Behandlungen wenig unterschiedlich. Durch die 3%ige CLA-Zulage wurde wiederum der Trockenmasse- und Gesamtfettanteil im Filet der Behandlungsgruppe I von rund 27,1% auf 25,6% bzw. von etwa 8,2% auf 6,8% reduziert. Somit war der Fettgehalt im Filet der Karpfen der Behandlung Fettstufe I mit 3%iger CLA-Zulage um durchschnittlich 18% gegenüber den Vergleichsrationen ohne bzw. mit 1%iger CLA-Zulage geringer. Innerhalb der Fettstufe II zeigte die CLA-Zulage keine Auswirkung auf die chemische Zusammensetzung des Filets.

3.1.7.2.2 Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Innereien

Die chemische Zusammensetzung der Innereien bei der Schlachtung zu Versuchsende stimmte weitestgehend mit den Ergebnissen bei der Zwischenschlachtung überein. Lediglich der Fett- und der Trockenmasseanteil der Innereien zu Versuchsende war gegenüber der Zwischenschlachtung geringfügig niedriger. Im Mittel konnte für die Innereien ein Trockenmassegehalt von 36,7% sowie ein Gehalt an Rohasche von 1,7%, an Gesamtfett von 18,6% und an Rohprotein von 16,0% analysiert werden (Übersicht 32). Auch bei dieser Schlachtung zeigte sich eine deutliche Beeinflussung der chemischen Zusammensetzung der Innereien durch den höheren Fettgehalt des Futter. So stieg der Trockenmasse- und Gesamtfettanteil von 34,1% bzw. 15,9% auf 39,2% bzw. 21,2% in den Innereien der Karpfen der Fettstufe II gegenüber der Fettstufe I deutlich an. Sowohl der Rohasche- als auch der Rohproteinanteil der Innereien war von der Höhe der Fettzulage in diesem Bereich unabhängig. Die tendenziell verringerte Einlagerung von Fett in das Gewebe bei 3%iger Zulage an CLA in der Fettstufe I konnte ebenfalls bei den Innereien beobachtet werden. Der Gesamtfettgehalt der Innereien bei der Schlachtung zu Versuchsende reduzierte sich von durchschnittlich 16,7% bei 0%- und 1%iger CLA-Zulage auf 14,3% bei 3%iger CLA-Zulage, gleichzeitig war der Trockenmasseanteil mit 32,7% gegenüber 34,9% etwas verringert.

Übersicht 32: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Innereien bei der Schlachtung zu Versuchsende (% der Frischsubstanz)

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Trockenmasse				
Fettstufe I	35,3 ± 2,2 ^b	34,5 ± 1,4 ^b	32,7 ± 1,3 ^b	34,1 ± 1,9^b
Fettstufe II	39,5 ± 2,2 ^a	38,9 ± 1,4 ^a	39,2 ± 1,4 ^a	39,2 ± 1,5^a
Mittel	37,4 ± 3,0	36,7 ± 2,7	36,0 ± 3,7	36,7 ± 3,0
Rohasche				
Fettstufe I	1,8 ± 0,5	1,6 ± 0,1	1,8 ± 0,2	1,7 ± 0,3
Fettstufe II	1,8 ± 0,5	1,6 ± 0,3	1,6 ± 0,2	1,7 ± 0,3
Mittel	1,8 ± 0,5	1,6 ± 0,2	1,7 ± 0,2	1,7 ± 0,3
Gesamtfett				
Fettstufe I	16,6 ± 2,5 ^{ab}	16,8 ± 1,3 ^{ab}	14,3 ± 2,4 ^b	15,9 ± 2,2^b
Fettstufe II	21,5 ± 3,7 ^a	20,5 ± 0,9 ^a	21,4 ± 1,3 ^a	21,2 ± 2,0^a
Mittel	19,1 ± 4,0	18,7 ± 2,3	17,9 ± 4,1	18,6 ± 3,5
Rohprotein				
Fettstufe I	16,5 ± 0,8	15,7 ± 0,7	16,4 ± 1,4	16,3 ± 0,9
Fettstufe II	15,7 ± 1,5	16,3 ± 1,6	15,7 ± 1,1	15,9 ± 1,3
Mittel	16,1 ± 1,2	16,0 ± 1,2	16,0 ± 1,2	16,0 ± 1,1

3.1.7.2.3 Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Restkörpers

Bezüglich der chemischen Zusammensetzung des Restkörpers unterschieden sich die Daten bei der Zwischenschlachtung und bei der Schlachtung zu Versuchsende nur unwesentlich. Der Restkörper wies im Behandlungsmittel einen Trockenmassegehalt von 40,1% auf (Übersicht 33). Weiterhin konnten durchschnittlich ein Rohascheanteil von 3,4% sowie ein Anteil an Gesamtfett von 21,4% und an Rohprotein von 14,9% analysiert werden. Bei der Behandlungsgruppe Fettstufe II war der Restkörper mit 23,5% deutlich stärker verfettet als bei den Karpfen der Behandlungsgruppe I mit 19,3%. Gleichzeitig ließen sich ein erhöhter Trockenmassegehalt sowie niedrigere Rohasche- und Rohproteingehalte der Behandlungsgruppe Fettstufe II im Vergleich zur Behandlungsgruppe Fettstufe I festhalten. Die CLA-Zulage hatte keinen Einfluss auf die chemische Zusammensetzung des Restkörpers.

Übersicht 33: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Restkörpers bei der Schlachtung zu Versuchsende (% der Frischsubstanz)

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Trockenmasse				
Fettstufe I	37,9 ± 0,6 ^c	39,2 ± 0,1 ^b	38,2 ± 1,8 ^c	38,4 ± 1,1^b
Fettstufe II	42,5 ± 0,5 ^a	41,2 ± 1,4 ^a	41,3 ± 0,6 ^a	41,7 ± 1,0^a
Mittel	40,2 ± 0,5	40,2 ± 1,4	39,8 ± 2,2	40,1 ± 2,0
Rohasche				
Fettstufe I	3,6 ± 0,1	3,6 ± 0,2	3,6 ± 0,2	3,6 ± 0,2^a
Fettstufe II	3,4 ± 0,2	3,3 ± 0,1	3,2 ± 0,1	3,3 ± 0,2^b
Mittel	3,5 ± 0,2	3,4 ± 0,2	3,4 ± 0,2	3,4 ± 0,2
Gesamtfett				
Fettstufe I	19,1 ± 0,3 ^c	20,5 ± 0,7 ^{bc}	18,4 ± 1,6 ^c	19,3 ± 1,3^b
Fettstufe II	24,3 ± 1,1 ^a	22,8 ± 2,7 ^{ab}	23,3 ± 0,9 ^{ab}	23,5 ± 1,7^a
Mittel	21,7 ± 2,9	21,7 ± 2,2	20,9 ± 2,8	21,4 ± 2,6
Rohprotein				
Fettstufe I	14,9 ± 0,4 ^{bc}	15,4 ± 0,2 ^{ab}	15,8 ± 0,6 ^a	15,4 ± 0,6^a
Fettstufe II	14,5 ± 0,3 ^c	14,6 ± 0,2 ^c	14,4 ± 0,3 ^c	14,5 ± 0,3^b
Mittel	14,7 ± 0,4	14,9 ± 0,5	15,0 ± 0,9	14,9 ± 0,6

3.1.7.3 Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Ganzkörper

Die Ganzkörperzusammensetzung der Karpfen bei der Zwischenschlachtung und der Schlachtung zu Versuchsende war nahezu identisch. Wie aus Übersicht 34 zu entnehmen ist, betrug der mittlere Trockenmassegehalt in den Karpfen zu Versuchsende 34,9%, der Gehalt an Gesamtfett 16,6%. Die Bestimmung der Rohasche ergab im Durchschnitt einen Anteil von 2,2%, die des Rohproteins einen Anteil von 15,9% am Ganzkörper. In Anlehnung an die Zwischenschlachtung verfetteten die Karpfen der Behandlungsgruppe Fettstufe II mit durchschnittlich 18,3% Gesamtfett deutlich stärker als die Karpfen, welche die niedrigere Fettdosis erhielten. Des weiteren konnte auch der erhöhte Trockenmassegehalt sowie der verringerte Rohasche- und Rohproteinanteil der Karpfen der Fettstufe II im Vergleich zur Fettstufe I statistisch gesichert werden. Innerhalb der Fettstufe I führte die 3%ige CLA-Zulage, entsprechend den Ergebnissen bei der Zwischenschlachtung, erneut zur Reduktion des Trockenmasse- und Fettgehalts im Karpfen. Ansonsten zeigte die

CLA-Zulage keine Auswirkungen auf die chemische Zusammensetzung der Ganzkörper.

Übersicht 34: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Ganzkörpers bei der Schlachtung zu Versuchsende (% in der Frischsubstanz)

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Trockenmasse				
Fettstufe I	33,2 ± 0,7 ^{bc}	33,9 ± 0,6 ^b	32,0 ± 0,8 ^c	33,0 ± 1,0^b
Fettstufe II	37,0 ± 0,6 ^a	36,0 ± 1,2 ^a	36,1 ± 0,6 ^a	36,4 ± 0,8^a
Mittel	35,1 ± 2,1	35,0 ± 1,4	34,1 ± 2,3	34,7 ± 1,9
Rohasche				
Fettstufe I	2,3 ± 0,0	2,4 ± 0,8	2,3 ± 0,2	2,4 ± 0,1^a
Fettstufe II	2,2 ± 0,2	2,2 ± 0,1	2,1 ± 0,0	2,2 ± 0,1^b
Mittel	2,2 ± 0,1	2,3 ± 0,1	2,2 ± 0,2	2,2 ± 0,1
Gesamtfett				
Fettstufe I	14,5 ± 0,3 ^{bc}	15,5 ± 0,8 ^b	13,4 ± 0,8 ^c	14,5 ± 1,1^b
Fettstufe II	18,9 ± 0,9 ^a	17,8 ± 1,6 ^a	18,0 ± 0,5 ^a	18,3 ± 1,1^a
Mittel	16,7 ± 2,4	16,7 ± 1,7	15,7 ± 2,6	16,4 ± 1,9
Rohprotein				
Fettstufe I	16,0 ± 0,3 ^{ab}	16,1 ± 0,3 ^{ab}	16,5 ± 0,2 ^a	16,2 ± 0,3^a
Fettstufe II	15,6 ± 0,3 ^b	15,7 ± 0,3 ^b	15,6 ± 0,2 ^b	15,7 ± 0,2^b
Mittel	15,8 ± 0,3	15,9 ± 0,3	16,0 ± 0,3	15,9 ± 1,9

3.1.7.4 Fett- und Proteinansatz im Ganzkörper

Der höhere Fettgehalt in der Behandlungsgruppe Fettstufe II steigerte den Fettansatz der Karpfen von 1,17 g/d auf 1,68 g/d, was statistisch gesichert werden konnte (Übersicht 35). Während innerhalb der Fettstufe II die 3%ige CLA-Zulage nur zu einer numerischen Reduktion des Fettansatzes führte, verringerte sich der mittlere tägliche Fettansatz in der Behandlungsgruppe Fettstufe I durch die 3%ige CLA-Zulage (1,01g/d) um etwa 20% gegenüber der Kontrollration (1,28g/d). Der Proteinansatz betrug im Durchschnitt 1,33g/d und war weder von dem Fettgehalt der Diät noch von deren CLA-Gehalt beeinflusst.

Übersicht 35: Mittelwerte und Randmittelwerte des Fett- und Proteinansatzes im Versuchsmittel (g/d)

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Fettansatz				
Fettstufe I	1,28 ± 0,15 ^{bc}	1,21 ± 0,19 ^{bc}	1,01 ± 0,07 ^c	1,17 ± 0,17^b
Fettstufe II	1,77 ± 0,21 ^a	1,73 ± 0,37 ^a	1,56 ± 0,23 ^{ab}	1,68 ± 0,26^a
Mittel	1,53 ± 0,32	1,47 ± 0,39	1,29 ± 0,34	1,43 ± 0,34
Proteinansatz				
Fettstufe I	1,42 ± 0,13	1,26 ± 0,25	1,36 ± 0,13	1,35 ± 0,17
Fettstufe II	1,32 ± 0,10	1,41 ± 0,16	1,23 ± 0,13	1,32 ± 0,14
Mittel	1,37 ± 0,12	1,33 ± 0,21	1,30 ± 0,14	1,33 ± 0,15

3.2 Karpfenversuch II

3.2.1 Rationszusammensetzung im Karpfenversuch II

In Übersicht 36 sind die Trockenmasse-, Bruttoenergie- und Rohnährstoffgehalte der im Karpfenversuch II eingesetzten Fütterungsvarianten dargestellt. Der Trockenmassegehalt schwankte bei den unterschiedlichen Behandlungen nur geringfügig und betrug im Mittel 90,8%. Bei einem durchschnittlichen Rohascheanteil von 7,1% betrug der Gehalt an organischer Substanz im Mittel 83,7%. Die sechs Behandlungen waren sowohl isoenergetisch als auch isonitrogen. Durchschnittlich konnte bei einem Gesamtfettanteil von 13,3% ein Bruttoenergiegehalt von 20,6kJ/g Futter ermittelt werden. Der Rohproteingehalt lag im Behandlungsmittel bei 42,7%. Auch bezüglich der übrigen Nährstoffgehalte waren die Rationen weitgehend identisch. So kann im Durchschnitt aller Behandlungen ein Rohfaseranteil von 0,5% und ein Anteil an NfE von 27,2% im Futter angegeben werden.

Übersicht 36: Trockenmasse- (%), Bruttoenergie- (kJ/g FS) und Rohnährstoffgehalte (% d. FS) der Versuchsrationen im Karpfenversuch II

	Behandlung					Mittel
	Kontrolle	CLA-EE 2,5	CLA-EE 5,0	CLA-ME 2,5	CLA-ME 5,0	
T	90,1	90,9	91,3	91,8	89,9	90,8
GE	20,5	20,7	20,3	20,7	20,6	20,6
OS	83,1	83,8	84,2	84,7	82,8	83,7
XL	13,4	13,4	13,1	13,5	13,1	13,3
XP	42,6	42,7	42,7	42,5	43,1	42,7
XA	7,1	7,2	7,2	7,1	7,1	7,1
XF	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5
NfE	26,6	27,2	27,9	28,3	26,2	27,2

3.2.2 Verdaulichkeit der Versuchsrationen im Karpfenversuch II

Für den Karpfenversuch II konnten im Durchschnitt Verdaulichkeiten für die organische Substanz von 92,2%, für das Rohprotein von 90,6%, für das Gesamtfett von 89,6% und für die Bruttoenergie von 91,7% ermittelt werden. Die Verdaulich-

keitswerte lagen damit, mit Ausnahme des Rohproteins, etwa 10% über denen des Karpfenversuchs I. Im Karpfenversuch II zeigte die chemische Bindungsform der CLA-Zulage einen entscheidenden Einfluss auf die Verdaulichkeiten. So verdauten die Karpfen der Behandlungsgruppe Methylester beispielsweise das Gesamtfett mit 90,3% um etwa 4% besser als die Karpfen der Behandlungsgruppe Ethylester (Übersicht 37). Auch bezüglich der Verdaulichkeiten der organischen Substanz, des Rohproteins sowie der Bruttoenergie bestanden deutliche Unterschiede zugunsten des Methylesters. Die Höhe der CLA-Zulage hatte dagegen keinerlei Effekt auf die Verdaulichkeit der Versuchsrationen.

Übersicht 37: Verdaulichkeit der organischen Substanz, des Rohproteins, des Gesamtfetts und der Bruttoenergie (%) im Karpfenversuch II

	Kontrolle	CLA 2,5	CLA 5,0	Mittel
Org. Substanz				
Ethylester		91,0 ± 1,4	91,1 ± 0,7	91,0 ± 1,0^b
	92,7 ± 2,1			
Methylester		92,9 ± 0,5	92,8 ± 1,1	92,9 ± 0,8^a
Mittel	92,7 ± 2,1	91,9 ± 1,4	92,0 ± 1,3	92,2 ± 1,3
Rohprotein				
Ethylester		87,9 ± 2,5	89,6 ± 1,8	88,7 ± 2,2^b
	91,9 ± 2,7			
Methylester		91,0 ± 1,5	91,3 ± 1,7	91,1 ± 1,5^a
Mittel	91,9 ± 2,7	89,5 ± 2,5	90,4 ± 1,9	90,6 ± 2,2
Gesamtfett				
Ethylester		86,5 ± 4,1	85,6 ± 2,8	86,0 ± 3,3^b
	92,5 ± 2,5			
Methylester		91,2 ± 0,8	89,4 ± 1,3	90,3 ± 1,4^a
Mittel	92,5 ± 2,5	88,8 ± 3,8	87,5 ± 2,9	89,6 ± 3,4
Bruttoenergie				
Ethylester		90,2 ± 1,7	90,5 ± 1,4	90,3 ± 1,4^b
	92,4 ± 1,6			
Methylester		92,3 ± 1,0	92,4 ± 1,1	92,3 ± 1,4^a
Mittel	92,4 ± 1,6	91,3 ± 1,7	91,4 ± 1,6	91,7 ± 1,6

3.2.3 Lebendmasseentwicklung der Karpfen im Karpfenversuch II

Wie aus Übersicht 38 ersichtlich ist, waren die Karpfengewichte aller Behandlungen zu Versuchsbeginn sehr einheitlich und betragen im Mittel $501 \pm 72,6\text{g}$. Im folgenden 14wöchigen Versuchsverlauf zeigten die Karpfen der unterschiedlichen Rationen

keine Wachstumsunterschiede. Das durchschnittliche Lebendgewicht zu Versuchsende lag bei $1248,0 \pm 170,7\text{g}$.

Übersicht 38: Lebendmasseentwicklung der Karpfen [g] im Verlauf des Karpfenversuchs II

	Behandlung				
	Kontrolle	CLA-EE 2,5	CLA-EE 5,0	CLA-ME 2,5	CLA-ME 5,0
Versuchsbeginn	503,5 ± 69,5	496,5 ± 81,7	504,3 ± 63,4	502,8 ± 76,9	497,8 ± 74,3
4. Woche	728,2 ± 106,4	724,8 ± 101,1	734,0 ± 86,6	722,4 ± 115,4	729,0 ± 115,3
8. Woche	952,1 ± 149,2	958,0 ± 111,5	968,7 ± 132,8	966,6 ± 158,5	952,2 ± 138,0
12. Woche	1143,0 ± 188,3	1118,0 ± 116,4	1154,0 ± 162,1	1142,5 ± 215,5	1130,0 ± 164,8
Versuchsende (14. Woche)	1260,1 ± 213,9	1220,4 ± 127,6	1257,2 ± 178,3	1264,5 ± 206,9	1236,3 ± 182,0

In Übersicht 39 sind die Mittelwerte und Randmittelwerte der Versuchsendgewichte der Karpfen dargestellt. Auch bei der Wägung zu Versuchsende konnte kein Effekt sowohl durch die Höhe der CLA-Zulage als auch durch deren chemischen Bindungsform auf die Lebendmasse festgestellt werden.

Übersicht 39: Mittelwerte und Randmittelwerte der Versuchsendgewichte [g] im Karpfenversuch II

	Kontrolle	CLA 2,5	CLA 5,0	Mittel
Ethylester	1260,1 ± 213,9	1220,4 ± 127,6	1257,2 ± 178,3	1238,8 ± 154,5
Methylester		1264,5 ± 206,9	1236,3 ± 182,0	1248,0 ± 190,7
Mittel	1260,1 ± 213,9	1238,7 ± 164,2	1246,7 ± 178,6	1248,0 ± 170,7

3.2.4 Leistungsparameter der Karpfen im Karpfenversuch II

3.2.4.1 Tägliche Zunahmen der Karpfen im Karpfenversuch II

Die täglichen Zunahmen der Fische im Karpfenversuch II ließen keinen Behandlungseffekt erkennen. Im Versuchsverlauf sanken die täglichen Zunahmen nach der 8. Versuchswoche aufgrund der reduzierten Futterzuteilung leicht ab (Übersicht 40). Im Versuchsmittel waren die Zunahmen mit durchschnittlich 7,5g

täglich bei allen Fütterungsvarianten nahezu identisch und lagen somit unter dem mittleren Zunahmenniveau von Karpfenversuch I mit 9,1g.

Übersicht 40: Tägliche Zunahmen der Karpfen [g] im Verlauf des Karpfenversuchs II sowie im Versuchsmittel

	Behandlung				
	Kontrolle	CLA-EE 2,5	CLA-EE 5,0	CLA-ME 2,5	CLA-ME 5,0
1. – 4. Woche	8,02 ± 1,72	8,16 ± 1,41	8,21 ± 1,60	7,86 ± 1,75	8,25 ± 1,90
4. – 8. Woche	8,00 ± 2,08	8,04 ± 1,75	8,09 ± 2,02	8,41 ± 1,83	7,70 ± 1,52
8. – 12. Woche	6,58 ± 2,31	5,52 ± 2,18	6,39 ± 1,46	6,07 ± 2,71	6,13 ± 1,71
12. – 14. Woche	9,01 ± 2,53	7,88 ± 2,34	7,94 ± 5,76	7,44 ± 2,46	8,17 ± 2,84
Versuchsmittel	7,64 ± 1,74	7,31 ± 1,07	7,61 ± 1,50	7,60 ± 1,58	7,46 ± 1,48

3.2.4.2 Futtermittelverwertung der Karpfen im Karpfenversuch II

Die Futtermittelverwertung im Karpfenversuch II zeigt Übersicht 41. Auch hier konnten durch die CLA-Ethyl- und Methylesterzulagen in unterschiedlichen Dosierungsstufen zum Futter keine Auswirkungen beobachtet werden. Die Futtermittelverwertung lag mit durchschnittlich 1,2 g Futter-T je g Zuwachs im Versuchsmittel etwa auf dem Niveau von Karpfenversuch I.

Übersicht 41: Futterverwertung der Karpfen [g Futter T/g Zuwachs] im Verlauf des Karpfenversuchs II sowie im Versuchsmittel

	Behandlung				
	Kontrolle	CLA-EE 2,5	CLA-EE 5,0	CLA-ME 2,5	CLA-ME 5,0
1. – 4. Woche	1,20 ± 0,13	1,15 ± 0,10	1,18 ± 0,21	1,21 ± 0,08	1,14 ± 0,04
4. – 8. Woche	1,22 ± 0,16	1,22 ± 0,18	1,25 ± 0,25	1,15 ± 0,09	1,27 ± 0,10
8. – 12. Woche	1,15 ± 0,14	1,41 ± 0,35	1,19 ± 0,06	1,26 ± 0,19	1,22 ± 0,10
12. – 14. Woche	1,15 ± 0,04	1,31 ± 0,19	1,35 ± 0,27	1,45 ± 0,32	1,32 ± 0,38
Versuchsmittel	1,20 ± 0,13	1,24 ± 0,08	1,21 ± 0,14	1,24 ± 0,10	1,19 ± 0,10

3.2.4.3 Spezifische Wachstumsrate (a) der Karpfen im Karpfenversuch II

Im Versuchsmittel erreichten die Karpfen unabhängig von der chemischen Bindungsform und der Höhe der CLA-Zulage eine Wachstumsrate von 0,9% (Übersicht 42). Sie blieben damit hinter der für den Karpfenversuch I ermittelten Wachstumsrate von 1,2% zurück.

Übersicht 42: Mittlere spezifische Wachstumsrate der Karpfen im Karpfenversuch I

	Behandlung				
	Kontrolle	CLA-EE 2,5	CLA-EE 5,0	CLA-ME 2,5	CLA-ME 5,0
Versuchsmittel	0,93 ± 0,12	0,92 ± 0,14	0,92 ± 0,13	0,91 ± 0,11	0,92 ± 0,14

3.2.5 Schlachtkörperzusammensetzung der Karpfen zu Versuchsbeginn im Karpfenversuch II

In Übersicht 43 sind die Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Fische zu Versuchsbeginn (Nullgruppe) aufgetrennt nach Filet (ohne Haut), Innereien und Restkörper und die prozentualen Anteile dieser Teilstücke am Ganzkörper dargestellt. Im Vergleich zur Nullgruppe im Karpfenversuch I waren die Fische bei

ähnlichen Lebendmassen zu Beginn des Karpfenversuchs II deutlich fettärmer, was vor allem auf den reduzierten Gesamtfettgehalt von 13,6% gegenüber 20,1% beim Karpfenversuch I in der Restkörperfraktion zurückzuführen ist.

Übersicht 43: Trockenmasse- und Nährstoffgehalte von Filet (ohne Haut), Innereien, Restkörper und Ganzkörper der Karpfen zu Beginn des Karpfenversuchs II (% i. d. Frischmasse) sowie Anteile (%) von Filet, Innereien und Restkörper am Ganzkörper (Schlachtgewicht in g)

	Filet	Innereien	Restkörper	Ganzkörper
Anteile	31,5 ± 2,1	12,1 ± 1,9	55,9 ± 2,7	495,3 ± 78,7
Trockenmasse	25,7	33,0	34,3	31,3
Rohasche	1,1	1,4	3,7	2,6
Gesamtfett	6,9	12,2	13,6	11,3
Rohprotein	17,6	18,8	17,0	17,3

3.2.6 Schlachtkörperzusammensetzung der Karpfen bei der Schlachtung zu Versuchsende im Karpfenversuch II

3.2.6.1 Schlachtgewichte und Anteile der Körperfraktionen der Karpfen bei der Schlachtung zu Versuchsende im Karpfenversuch II

Das Schlachtgewicht und die Anteile von Filet (ohne Haut), Innereien und Restkörper wiesen bei der Schlachtung zu Versuchsende im Karpfenversuch II keine signifikanten Unterschiede zwischen den Behandlungen auf (Übersicht 44). Das Schlachtgewicht betrug im Durchschnitt $1202 \pm 168\text{g}$ und entsprach somit dem Gewicht der Karpfen bei der Zwischenschlachtung im Karpfenversuch I.

Übersicht 44: Mittlere Schlachtgewichte [g] und Anteile von Filet (ohne Haut), Innereien und Restkörper am Gesamtkörper [%]

	Behandlung				
	Kontrolle	CLA-EE 2,5	CLA-EE 5,0	CLA-ME 2,5	CLA-ME 5,0
Schlachtgewicht	1211,6 ± 203,1	1169,1 ± 120,0	1206,5 ± 166,8	1217,0 ± 197,3	1205,5 ± 152,6
Anteil Filet	35,1 ± 1,8	34,9 ± 1,6	35,4 ± 1,9	34,9 ± 2,6	35,1 ± 2,0
Anteil Innereien	12,9 ± 1,6	13,6 ± 2,6	13,2 ± 3,2	14,9 ± 3,8	13,5 ± 2,7
Anteil Restkörper	51,7 ± 1,6	50,8 ± 2,1	50,8 ± 2,1	49,7 ± 2,4	50,8 ± 2,3

Übersicht 45 zeigt die Mittelwerte und Randmittelwerte der Anteile der Schlachtkörperfraktionen am Gesamtkörper. Im Behandlungsmittel lagen, vergleichbar mit den Daten bei der Zwischenschlachtung im Karpfenversuch I, der Filetanteil der Karpfen bei 35,1%, der Anteil der Innereien bei 13,4% und der des Restkörpers bei 50,9%. Die Ausprägung aller Körperfraktionen war von der chemischen Bindungsform der CLA-Zulage sowie von deren Dosierung in den Rationen unabhängig.

Übersicht 45: Mittelwerte und Randmittelwerte der Anteile der Filets (ohne Haut), Innereien und Restkörper am Gesamtkörper [%]

	Kontrolle	CLA 2,5	CLA 5,0	Mittel
Filet				
Ethylester		34,9 ± 1,6	35,4 ± 1,9	35,2 ± 1,8
Methylester	35,1 ± 1,8	34,9 ± 2,6	35,1 ± 2,0	35,0 ± 2,3
Mittel	35,1 ± 1,8	34,9 ± 2,0	35,3 ± 1,9	35,1 ± 2,0
Innereien				
Ethylester		13,6 ± 2,6	13,2 ± 3,2	13,4 ± 2,9
Methylester	12,9 ± 1,6	14,9 ± 3,8	13,5 ± 2,7	14,0 ± 3,3
Mittel	12,9 ± 1,6	14,1 ± 3,2	13,3 ± 2,9	13,4 ± 2,9
Restkörper				
Ethylester		50,8 ± 2,1	50,8 ± 2,1	50,8 ± 2,1
Methylester	51,7 ± 1,6	49,7 ± 2,4	50,8 ± 2,3	50,4 ± 2,3
Mittel	51,7 ± 1,6	50,3 ± 2,2	50,8 ± 2,2	50,9 ± 2,1

3.2.6.2 Nährstoffgehalte der Körperfraktionen der Karpfen bei der Schlachtung zu Versuchsende

3.2.6.2.1 Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Filets

Wie aus Übersicht 46 ersichtlich ist, waren die analysierten Trockenmasse- und Rohnährstoffgehalte der Filets aller Behandlungen weitestgehend identisch. Der Trockenmasseanteil kann im Durchschnitt mit 28,2%, der Rohascheanteil mit 1,0%, der Anteil an Gesamtfett mit 9,0% und der Anteil an Rohprotein mit 17,7% angegeben werden.

Übersicht 46: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Filets (% der Frischsubstanz)

	Kontrolle	CLA 2,5	CLA 5,0	Mittel
Trockenmasse				
Ethylester		28,3 ± 1,0	27,8 ± 0,2	28,0 ± 0,7
	28,4 ± 0,2			
Methylester		28,1 ± 0,6	28,3 ± 1,0	28,2 ± 0,8
Mittel	28,4 ± 0,2	28,2 ± 0,8	28,0 ± 0,7	28,2 ± 0,7
Rohasche				
Ethylester		1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0
	1,0 ± 0,0			
Methylester		1,0 ± 0,1	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,1
Mittel	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0
Gesamtfett				
Ethylester		9,2 ± 1,0	8,6 ± 0,3	8,9 ± 0,7
	8,9 ± 0,4			
Methylester		9,1 ± 0,5	9,2 ± 0,9	9,1 ± 0,7
Mittel	8,9 ± 0,4	9,2 ± 0,8	8,9 ± 0,7	9,0 ± 0,7
Rohprotein				
Ethylester		17,5 ± 0,1	17,8 ± 0,1	17,7 ± 0,2
	17,9 ± 0,2			
Methylester		17,6 ± 0,1	17,7 ± 0,2	17,6 ± 0,2
Mittel	17,9 ± 0,2	17,6 ± 0,1	17,7 ± 0,2	17,7 ± 0,2

3.2.6.2.2 Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Innereien

Auch bei der Fraktion Innereien konnte keinerlei Behandlungseffekt beobachtet werden. Der Trockenmassegehalt betrug in den Innereien der Karpfen im Mittel 38,5% (Übersicht 47). Weiterhin konnte ein Rohascheanteil von 1,3%, ein Rohproteinanteil von 15,3% und ein Anteil an Gesamtfett von 21,5% bestimmt werden.

Übersicht 47: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Innereien (% der Frischsubstanz)

	Kontrolle	CLA 2,5	CLA 5,0	Mittel
Trockenmasse				
Ethylester		38,5 ± 1,2	38,1 ± 1,9	38,3 ± 1,5
	38,8 ± 4,7			
Methylester		37,2 ± 1,7	39,3 ± 1,8	38,3 ± 2,0
Mittel	38,8 ± 4,7	37,9 ± 1,5	38,7 ± 1,8	38,5 ± 2,2
Rohasche				
Ethylester		1,2 ± 0,2	1,2 ± 0,1	1,2 ± 0,1
	1,4 ± 0,2			
Methylester		1,3 ± 0,2	1,2 ± 0,1	1,3 ± 0,2
Mittel	1,4 ± 0,2	1,2 ± 0,2	1,2 ± 0,1	1,3 ± 0,2
Gesamtfett				
Ethylester		21,3 ± 1,7	20,9 ± 3,5	21,1 ± 2,5
	22,9 ± 6,1			
Methylester		18,8 ± 2,2	22,0 ± 1,2	20,4 ± 2,3
Mittel	22,9 ± 6,1	20,2 ± 2,2	21,4 ± 2,5	21,5 ± 3,1
Rohprotein				
Ethylester		15,7 ± 0,9	15,8 ± 1,9	15,7 ± 1,4
	14,2 ± 2,0			
Methylester		16,7 ± 1,3	15,7 ± 0,9	16,2 ± 1,1
Mittel	14,2 ± 2,0	16,1 ± 1,1	15,7 ± 1,4	15,3 ± 1,5

3.2.6.2.3 Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Restkörpers

In Übersicht 48 sind die Trockenmasse- und Nährstoffanteile des Restkörpers der Karpfen bei der Schlachtung zu Versuchsende dargestellt. Sämtliche analysierten Gehalte waren bei den unterschiedlichen Behandlungen identisch. Somit konnte sowohl durch die chemischen Bindungsform der CLA-Zulage als auch durch deren Zulagenhöhe keine Wirkung auf die Zusammensetzung des Restkörpers erzielt werden.

Übersicht 48: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Restkörpers (% der Frischsubstanz)

	Kontrolle	CLA 2,5	CLA 5,0	Mittel
Trockenmasse				
Ethylester		40,3 ± 0,5	39,8 ± 0,5	40,1 ± 0,8
Methylester	40,6 ± 0,4	40,8 ± 0,3	40,0 ± 1,1	40,3 ± 0,9
Mittel	40,6 ± 0,4	40,5 ± 0,5	39,3 ± 0,8	40,2 ± 0,7
Rohasche				
Ethylester		3,5 ± 0,2	3,6 ± 0,3	3,6 ± 0,2
Methylester	3,4 ± 0,1	3,6 ± 0,2	3,5 ± 0,2	3,6 ± 0,2
Mittel	3,4 ± 0,1	3,5 ± 0,2	3,6 ± 0,2	3,5 ± 0,2
Gesamtfett				
Ethylester		23,0 ± 0,2	22,1 ± 0,4	22,5 ± 0,8
Methylester	22,9 ± 0,5	23,3 ± 0,5	22,4 ± 1,1	22,8 ± 0,9
Mittel	22,9 ± 0,5	23,1 ± 0,4	22,2 ± 0,8	22,7 ± 0,7
Rohprotein				
Ethylester		13,4 ± 0,3	13,9 ± 0,4	13,7 ± 0,4
Methylester	13,8 ± 0,2	13,7 ± 0,3	13,6 ± 0,2	13,6 ± 0,2
Mittel	13,8 ± 0,2	13,5 ± 0,3	13,7 ± 0,4	13,7 ± 0,3

3.2.6.3 Trockenmasse- und Nährstoffgehalte im Ganzkörper

Da sich die Ganzkörperzusammensetzung aus den Nährstoffgehalten der Schlachtkörperfraktionen gewichtet mit den jeweiligen Fraktionsanteilen berechnet, ließen sich auch hier keine Behandlungseinflüsse festhalten. Wie aus Übersicht 49 ersichtlich ist, enthielt der Karpfenganzkörper bei einem Trockenmasseanteil von 35,6% 2,3% Rohasche, 17,6% Gesamtfett und 15,3% Rohprotein. Diese Werte zeigten ferner eine sehr gute Übereinstimmung mit den bei vergleichbarem Lebendmassebereich in Karpfenversuch I analysierten Nährstoffen.

Übersicht 49: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Ganzkörpers (% der Frischsubstanz)

	Kontrolle	CLA 2,5	CLA 5,0	Mittel
Trockenmasse				
Ethylester		35,6 ± 0,6	35,1 ± 0,3	35,4 ± 0,5
	36,0 ± 0,9			
Methylester		35,7 ± 0,4	35,5 ± 1,0	35,6 ± 0,7
Mittel	36,0 ± 0,9	35,6 ± 0,5	35,3 ± 0,7	35,6 ± 0,6
Rohasche				
Ethylester		2,3 ± 0,1	2,3 ± 0,1	2,3 ± 0,1
	2,3 ± 0,1			
Methylester		2,3 ± 0,1	2,3 ± 0,1	2,3 ± 0,1
Mittel	2,3 ± 0,1	2,3 ± 0,1	2,3 ± 0,1	2,3 ± 0,1
Gesamtfett				
Ethylester		17,8 ± 0,6	17,0 ± 0,4	17,4 ± 0,6
	17,9 ± 1,0			
Methylester		17,5 ± 0,5	17,6 ± 0,8	17,6 ± 0,6
Mittel	17,9 ± 1,0	17,7 ± 0,5	17,3 ± 0,6	17,6 ± 0,7
Rohprotein				
Ethylester		15,1 ± 0,3	15,5 ± 0,2	15,3 ± 0,3
	15,2 ± 0,2			
Methylester		15,4 ± 0,2	15,2 ± 0,2	15,3 ± 0,2
Mittel	15,2 ± 0,2	15,2 ± 0,3	15,3 ± 0,3	15,3 ± 0,3

3.2.6.4 Fett- und Proteinansatz im Ganzkörper

Im Versuchsmittel betrug der Fettansatz der Karpfen 1,58g/d (Übersicht 50). Dieser Wert lag zwischen den im Karpfenversuch I gefundenen Ergebnissen und entsprach somit den Fettgehalten in den Futterrationen. Der Proteinansatz blieb dagegen mit 1,00g/d deutlich hinter dem von Karpfenversuch I zurück. Sowohl die chemische Bindungsform als auch die Einsatzhöhe der CLA in der Ration blieben ohne Einfluss auf den Fett- bzw. Proteinansatz im Karpfenganzkörper.

Übersicht 50: Mittelwerte und Randmittelwerte des Fett- und Proteinansatzes im Versuchsmittel (g/d)

	Kontrolle	CLA 2,5	CLA 5,0	Mittel
Fettansatz				
Ethylester	1,59 ± 0,19	1,57 ± 0,08	1,52 ± 0,19	1,54 ± 0,14
Methylester		1,61 ± 0,06	1,59 ± 0,14	1,60 ± 0,10
Mittel	1,59 ± 0,19	1,59 ± 0,07	1,56 ± 0,16	1,58 ± 0,13
Proteinansatz				
Ethylester	0,96 ± 0,21	1,01 ± 0,06	1,03 ± 0,13	1,02 ± 0,11
Methylester		1,04 ± 0,06	1,00 ± 0,07	1,02 ± 0,06
Mittel	0,96 ± 0,21	1,03 ± 0,08	1,02 ± 0,10	1,00 ± 0,11

3.2.7 Fettsäurezusammensetzung im Karpfenversuch II

3.2.7.1 Fettsäurezusammensetzung der CLA-Zulage im Karpfenversuch II

Wie aus Übersicht 51 ersichtlich ist, war das Fettsäuremuster der verschiedenen CLA-Zulagen relativ einheitlich. So betrug der Gehalt an SFA im CLA-Ethylester 11,2 %, an MUFA 24,1% und an PUFA 64,7%. Demgegenüber stand im CLA-Methylester ein vergleichbarer mittlerer Anteil an SFA von 10,5%, an MUFA von 22,5% und an PUFA von 66,9%. Die zu Beginn, Mitte, und Ende des Versuchs gezogenen CLA-Proben unterschieden sich nicht, so dass eine Verschiebung des Fettsäuremusters während des Versuchsverlaufs ausgeschlossen werden kann. Der CLA-Gehalt des Ethylesters war mit 60,4% um etwa 5% niedriger als der des Methylesters mit 65,5%. Weiterhin divergierte die Isomerenzusammensetzung der CLA-Fraktion der verschiedenen chemischen Bindungsformen. Bei dem CLA-ethylester traten neben den Hauptisomeren 18:2 (t-10,c-12) und 18:2 (c-9,t-11) mit etwa 91,5% Gesamtanteil auch nennenswerte Anteile an den Isomeren 18:2 (c-11,t-13) mit 3,7% und 18:2 (t-9,t-11) mit 1,4% sowie 18:2 (t-8,t-10) mit 1,3% auf. Im CLA-Methylester nahmen die genannten Hauptisomere dagegen annähernd 98% des CLA-Gehalts ein, andere Isomere waren nur als Minorkomponenten in Anteilen kleiner 1% vertreten. Beide CLA-Zulagen enthielten die Hauptisomere 18:2 (t-10,c-12) und 18:2 (c-9,t-11) jedoch im ähnlichen Verhältnis von 50:50.

Übersicht 51: Gehalte an SFA, MUFA, PUFA und CLA in der CLA-Zulage (% der Gesamtfettsäuren) während des Versuchsverlaufs (Beginn-B, Mitte-M, Ende-E) und deren Mittelwerte sowie CLA-Isomerenverteilung (% der CLA)

	CLA-Ethylester				CLA-Methylester			
	B	M	E	Mittel	B	M	E	Mittel
SFA	10,9	11,4	11,2	11,2	10,7	10,4	10,4	10,5
MUFA	24,2	24,1	24,1	24,1	22,8	22,4	22,4	22,5
PUFA	64,9	64,5	64,7	64,7	66,5	67,1	67,2	66,9
CLA	60,5	60,2	60,5	60,4	65,0	65,7	65,8	65,5
18:2(t-11,t-13)				0,1				0,0
18:2(t-10,t-12)				0,1				0,1
18:2(t-9,t-11)				1,4				0,2
18:2(t-8,t-10)				1,3				0,1
18:2(t-7,t-9)				0,1				0,0
18:2(c-11,t-13)				3,7				0,0
18:2(t-10,c-12)				46,7				47,6
18:2(c-9,t-11)				44,8				50,3
18:2(t-8,c-10)				0,4				0,3
18:2(c-10,c-12)				0,7				0,7
18:2(c-9,c-11)				0,6				0,6

3.2.7.2 Fettsäurezusammensetzung des Futterfetts im Karpfenversuch II

Die mittleren Gehalte an SFA, MUFA und PUFA betragen im Futterfett 15,8%, 23,0% und 61,2% und waren in allen Behandlungen identisch (Übersicht 52). In der Summe konnte für alle Fütterungsvarianten ein durchschnittlicher Linolsäureanteil von etwa 45% bestimmt werden, wobei entsprechend der Zulagenhöhe der CLA die nicht konjugierten Isomere durch die konjugierten Isomere substituiert wurden. So konnte für die Kontrollration ein CLA-Gehalt von 0,9% gegenüber den Rationen mit 2,5% CLA-Zulage von durchschnittlich 13,7% analysiert werden. Die Behandlungen mit 5%iger CLA-Zulage wiesen im Mittel einen Anteil an CLA von 27% im Futterfett auf.

Übersicht 52: Fettsäurezusammensetzung im Futterfett (% der Gesamtfettsäuren)

	Kontrolle	Ethylester		Methylester	
		CLA 2,5	CLA 5	CLA 2,5	CLA 5
C 8	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03
C 10	0.05	0.05	0.04	0.04	0.05
C 12	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
C 14	0.97	1.01	1.08	0.98	0.99
C 14:1	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00
C 15	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07
C 16	9.24	9.30	9.60	9.28	9.34
C 16:1	0.79	0.81	0.86	0.78	0.81
C 17:1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C 18	4.75	4.53	4.42	4.62	4.45
C 18:1 t9	0.45	0.25	0.50	0.40	0.53
C 18:1 c9	20.59	20.78	21.65	21.31	21.95
C 18:2 t,t	0.17	0.05	0.04	0.08	0.05
C 18:2 c,c	44.67	31.54	18.63	31.74	18.65
CLA	0.94	14.13	28.61	13.27	25.38
C 18:3 n3	12.21	12.26	8.57	12.27	12.57
C 18:3 n6	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
C 20	0.29	0.28	0.28	0.29	0.29
C 20:1	0.38	0.36	0.17	0.35	0.09
C 20:2 n6	0.03	0.04	0.05	0.03	0.03
C 20:3 n3	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03
C 20:3 n6	0.55	0.49	0.46	0.53	0.50
C 20:4	0.07	0.06	0.07	0.07	0.07
C 20:5	2.00	1.97	2.11	1.98	2.03
C 21	0.06	0.15	0.36	0.10	0.33
C 22	0.03	0.14	0.47	0.04	0.08
C 22:1	0.01	0.04	0.09	0.02	0.01
C 22:2	0.05	0.06	0.07	0.08	0.07
C 22:6	1.20	1.15	1.28	1.20	1.20
C 23	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05
C 24	0.05	0.05	0.06	0.06	0.05
C 24:1	0.13	0.16	0.17	0.16	0.15
SFA	15.63	15.70	16.51	15.59	15.75
MUFA	22.40	22.45	23.51	23.08	23.60
PUFA	61.98	61.85	59.99	61.33	60.64

Ogleich im CLA-Ethylester im Vergleich zum CLA-Methylester niedrigere CLA-Anteile bestimmt wurden, konnten in den Ethylester-Futtermischungen höhere absolute CLA-Gehalte gefunden werden. Wie aus Übersicht 53 ersichtlich ist, beinhalteten die Ethylesterfütterungsvarianten je nach Zulagenhöhe 18,9 bzw. 37,5mg CLA je g Futter, die Methylestergruppen hingegen nur 17,9 bzw. 33,2mg. Der absolute CLA-Gehalt in der Kontrollration betrug 1,3mg CLA je g Futter.

Die Isomerenverteilung in der CLA-Fraktion des Futterfetts entsprach weitgehend der der Zulage. So konnten in den Behandlungen mit Ethylester-Zulage neben den Hauptisomeren 18:2 (t-10,c-12) und 18:2 (c-9,t-11) mit einem Gesamtanteil von etwas über 80% auch die Isomere 18:2 (c-11,t-13) bzw. 18:2 (t-11,c-13) in Anteilen von je etwa 7% analysiert werden. Die Methylester-Behandlungen und die Kontrollration wiesen bis auf einige Minorkomponenten fast ausschließlich die Hauptisomere 18:2 (t-10,c-12) und 18:2 (c-9,t-11) in Anteilen von über 95% auf. Bei allen Behandlungen fand sich, in Anlehnung an die CLA-Zulagen, ein ausgeglichenes Verhältnis an den Hauptisomeren 18:2 (t-10,c-12) und 18:2 (c-9,t-11) von ca. 50:50.

Übersicht 53: Absolute Gehalte an CLA im Futter (mg/g Futter) sowie CLA-Isomerenverteilung (% der CLA)

	Kontrolle	Ethylester		Methylester	
		CLA 2,5	CLA 5	CLA 2,5	CLA 5
CLA (mg/g Futter)	1,3	18,9	37,5	17,9	33,2
18:2(t-13,t-15)	0,00	0,23	0,23	0,02	0,00
18:2(t-12,t-14)	0,00	0,20	0,17	0,03	0,00
18:2(t-11,t-13)	0,14	0,94	0,76	0,26	0,08
18:2(t-10,t-12)	0,17	1,21	1,02	0,35	0,22
18:2(t-9,t-11)	0,00	0,49	0,46	0,11	0,14
18:2(t-8,t-10)	0,19	0,05	0,05	0,02	0,01
18:2(t-7,t-9)	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
18:2(t-6,t-8)	0,42	0,04	0,03	0,05	0,02
18:2(t-11,c-13)	0,78	7,14	7,03	1,22	0,05
18:2(c-11,t-13)	0,52	7,01	6,81	1,42	0,11
18:2(t-10,c-12)	45,72	40,27	40,57	46,75	48,06
18:2(c-9,t-11)	49,69	40,78	41,28	48,11	49,77
18:2(t-8,c-10)	0,47	0,38	0,33	0,49	0,32
18:2(c-11,c-13)	0,00	0,08	0,08	0,01	0,00
18:2(c-10,c-12)	1,09	0,57	0,57	0,56	0,61
18:2(c-9,c-11)	0,51	0,60	0,59	0,58	0,61

3.2.7.3 Fettsäurezusammensetzung des Muskelfetts im Karpfenversuch II

3.2.7.3.1 Zusammensetzung des Gesamtfettsäuremusters im Muskelfett

In Übersicht 54 sind die relativen Anteile der einzelnen Fettsäuren am Gesamtfettsäuremuster im Muskelfett der Karpfen dargestellt. Der CLA-Anteil betrug in der Kontrollration 1,2% und stieg in Abhängigkeit der CLA-Zulagenhöhe in den Fütterungsvarianten beider CLA-Gruppen auf 5,9% bei 2,5%iger CLA-Zulage bzw. auf etwa 11,0% bei 5,0%iger CLA-Zulage an. Demgegenüber verringerte sich der Gehalt an nicht konjugierten Linolsäureisomeren gleichlaufend, so dass sich für alle

Behandlungen ein konstanter Gesamtlinolsäureanteil von etwa 22,8% im Muskelfett angeben lässt. Alle diese Differenzen konnten statistisch gesichert werden. Der Gehalt an SFA betrug sowohl bei den Ethyl- als auch bei den Methylestergruppen 27,5% bzw. 29,4% in Abhängigkeit von der Zulagenhöhe der CLA. Bei der Kontrollration konnte dagegen lediglich ein SFA-Anteil von 23,7% berechnet werden. Auch der ansteigende SFA-Anteil im Fettsäuremuster durch die steigende CLA-Zulage war signifikant. Obwohl bei allen gesättigten Fettsäuren diese Tendenz erkennbar war, hatte der deutlich höhere Anteil an Stearinsäure (C18:0) in den CLA-Behandlungen quantitativ den entscheidenden Einfluss. Der MUFA-Anteil im Fettsäuremuster war ebenfalls wesentlich von der CLA-Zulage beeinflusst. So reduzierte die CLA-Zulage den MUFA-Gehalt von 43,7% in der Kontrollration auf 41,2% und 41,0% bei der Ethylesterrationen bzw. auf 41,4% und 40,2% in den Methylesterrationen. Wie aus Übersicht 54 ersichtlich ist, basierte dieser Effekt weitestgehend auf dem deutlich niedrigeren C16:1-Gehalt in den CLA-Rationen. Summarisch betrachtet verringerte die CLA-Zulage auch den Gehalt an mehrfach ungesättigten Fettsäuren im Muskelfett der Karpfen. Die Reduktion der PUFA war bei den Behandlungen mit 5%iger CLA-Zulage mit 29,5% bzw. 30,3% im Vergleich zur Kontrolle mit 32,4% signifikant.

Übersicht 54: Fettsäurezusammensetzung im Muskelfett (% der Gesamtfettsäuren)

	Kontrolle	Ethylester		Methylester	
		CLA 2,5	CLA 5	CLA 2,5	CLA 5
C 12	0,04 ±0,00	0,04 ±0,00	0,04 ±0,00	0,04 ±0,00	0,04 ±0,00
C 14	1,67 ±0,05 ^b	1,80 ±0,05 ^a	1,83 ±0,03 ^a	1,76 ±0,03 ^{ab}	1,72 ±0,10 ^{ab}
C 14:1	0,05 ±0,01 ^a	0,04 ±0,00 ^{ab}	0,03 ±0,01 ^b	0,04 ±0,00 ^{ab}	0,04 ±0,00 ^{ab}
C 15	0,15 ±0,00	0,16 ±0,00	0,16 ±0,01	0,16 ±0,00	0,15 ±0,01
C 16	16,32 ±0,35 ^b	17,42 ±0,44 ^a	17,67 ±0,40 ^a	17,05 ±0,07 ^a	17,40 ±0,39 ^a
C 16:1	4,56 ±0,14 ^a	3,77 ±0,23 ^b	3,21 ±0,03 ^c	3,60 ±0,03 ^b	3,04 ±0,07 ^c
C 17:1	0,19 ±0,01 ^a	0,17 ±0,01 ^b	0,14 ±0,00 ^c	0,16 ±0,02 ^b	0,14 ±0,00 ^c
C 18	5,17 ±0,35 ^c	7,67 ±0,27 ^b	9,28 ±0,14 ^a	8,04 ±0,02 ^b	9,57 ±0,28 ^a
C 18:1 t9	0,57 ±0,03 ^b	0,72 ±0,06 ^a	0,76 ±0,04 ^a	0,68 ±0,05 ^{ab}	0,73 ±0,12 ^a
C 18:1 c9	36,98 ±0,13	36,21 ±1,17	35,76 ±0,26	35,80 ±0,20	35,34 ±1,08
C 18:2 t,t	0,04 ±0,01	0,04 ±0,01	0,05 ±0,01	0,04 ±0,01	0,04 ±0,01
C 18:2 c,c	22,73 ±0,71 ^a	16,99 ±0,52 ^b	11,05 ±0,35 ^c	17,15 ±0,30 ^b	11,37 ±0,24 ^c
CLA	1,15 ±0,06^c	5,86 ±0,28^b	10,53 ±0,33^a	5,86 ±0,16^b	11,38 ±0,19^a
C 18:3 n3	2,41 ±0,04	2,39 ±0,26	2,27 ±0,14	2,33 ±0,15	2,19 ±0,09
C 18:3 n6	0,24 ±0,01 ^a	0,18 ±0,02 ^b	0,12 ±0,01 ^c	0,16 ±0,01 ^b	0,13 ±0,01 ^c
C 20	0,16 ±0,01 ^c	0,20 ±0,01 ^b	0,23 ±0,00 ^a	0,22 ±0,00 ^{ab}	0,23 ±0,01 ^a
C 20:1	0,83 ±0,05 ^a	0,68 ±0,07 ^{ab}	0,72 ±0,05 ^{ab}	0,74 ±0,10 ^{ab}	0,62 ±0,05 ^b
C 20:2 n6	0,46 ±0,02	0,52 ±0,03	0,59 ±0,01	0,53 ±0,01	0,45 ±0,32
C 20:3 n3	0,09 ±0,01	0,12 ±0,05	0,09 ±0,01	0,09 ±0,00	0,09 ±0,00
C 20:3 n6	0,08 ±0,02	0,15 ±0,13	0,08 ±0,01	0,09 ±0,00	0,09 ±0,01
C 20:4	0,37 ±0,04 ^{ab}	0,39 ±0,08 ^a	0,27 ±0,01 ^b	0,31 ±0,02 ^{ab}	0,28 ±0,03 ^b
C 20:5	1,60 ±0,05	1,60 ±0,16	1,58 ±0,10	1,59 ±0,04	1,50 ±0,11
C 21	0,00 ±0,00	0,03 ±0,03	0,05 ±0,06	0,01 ±0,01	0,02 ±0,03
C 22	0,15 ±0,01	0,13 ±0,07	0,09 ±0,08	0,18 ±0,00	0,24 ±0,24
C 22:1	0,44 ±0,02 ^a	0,28 ±0,13 ^b	0,23 ±0,01 ^b	0,33 ±0,02 ^b	0,23 ±0,02 ^b
C 22:2	0,33 ±0,01 ^a	0,07 ±0,01 ^c	0,12 ±0,01 ^b	0,07 ±0,00 ^c	0,13 ±0,01 ^b
C 22:6	2,91 ±0,17	3,09 ±0,29	2,76 ±0,21	2,85 ±0,17	2,69 ±0,48
C 23	0,01 ±0,02	0,01 ±0,01	0,04 ±0,01	0,01 ±0,02	0,04 ±0,01
C 24:1	0,09 ±0,01	0,10 ±0,01	0,10 ±0,00	0,09 ±0,00	0,09 ±0,01
SFA	23,67 ±0,63^c	27,52 ±0,64^b	29,38 ±0,42^a	27,46 ±0,12^b	29,43 ±0,40^a
MUFA	43,72 ±0,19^a	41,17 ±0,85^b	40,97 ±0,24^b	41,44 ±0,28^b	40,24 ±0,99^b
PUFA	32,42 ±1,01^a	30,73 ±0,40^{ab}	29,50 ±0,43^b	31,08 ±0,40^{ab}	30,33 ±0,61^b

Übersicht 55 zeigt die Mittelwerte der Gehalte an SFA, MUFA, PUFA und CLA im Muskelfett der Karpfen im zweifaktoriellen Ansatz. Die mittleren Anteile an SFA lagen bei 26,9%, an MUFA bei 41,9%, an PUFA bei 31,1% und an CLA bei 6,0%. Die Randmittelwerte der Ethyl- und Methylestergruppen waren identisch, so dass kein Einfluss durch die chemische Bindungsform der CLA-Zulage auf die Fettsäurezusammensetzung ersichtlich war. Entsprechend den Ausführungen bei Übersicht 54 stiegen die mittleren Gehalte an SFA im Muskelfett mit zunehmender CLA-Dosierung deutlich an, gleichzeitig verringerte sich der MUFA- und PUFA-Anteil

in den CLA-Behandlungen signifikant gegenüber der Kontrollration. Die Karpfen der Behandlungsgruppe mit 2,5%iger bzw. 5,0%iger CLA-Zulage wiesen mit einem durchschnittlichen CLA-Gehalt von 5,9% bzw. 10,9% im Muskelfett einen um etwa das fünffache bzw. zehnfache erhöhten CLA-Gehalt im Vergleich zur Kontrollgruppe mit 1,2% auf. Hieraus resultierte ein absoluter CLA-Gehalt im verzehrsrelevanten Teilstück von etwa 0,5g bzw. 1,0g CLA je 100g gegenüber den nicht mit CLA gefütterten Karpfen mit lediglich 0,1g.

Übersicht 55: Mittelwerte und Randmittelwerte der Gehalte an SFA, MUFA, PUFA und CLA im Muskelfett der Karpfen (% der Gesamtfettsäuren) sowie absolute CLA-Gehalte im Muskel (g/100g)

	Kontrolle	CLA 2,5	CLA 5,0	Mittel
SFA				
Ethylester		27,5 ± 0,6 ^b	29,4 ± 0,4 ^a	28,6 ± 1,2
Methylester	23,7 ± 0,6 ^c	27,5 ± 0,1 ^b	29,4 ± 0,4 ^a	28,4 ± 1,1
Mittel	23,7 ± 0,6^C	27,5 ± 1,0^B	29,4 ± 0,4^A	26,9 ± 2,2
MUFA				
Ethylester		41,2 ± 0,9 ^b	41,0 ± 0,2 ^b	41,1 ± 0,6
Methylester	43,7 ± 0,2 ^a	41,4 ± 0,3 ^b	40,2 ± 1,0 ^b	40,8 ± 0,9
Mittel	43,7 ± 0,2^A	41,3 ± 0,6^B	40,7 ± 0,7^B	41,9 ± 1,3
PUFA				
Ethylester		30,7 ± 0,4 ^{ab}	29,5 ± 0,4 ^b	30,1 ± 1,1
Methylester	32,4 ± 1,0 ^a	31,1 ± 0,4 ^{ab}	30,3 ± 0,6 ^b	30,7 ± 0,6
Mittel	32,4 ± 1,0^A	30,9 ± 0,9^B	29,9 ± 0,6^B	31,1 ± 1,2
CLA				
Ethylester		5,9 ± 0,3 ^b	10,5 ± 0,3 ^a	8,2 ± 2,5
Methylester	1,2 ± 0,1 ^c	5,9 ± 0,2 ^b	11,4 ± 0,2 ^a	8,6 ± 3,0
Mittel	1,2 ± 0,1^C	5,9 ± 0,2^B	10,9 ± 0,5^A	6,0 ± 3,7
CLA (g/100g Muskel)				
Ethylester		0,54 ± 0,06 ^c	0,91 ± 0,02 ^b	0,73 ± 0,3
Methylester	0,11 ± 0,01 ^d	0,53 ± 0,02 ^c	1,03 ± 0,13 ^a	0,78 ± 0,2
Mittel	0,11 ± 0,01^C	0,54 ± 0,4^B	0,97 ± 1,0^A	0,54 ± 0,3

3.2.7.3.2 Verteilung der Isomere der CLA - Fraktion im Muskelfett (%)

Die CLA-Isomerenverteilung im Muskelfett der Karpfen der Kontrollration zeigte im Vergleich zu denjenigen der CLA-Rationen deutliche Unterschiede. So nahmen bei

der Kontrolle die Hauptisomere 18:2 (t-10,c-12) und 18:2 (c-9,t-11) nur einen Gesamtanteil von annähernd 77% ein, während die Fütterungsvarianten mit CLA-Zulage diese Isomere zu mehr als 91% beinhalteten (Übersicht 56). Des weiteren konnte trotz eines ausgeglichenen Verhältnisses der Hauptisomere im Futter eine Verschiebung dieser Relation bei allen Behandlungen zugunsten des 18:2 (c-9,t-11) Isomers beobachtet werden. Neben den Hauptisomeren traten in der CLA-Fraktion der Kontrollration in wesentlichen Anteilen die Isomere 18:2 (t-7,t-9) mit 5,3%, 18:2 (c-9,c-11) mit 3,2%, 18:2 (c-11,t-13) mit 3,0%, 18:2 (t-11,c-13) mit 2,7% sowie 18:2 (t-8,c-10) mit 2,3% auf. Die Isomerenverteilung der CLA-Behandlungen war dagegen deutlich einheitlicher, so dass neben den Hauptisomeren vorkommende Isomere nur in geringfügigen Anteilen vertreten waren. Auch die in den Ethylester-Fütterungsvarianten analysierten hohen Anteile an 18:2 (t-11,c-13) bzw. 18:2 (c-11,t-13) Isomeren waren im Muskelfett nicht mehr nachzuweisen. Ferner waren in den Filetproben die in den Futterproben nicht enthaltenen CLA-Isomere 18:2 (t-12,t-14), 18:2 (t-7,c-9) und 18:2 (c-8,c-10) zumindest in geringen Mengen vorhanden. Das 18:2 (t-6,t-8) Isomer aus dem Futterfett war im Muskel nicht mehr vertreten.

Übersicht 56: Isomerenverteilung der CLA-Fraktion im Muskelfett (%)

	Kontrolle	Ethylester		Methylester	
		CLA 2,5	CLA 5	CLA 2,5	CLA 5
18:2(t-13,t-15)	0,05 ± 0,09	0,01 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,01
18:2(t-12,t-14)	0,06 ± 0,11	0,15 ± 0,11	0,18 ± 0,09	0,04 ± 0,04	0,02 ± 0,02
18:2(t-11,t-13)	0,10 ± 0,18 ^d	2,23 ± 0,34 ^a	1,96 ± 0,07 ^a	1,35 ± 0,12 ^b	1,03 ± 0,02 ^c
18:2(t-10,t-12)	1,08 ± 0,18 ^b	1,41 ± 0,28 ^a	1,25 ± 0,03 ^{ab}	0,51 ± 0,02 ^c	0,40 ± 0,05 ^c
18:2(t-9,t-11)	0,06 ± 0,10 ^c	0,29 ± 0,11 ^a	0,23 ± 0,02 ^{ab}	0,13 ± 0,03 ^{bc}	0,10 ± 0,03 ^{bc}
18:2(t-8,t-10)	1,76 ± 0,68 ^a	0,31 ± 0,07 ^b	0,19 ± 0,02 ^b	0,22 ± 0,02 ^b	0,12 ± 0,03 ^b
18:2(t-7,t-9)	5,27 ± 2,21 ^a	0,49 ± 0,03 ^b	0,25 ± 0,03 ^b	0,47 ± 0,07 ^b	0,21 ± 0,01 ^b
18:2(t-12,t-14)	0,00 ± 0,00	0,01 ± 0,01	0,02 ± 0,02	0,00 ± 0,01	0,02 ± 0,01
18:2(t-11,c-13)	2,72 ± 2,36 ^a	0,35 ± 0,31 ^b	0,30 ± 0,09 ^b	0,08 ± 0,04 ^b	0,21 ± 0,13 ^b
18:2(c-11,t-13)	2,99 ± 2,59	0,98 ± 0,23	0,57 ± 0,36	0,73 ± 0,24	0,57 ± 0,31
18:2(t-10,c-12)	29,99 ± 2,81^c	37,77 ± 0,59^b	39,81 ± 0,39^{ab}	39,83 ± 0,59^{ab}	41,19 ± 0,22^a
18:2(c-9,t-11)	46,90 ± 3,04^b	52,90 ± 0,09^a	52,12 ± 0,32^a	53,86 ± 0,55^a	53,27 ± 0,20^a
18:2(t-8,c-10)	2,31 ± 0,86	1,63 ± 0,13	1,62 ± 0,15	1,57 ± 0,14	1,55 ± 0,03
18:2(t-7,c-9)	1,26 ± 0,54 ^a	0,14 ± 0,02 ^b	0,10 ± 0,04 ^b	0,14 ± 0,03 ^b	0,09 ± 0,00 ^b
18:2(c-11,c-13)	0,00 ± 0,00	0,01 ± 0,02	0,01 ± 0,02	0,01 ± 0,03	0,01 ± 0,01
18:2(c-10,c-12)	1,35 ± 0,31 ^a	0,55 ± 0,14 ^b	0,61 ± 0,03 ^b	0,33 ± 0,06 ^b	0,52 ± 0,07 ^b
18:2(c-9,c-11)	3,16 ± 1,04 ^a	0,77 ± 0,22 ^b	0,74 ± 0,08 ^b	0,69 ± 0,22 ^b	0,67 ± 0,03 ^b
18:2(c-8,c-10)	0,94 ± 1,27	0,01 ± 0,02	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass im Vergleich zu den Ethylesterbehandlungen die Karpfen welche die CLA-Zulage in Form des

Methylestern erhielten, deutlich höhere Anteile sowohl an 18:2 (t-10,c-12) als auch an 18:2 (c-9,t-11) in der CLA-Fraktion im Muskelfett aufwiesen. Weiterhin unterschieden sich die relativen Anteile der genannten Hauptisomere unabhängig von der CLA-Zulagenhöhe mit durchschnittlich 40% für das Isomer 18:2 (t-10,c-12) bzw. 53% für das Isomer 18:2 (c-9,t-11) signifikant von der Kontrolle mit 30% bzw. 47% (Übersicht 57).

Übersicht 57: Mittelwerte und Randmittelwerte der relativen Anteile der Hauptisomere C18:2 (t-10,c-12) und C18:2 (c-9,t-11) an der CLA-Fraktion im Muskelfett (%)

	Kontrolle	CLA 2,5	CLA 5	Mittel
Isomer C18:2 (t-10,c-12)				
Ethylester		37,8 ± 0,6 ^b	39,8 ± 0,4 ^{ab}	38,8 ± 1,2^B
	30,0 ± 2,8 ^c			
Methylester		39,8 ± 0,6 ^{ab}	41,2 ± 0,2 ^a	40,6 ± 0,8^a
Mittel	30,0 ± 2,8^B	38,7 ± 0,6^A	40,5 ± 0,3^A	36,5 ± 4,0
Isomer C18:2 (c-9,t-11)				
Ethylester		52,9 ± 0,1 ^a	52,1 ± 0,3 ^a	52,5 ± 0,5^B
	46,9 ± 3,0 ^b			
Methylester		53,9 ± 0,6 ^a	53,3 ± 0,2 ^a	53,5 ± 0,5^a
Mittel	46,9 ± 3,0^B	53,3 ± 0,4^A	52,7 ± 0,3^A	51,0 ± 2,6

3.3 Forellenversuch

3.3.1 Rationszusammensetzung

Im Forellenversuch wurden sechs Futterrationen eingesetzt, welche sich in der CLA-Zulagenhöhe (dreifach) und der Höhe der Vit. E-Dosierung (zweifach) unterschieden. Da alle wichtigen Rationsbestandteile identisch waren, variierten die Einzelrationen auch nicht in ihrer chemischen Zusammensetzung. So betrug der Trockenmassegehalt in den Fütterungsvarianten des Forellenversuchs im Mittel 88,6% (Übersicht 58). Abzüglich des durchschnittlichen Rohascheanteils von 11,2% errechnete sich ein mittlerer Gehalt an organischer Substanz von 77,5% im Futter. Die Rationen waren sowohl isoenergetisch als auch isonitrogen und wiesen im Durchschnitt einen Bruttoenergiegehalt von 21,8 kJ je g Futter bzw. einen Gehalt an Rohprotein von 45,2% auf. Der analysierte Gesamtfettanteil betrug im Mittel 20,9%. Im Durchschnitt der Fütterungsvarianten lag der Rohfasergehalt bei 0,5%, der mittlere NfE-Anteil bei 10,8%.

Übersicht 58: Trockenmasse- (%), Bruttoenergie- (kJ/g FS) und Rohnährstoffgehalte (% d. FS) der Versuchsrationen im Forellenversuch

	Behandlung						Mittel
	Vit. E - Stufe I			Vit. E - Stufe II			
	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	
T	88,6	87,4	88,7	87,8	89,3	89,9	88,6
GE	21,7	21,7	21,8	21,9	22,0	21,8	21,8
OS	77,4	76,4	77,6	76,7	78,0	78,8	77,5
XL	21,0	20,7	20,8	21,1	20,7	21,1	20,9
XP	44,9	45,3	45,3	45,3	45,2	45,4	45,2
XA	11,3	11,1	11,1	11,1	11,3	11,0	11,2
XF	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
NfE	11,0	9,9	11,0	9,8	11,6	11,9	10,8

3.3.2 Lebendmasseentwicklung der Forellen

Wie aus Übersicht 59 ersichtlich ist, betrug das mittlere Gewicht der Forellen zu Beginn des Versuchs $120,4 \pm 4,4\text{g}$. Trotz der nur stichprobenartig entnommenen Wägungsgruppen von je zweimal 50 Forellen konnte bei allen Wiegeterminen zwischen der 2. und 14. Woche ein sehr einheitliches Wachstum der Fische festgestellt werden. Auch bei der Wägung zu Versuchsende differenzierten sich die mittleren Behandlungsgewichte in einem Bereich von $379,9 - 389,9\text{g}$ kaum.

Übersicht 59: Lebendmasseentwicklung der Forellen [g] im Versuchsverlauf

	Behandlung					
	Vit. E-Stufe I			Vit. E-Stufe II		
	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Kontrolle	CLA 1	CLA 3
Versuchsbeginn (10 * 50)	120,4 ± 3,8	120,8 ± 5,1	120,0 ± 5,9	120,3 ± 3,5	120,4 ± 3,5	120,6 ± 4,5
2. Woche (2 * 50)	147,8 ± 1,3	149,8 ± 3,1	147,3 ± 4,6	149,5 ± 3,1	147,8 ± 2,4	148,8 ± 3,9
4. Woche (2 * 50)	179,3 ± 3,9	182,3 ± 2,9	180,0 ± 3,6	178,3 ± 3,8	173,8 ± 2,2	180,0 ± 1,2
8. Woche (2 * 50)	210,8 ± 4,9	215,3 ± 6,2	214,5 ± 3,1	211,0 ± 3,3	210,5 ± 6,5	211,0 ± 1,6
10. Woche (2 * 50)	244,3 ± 3,6	251,5 ± 3,7	245,3 ± 4,3	243,8 ± 5,0	247,5 ± 2,9	245,8 ± 2,4
12. Woche (2 * 50)	275,3 ± 6,2	286,8 ± 6,8	280,8 ± 6,6	274,0 ± 8,8	274,0 ± 5,0	273,8 ± 3,5
14. Woche (2 * 50)	314,8 ± 11,9	334,0 ± 13,8	329,3 ± 7,5	329,5 ± 5,9	325,0 ± 3,5	322,8 ± 7,8
Versuchsende 16. Woche (10 * 50)	383,0 ± 11,4	389,9 ± 7,4	382,0 ± 7,3	379,9 ± 7,3	383,0 ± 10,5	383,1 ± 7,1

Fasst man die Daten für die Lebendgewichte der einzelnen Behandlungen zu Versuchsende in einem zweifaktoriellen Ansatz zusammen, so hatte weder die unterschiedliche Vit. E-Dosierung, noch die CLA-Zulage einen Einfluss auf das Wachstum. Im Mittel wurde von den Forellen ein Gewicht von $383,3\text{g}$ erreicht (Übersicht 60).

Übersicht 60: Mittelwerte und Randmittelwerte der Versuchsendgewichte [g]

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Vit. E - Stufe I	383,0 ± 11,4	389,9 ± 7,4	381,0 ± 7,3	384,6 ± 9,6
Vit. E - Stufe II	379,9 ± 7,3	383,0 ± 10,5	383,1 ± 7,7	382,0 ± 8,6
Mittel	381,5 ± 9,6	386,5 ± 9,6	382,2 ± 7,7	383,3 ± 9,2

3.3.3 Leistungsparameter im Forellenversuch

3.3.3.1 Tägliche Zunahmen im Forellenversuch

Entsprechend den Lebendmassen erreichten die Forellen der verschiedenen Behandlungen im Versuchsmittel nahezu identische tägliche Zunahmen von durchschnittlich 2,7g (Übersicht 61).

Übersicht 61: Tägliche Zunahmen der Forellen [g] im Versuchsmittel

	Behandlung					
	Vit. E-Stufe I			Vit. E-Stufe II		
	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Kontrolle	CLA 1	CLA 3
Versuchsmittel	2,74 ± 0,13	2,80 ± 0,03	2,73 ± 0,02	2,70 ± 0,07	2,74 ± 0,03	2,73 ± 0,04

3.3.3.2 Futtermittelverwertung im Forellenversuch

Übersicht 62 zeigt die Futtermittelverwertung der Forellen im Versuchsmittel. Auch bezüglich dieses Parameters traten keine nennenswerten Unterschiede zwischen den einzelnen Behandlungen auf. Mit einem Futteraufwand von durchschnittlich 0,8g je g Zuwachs verwerteten die Forellen das Futter außergewöhnlich gut.

Übersicht 62: Futtermittelverwertung der Forellen [g Futter T/g Zuwachs] im Versuchsmittel

	Behandlung					
	Vit. E-Stufe I			Vit. E-Stufe II		
	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Kontrolle	CLA 1	CLA 3
Versuchsmittel	0,77 ± 0,03	0,78 ± 0,01	0,78 ± 0,01	0,79 ± 0,01	0,77 ± 0,01	0,78 ± 0,01

3.3.3.3 Spezifische Wachstumsrate (a) im Forellenversuch

Wie in Übersicht 63 dargestellt ist, lag die spezifische Wachstumsrate der Forellen im Behandlungsmittel einheitlich bei 1,2%. Somit konnten auch hier keine rationsbedingten Unterschiede festgestellt werden.

Übersicht 63: Spezifische Wachstumsrate der Forellen im Versuchsmittel

	Behandlung					
	Vit. E-Stufe I			Vit. E-Stufe II		
	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Kontrolle	CLA 1	CLA 3
Versuchsmittel	1,21 ± 0,04	1,23 ± 0,02	1,21 ± 0,01	1,21 ± 0,01	1,21 ± 0,01	1,21 ± 0,02

3.3.4 Schlachtkörperzusammensetzung der Forellen zu Versuchsbeginn

In Übersicht 64 sind die Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Fische zu Versuchsbeginn (Nullgruppe) aufgetrennt nach Filet (ohne Haut), Innereien und Restkörper und die prozentualen Anteile dieser Teilstücke am Ganzkörper dargestellt. Bei einem mittleren Schlachtgewicht von 121,8g enthielt der Ganzkörper 29,5% Trockenmasse, 2,3% Rohasche, 17,3% Rohprotein sowie 9,5% Fett. Gegenüber dem zu Versuchsbeginn in beiden Karpfenversuchen ermittelten Innereienfettgehalt von rund 13% fiel der Fettanteil in den Forelleninnereien mit 26,0% bemerkenswert hoch aus.

Übersicht 64: Trockenmasse- und Nährstoffgehalte von Filet (ohne Haut), Innereien, Restkörper und Ganzkörper der Forellen zu Versuchsbeginn (% i. d. Frischmasse) sowie Anteile (%) von Filet, Innereien und Restkörper am Ganzkörper (Schlachtgewicht in g)

	Filet	Innereien	Restkörper	Ganzkörper
Anteile	43,0 ± 3,0	13,5 ± 1,7	43,4 ± 2,8	121,8 ± 13,9
Trockenmasse	23,2	40,1	32,5	29,5
Rohasche	1,2	1,1	3,7	2,3
Gesamtfett	3,7	26,0	10,2	9,5
Rohprotein	18,1	12,8	18,1	17,3

3.3.5 Schlachtkörperzusammensetzung der Forellen bei der Schlachtung nach der 6. Versuchswoche (Zwischenschlachtung I)

3.3.5.1 Schlachtgewichte und Anteile der Körperfraktionen der Forellen bei der Schlachtung nach der 6. Versuchswoche (Zwischenschlachtung I)

Wie aus Übersicht 65 ersichtlich ist, wurden bei der Zwischenschlachtung I aus jedem Becken 10 Forellen, bzw. 20 Forellen je Behandlung, zufällig ausgewählt und geschlachtet. Das Schlachtgewicht der Forellen war mit durchschnittlich 234,0g bei allen Behandlungen ziemlich einheitlich, lag aber um ca. 20g über dem mittleren Behandlungsleibendgewicht von 212g.

Übersicht 65: Stichprobenumfang, mittleres Behandlungsleibendgewicht und Schlachtgewichte [g] der Forellen

	Behandlung					
	Vit. E-Stufe I			Vit. E-Stufe II		
	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Kontrolle	CLA 1	CLA 3
Probenumfang	n=20	n=20	n=20	n=20	n=20	n=20
Mittleres Behandlungs- leibendgewicht	210,8 ± 4,9	215,3 ± 6,2	214,5 ± 3,1	211,0 ± 3,3	210,5 ± 6,5	211,0 ± 1,6
Schlachtgewicht	228,8 ± 23,3	231,2 ± 28,5	239,3 ± 23,7	232,3 ± 19,7	230,4 ± 21,9	242,2 ± 33,1

Der Forellenganzkörper setzte sich bei der Zwischenschlachtung I zu 43,6% aus Filet, zu 13,6% aus Innereien und zu 42,1% aus Restkörper zusammen (Übersicht 66). Durch die variierende Vit. E-Dosis ergaben sich hinsichtlich der genannten Körperfraktionen keinerlei Effekte. Die 3%ige CLA-Zulage führte jedoch zu einer deutlichen Erhöhung des Filetanteils am Schlachtkörper im Vergleich zu den übrigen Behandlungen von etwa 43,2% auf 44,5%. Gleichzeitig verringerte sich der Restkörperanteil signifikant von durchschnittlich 42,9% auf 40,6%. Der Innereienanteil blieb von der CLA-Zulage unbeeinflusst.

Übersicht 66: Mittelwerte und Randmittelwerte der Anteile der Filets (ohne Haut), Innereien und Restkörper am Gesamtkörper [%]

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Filet				
Vit.E -Stufe I	43,2 ± 1,9 ^b	43,3 ± 1,8 ^b	44,5 ± 2,0 ^a	43,7 ± 2,0
Vit.E -Stufe II	42,8 ± 2,2 ^b	43,3 ± 1,3 ^b	44,6 ± 2,0 ^a	43,6 ± 2,0
Mittel	43,0 ± 2,0^B	43,3 ± 1,6^B	44,5 ± 2,0^A	43,6 ± 2,0
Innereien				
Vit.E -Stufe I	13,7 ± 1,2	13,6 ± 1,5	14,1 ± 1,5	13,8 ± 1,4
Vit.E -Stufe II	13,3 ± 1,5	13,2 ± 1,3	13,8 ± 1,9	13,4 ± 1,6
Mittel	13,5 ± 1,3	13,4 ± 1,4	13,9 ± 1,7	13,6 ± 1,5
Restkörper				
Vit.E -Stufe I	43,0 ± 1,5 ^a	42,3 ± 1,1 ^a	40,6 ± 1,6 ^b	42,0 ± 1,7
Vit.E -Stufe II	43,3 ± 2,2 ^a	42,7 ± 1,4 ^a	40,5 ± 1,7 ^b	42,2 ± 2,1
Mittel	43,2 ± 1,9^A	42,5 ± 1,3^A	40,6 ± 1,6^B	42,1 ± 1,9

3.3.6 Nährstoffgehalte der Körperfraktionen der Forellen bei der Schlachtung nach der 6. Versuchswoche (Zwischenschlachtung I)

3.3.6.1 Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Filets

Die Nährstoffgehalte in den Filets waren bei allen Behandlungen vergleichbar und ließen weder einen Einfluss durch die Vit. E- noch durch die CLA-Zulage erkennen. Im Mittel betrug der Trockenmasseanteil am Filet der Forellen 24,5%, der Rohascheanteil 1,2%, der Anteil an Gesamtfett 4,6% und an Rohprotein 18,6% (Übersicht 67).

Übersicht 67: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Filets (% der Frischsubstanz)

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Trockenmasse				
Vit.E -Stufe I	24,6 ± 0,2	24,7 ± 0,7	24,6 ± 0,0	24,6 ± 0,3
Vit.E -Stufe II	24,4 ± 0,0	24,3 ± 0,3	24,3 ± 0,2	24,3 ± 0,2
Mittel	24,5 ± 0,2	24,5 ± 0,5	24,5 ± 0,2	24,5 ± 0,3
Rohasche				
Vit.E -Stufe I	1,2 ± 0,1	1,3 ± 0,1	1,2 ± 0,0	1,2 ± 0,1
Vit.E -Stufe II	1,3 ± 0,0	1,2 ± 0,1	1,3 ± 0,0	1,3 ± 0,1
Mittel	1,3 ± 0,1	1,2 ± 0,1	1,2 ± 0,1	1,2 ± 0,1
Gesamtfett				
Vit.E -Stufe I	4,5 ± 0,1	4,5 ± 0,5	4,7 ± 0,4	4,6 ± 0,3
Vit.E -Stufe II	4,8 ± 0,3	4,4 ± 0,3	4,5 ± 0,0	4,6 ± 0,3
Mittel	4,7 ± 0,2	4,5 ± 0,3	4,6 ± 0,2	4,6 ± 0,3
Rohprotein				
Vit.E -Stufe I	18,8 ± 0,0	18,9 ± 0,9	18,6 ± 0,4	18,8 ± 0,5
Vit.E -Stufe II	18,6 ± 0,4	18,7 ± 0,6	18,2 ± 0,2	18,5 ± 0,4
Mittel	18,7 ± 0,3	18,8 ± 0,6	18,4 ± 0,3	18,6 ± 0,4

3.3.6.1.1 Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Innereien

Im Durchschnitt konnte für die Innereien ein Trockenmassegehalt von 41,8%, ein Rohaschegehalt von 0,9%, ein Gesamtfettgehalt von 28,7% und ein Gehalt an Rohprotein von 11,7% analysiert werden (Übersicht 68). Während die Nährstofffraktionen Rohasche und Rohprotein durch die verschiedenen Fütterungsvarianten unbeeinflusst blieben, führte eine erhöhte Vit. E-Zulage zu einem verringerten Trockenmasse- und Fettanteil. Des weiteren konnte bei 3%iger CLA-Zulage ein abgesenkter Innereienfettgehalt von 26,9% gegenüber dem mittleren Fettgehalt der übrigen Behandlungen von 29,7% festgestellt werden. Gleichlaufend reduzierte sich auch der Trockenmasseanteil um durchschnittlich 2,5% auf 40,1% bei den Behandlungen mit 3%iger CLA-Zulage.

Übersicht 68: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Innereien (% der Frischsubstanz)

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Trockenmasse				
Vit.E -Stufe I	43,5 ± 0,6	43,9 ± 0,5	39,6 ± 0,3	42,3 ± 2,2
Vit.E -Stufe II	41,9 ± 2,6	41,1 ± 2,5	40,5 ± 5,5	41,2 ± 3,0
Mittel	42,7 ± 1,8	42,5 ± 2,2	40,1 ± 3,2	41,8 ± 2,6
Rohasche				
Vit.E -Stufe I	0,9 ± 0,0	0,9 ± 0,0	0,9 ± 0,0	0,9 ± 0,0^b
Vit.E -Stufe II	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,1	1,0 ± 0,0^a
Mittel	0,9 ± 0,0	0,9 ± 0,0	1,0 ± 0,1	0,9 ± 0,0
Gesamtfett				
Vit.E -Stufe I	31,0 ± 0,8	31,1 ± 1,0	27,2 ± 0,2	29,7 ± 2,1
Vit.E -Stufe II	29,0 ± 3,5	27,6 ± 2,2	26,6 ± 6,3	27,7 ± 3,6
Mittel	30,0 ± 2,4	29,3 ± 2,5	26,9 ± 3,7	28,7 ± 3,0
Rohprotein				
Vit.E -Stufe I	11,5 ± 0,4	11,4 ± 0,2	11,4 ± 0,0	11,4 ± 0,2
Vit.E -Stufe II	11,7 ± 0,8	11,9 ± 0,2	12,3 ± 0,6	12,0 ± 0,5
Mittel	11,6 ± 0,5	11,7 ± 0,4	11,9 ± 0,7	11,7 ± 0,5

3.3.6.1.2 Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Restkörpers

Wie aus Übersicht 69 zu entnehmen ist, konnten durch die unterschiedlichen Behandlungen keine Auswirkungen auf den Nährstoffgehalt in der Schlachtkörperfraktion Restkörper beobachtet werden. Bei einem mittleren Trockenmasseanteil von 33,6% betragen der Rohascheanteil 3,8% sowie der Anteil an Gesamtfett bzw. Rohprotein 13,2% bzw. 17,1%.

Übersicht 69: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Restkörpers (% der Frischsubstanz)

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Trockenmasse				
Vit.E -Stufe I	33,2 ± 0,7	33,5 ± 0,7	34,8 ± 1,0	33,8 ± 1,0
Vit.E -Stufe II	33,3 ± 0,3	33,3 ± 0,0	33,5 ± 0,4	33,3 ± 0,3
Mittel	33,2 ± 0,4	33,4 ± 0,4	34,2 ± 1,0	33,6 ± 0,8
Rohasche				
Vit.E -Stufe I	3,7 ± 0,1	3,7 ± 0,0	3,8 ± 0,1	3,8 ± 0,1
Vit.E -Stufe II	3,8 ± 0,2	3,9 ± 0,0	3,8 ± 0,2	3,8 ± 0,1
Mittel	3,8 ± 0,1	3,8 ± 0,1	3,8 ± 0,1	3,8 ± 0,1
Gesamtfett				
Vit.E -Stufe I	13,1 ± 0,0 ^{ab}	13,0 ± 0,4 ^{ab}	14,1 ± 0,3 ^a	13,4 ± 0,6
Vit.E -Stufe II	13,0 ± 0,3 ^{ab}	13,0 ± 0,1 ^{ab}	12,7 ± 0,0 ^b	12,9 ± 0,2
Mittel	13,1 ± 0,2	13,0 ± 0,3	13,4 ± 0,8	13,2 ± 0,5
Rohprotein				
Vit.E -Stufe I	17,1 ± 0,2	17,2 ± 0,1	17,5 ± 0,7	17,2 ± 0,4
Vit.E -Stufe II	16,9 ± 0,4	16,5 ± 0,1	17,3 ± 0,2	16,9 ± 0,4
Mittel	17,0 ± 0,3	16,9 ± 0,4	17,4 ± 0,8	17,1 ± 0,4

3.3.6.2 Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Ganzkörpers

Die mittlere chemische Zusammensetzung der Forellen zeigte im Anschluss an die Zwischenschlachtung nach der 6. Versuchswoche lediglich einen um knapp 2% höheren Gesamtfettgehalt von 11,4% im Vergleich zum Versuchsbeginn mit 9,5% (Übersicht 70). Die übrigen Nährstoffgehalte waren weitgehend identisch. Bei der Berechnung der Ganzkörperzusammensetzung hoben sich zuvor gefundene Differenzen in den Körper- und den jeweiligen Nährstofffraktionen gegenseitig auf, so dass summarisch keinerlei Wirkungen durch die Vit. E- bzw. CLA-Zulage gefunden werden konnten. Der Trockenmassegehalt der Forellen bei der Zwischenschlachtung I betrug durchschnittlich 30,5%, der Rohaschegehalt 2,3%, der Gesamtfettgehalt 11,4% und der Gehalt an Rohprotein 16,9%.

Übersicht 70: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Ganzkörpers (% der Frischsubstanz)

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Trockenmasse				
Vit.E -Stufe I	30,8 ± 0,2	30,9 ± 0,7	30,7 ± 0,4	30,8 ± 0,4
Vit.E -Stufe II	30,4 ± 0,6	30,2 ± 0,5	30,0 ± 1,3	30,2 ± 0,7
Mittel	30,6 ± 0,5	30,5 ± 0,7	30,3 ± 0,9	30,5 ± 0,6
Rohasche				
Vit.E -Stufe I	2,3 ± 0,1	2,2 ± 0,1	2,2 ± 0,1	2,2 ± 0,1
Vit.E -Stufe II	2,3 ± 0,1	2,3 ± 0,1	2,2 ± 0,1	2,3 ± 0,1
Mittel	2,3 ± 0,1	2,3 ± 0,1	2,2 ± 0,1	2,3 ± 0,1
Gesamtfett				
Vit.E -Stufe I	11,7 ± 0,2	11,7 ± 0,2	11,6 ± 0,0	11,7 ± 0,1
Vit.E -Stufe II	11,5 ± 0,9	11,1 ± 0,0	10,8 ± 0,9	11,2 ± 0,7
Mittel	11,6 ± 0,6	11,4 ± 0,4	11,2 ± 0,7	11,4 ± 0,5
Rohprotein				
Vit.E -Stufe I	17,1 ± 0,3	17,0 ± 0,3	17,0 ± 0,4	17,0 ± 0,3
Vit.E -Stufe II	16,8 ± 0,1	16,7 ± 0,3	16,8 ± 0,3	16,8 ± 0,2
Mittel	16,9 ± 0,2	16,9 ± 0,3	16,9 ± 0,3	16,9 ± 0,3

3.3.7 Fleischhelligkeit und Fleischfarbe der Forellenfilets bei der Schlachtung nach der 6. Versuchswoche (Zwischenschlachtung I)

Die bei der Zwischenschlachtung I für die Fleischhelligkeit ermittelten Messwerte zeigten mit durchschnittlich 45,5 Einheiten keinen behandlungsbedingten Einfluss (Übersicht 71). Sowohl bei der Rot- als auch bei der Gelbfärbung der Filets konnten für die Forellen der Fütterungsvarianten mit 3%iger CLA-Zulage eine deutlich geringere Farbintensität gegenüber den Vergleichsgruppen festgestellt werden. Dieser Unterschied war bei der Fischen der Ration Vit. E-Stufe II besonders stark ausgeprägt. Im Mittel aller Behandlungen betrug die Rot- und Gelbfärbung der Filets 8,1 bzw. 12,0 Einheiten. Die differenzierende Vit. E-Dosierung hatte keine Auswirkung auf die genannten Parameter.

Übersicht 71: Mittelwerte und Randmittelwerte der Fleischparameter Helligkeit (L), Rot- (a) und Gelbfärbung (b) der Filets

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Helligkeit (L)				
Vit.E -Stufe I	45,7 ± 1,6	44,6 ± 1,5	45,7 ± 1,6	45,3 ± 1,6
Vit.E -Stufe II	45,3 ± 1,9	46,0 ± 2,0	45,9 ± 1,5	45,7 ± 1,8
Mittel	45,5 ± 1,8	45,3 ± 1,9	45,8 ± 1,5	45,5 ± 1,7
Rotfärbung (a)				
Vit.E -Stufe I	8,3 ± 1,1 ^{ab}	8,3 ± 1,1 ^{ab}	7,7 ± 1,2 ^b	8,1 ± 1,5
Vit.E -Stufe II	8,9 ± 1,1 ^a	8,3 ± 1,7 ^{ab}	6,9 ± 0,9 ^c	8,0 ± 1,5
Mittel	8,6 ± 1,1^A	8,3 ± 1,4^A	7,3 ± 1,1^B	8,1 ± 1,3
Gelbfärbung (b)				
Vit.E -Stufe I	12,6 ± 1,4 ^a	12,2 ± 1,1 ^{ab}	11,2 ± 1,7 ^{bc}	12,0 ± 1,9
Vit.E -Stufe II	12,9 ± 1,8 ^a	12,3 ± 2,0 ^{ab}	10,5 ± 1,1 ^c	11,9 ± 1,9
Mittel	12,7 ± 1,6^A	12,3 ± 1,6^A	10,9 ± 1,5^B	12,0 ± 1,7

3.3.8 Schlachtkörperzusammensetzung der Forellen bei der Schlachtung nach der 10. Versuchswoche (Zwischenschlachtung II)

3.3.8.1 Schlachtgewichte und Anteile der Körperfraktionen der Forellen bei der Schlachtung nach der 10. Versuchswoche (Zwischenschlachtung II)

Bei der Schlachtung nach der zehnten Versuchswoche wurden in Anlehnung an die Zwischenschlachtung I wiederholt aus jedem Becken 10 Forellen bzw. 20 Forellen je Behandlung zufällig ausgewählt und geschlachtet. Während das mittlere Behandlungsleibengewicht bei dieser Schlachtung bei 277,4g lag, war das durchschnittliche Schlachtgewicht der Forellen, entsprechend der Zwischenschlachtung I, mit 290,9g im Vergleich zum Behandlungsmittel etwas erhöht (Übersicht 72).

Übersicht 72: Stichprobenumfang, mittleres Behandlungslebensgewicht und Schlachtgewichte [g] der Forellen

	Behandlung					
	Vit. E-Stufe I			Vit. E-Stufe II		
	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Kontrolle	CLA 1	CLA 3
Probenumfang	n=20	n=20	n=20	n=20	n=20	n=20
Mittleres Behandlungs- lebensgewicht	275,3 ± 6,2	286,6 ± 6,8	280,8 ± 6,6	274,0 ± 8,8	274,0 ± 5,0	273,8 ± 3,5
Schlachtgewicht	305,2 ± 44,7	289,1 ± 24,8	296,9 ± 38,8	298,3 ± 45,8	283,5 ± 28,8	272,5 ± 33,7

In Übersicht 73 sind die Mittelwerte und Randmittelwerte der Anteile der Körperfractionen am Gesamtkörper bei der Schlachtung nach der 10. Versuchswoche dargestellt. Die hier gefundenen Werte waren nahezu identisch mit denjenigen bei der Zwischenschlachtung I. Im Durchschnitt setzten sich die Forellen zu 43,9% aus Filet, zu 13,6% aus Innereien sowie zu 41,2% aus Restkörper zusammen. Lediglich der Innereienanteil der Forellen, welche die 3%ige CLA-Zulage erhielten, war gegenüber den Vergleichsrationen mit 14,7% leicht erhöht. Bei den Schlachtkörperfractionen Filet und Restkörper fielen dagegen keine behandlungsbedingten Unterschiede auf.

Übersicht 73: Mittelwerte und Randmittelwerte der Anteile der Filets (ohne Haut), Innereien und Restkörper am Gesamtkörper [%]

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Filet				
Vit.E -Stufe I	43,9 ± 1,6	44,1 ± 2,9	43,6 ± 1,9	43,8 ± 2,2
Vit.E -Stufe II	44,2 ± 2,1	44,1 ± 1,6	43,8 ± 2,4	44,0 ± 2,0
Mittel	44,1 ± 1,9	44,1 ± 2,3	43,7 ± 2,1	43,9 ± 6,7
Innereien				
Vit.E -Stufe I	13,2 ± 1,3	13,4 ± 1,7	15,0 ± 1,9	13,9 ± 1,6
Vit.E -Stufe II	13,3 ± 2,1	13,4 ± 1,5	14,3 ± 1,8	13,6 ± 1,8
Mittel	13,3 ± 1,7	13,4 ± 1,6	14,7 ± 1,9	13,6 ± 1,5
Restkörper				
Vit.E -Stufe I	41,7 ± 1,7	41,4 ± 2,4	40,4 ± 1,6	41,2 ± 2,0
Vit.E -Stufe II	41,2 ± 1,7	41,3 ± 1,7	41,1 ± 1,9	41,2 ± 1,8
Mittel	41,4 ± 1,7	41,4 ± 2,1	40,7 ± 1,8	41,2 ± 6,2

3.3.9 Nährstoffgehalte der Körperfraktionen der Forellen bei der Schlachtung nach der 10. Versuchswoche (Zwischenschlachtung II)

3.3.9.1 Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Filets

Die mittleren Nährstoffgehalte im Filet bei der Zwischenschlachtung II entsprachen mit einem Trockenmassegehalt von 24,8%, einem Rohaschegehalt von 1,2% und einem Gesamtfett- sowie Rohproteingehalt von 5,0% bzw. 18,7% weitestgehend den Daten bei der ersten Zwischenschlachtung (Übersicht 74). Weder die erhöhte Vit. E noch die CLA-Zulage hatte einen Einfluss auf den Nährstoffansatz im Filet.

Übersicht 74: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Filets (% der Frischsubstanz)

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Trockenmasse				
Vit.E -Stufe I	24,7 ± 0,2	24,9 ± 0,6	25,0 ± 0,4	24,8 ± 0,4
Vit.E -Stufe II	25,0 ± 0,3	24,9 ± 0,6	24,4 ± 0,2	24,8 ± 0,4
Mittel	24,8 ± 0,3	24,9 ± 0,5	24,7 ± 0,4	24,8 ± 0,4
Rohasche				
Vit.E -Stufe I	1,3 ± 0,0	1,2 ± 0,0	1,2 ± 0,0	1,2 ± 0,0
Vit.E -Stufe II	1,3 ± 0,0	1,2 ± 0,0	1,2 ± 0,0	1,3 ± 0,0
Mittel	1,3 ± 0,0	1,2 ± 0,0	1,2 ± 0,0	1,2 ± 0,0
Gesamtfett				
Vit.E -Stufe I	5,0 ± 0,0	5,0 ± 0,3	5,2 ± 0,6	5,1 ± 0,3
Vit.E -Stufe II	5,2 ± 0,2	5,0 ± 0,5	4,6 ± 0,1	4,9 ± 0,4
Mittel	5,1 ± 0,1	5,0 ± 0,3	4,9 ± 0,5	5,0 ± 0,3
Rohprotein				
Vit.E -Stufe I	18,5 ± 0,2	18,8 ± 0,4	18,8 ± 0,4	18,7 ± 0,3
Vit.E -Stufe II	18,8 ± 0,1	19,0 ± 0,0	18,6 ± 0,1	18,8 ± 0,2
Mittel	18,6 ± 0,2	18,9 ± 0,2	18,7 ± 0,3	18,7 ± 0,2

3.3.9.1.1 Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Innereien

Bei einem durchschnittlichen Gesamtfettgehalt von 33,8% waren die Innereien der Forellen bei der zweiten Zwischenschlachtung wesentlich fettreicher als bei der Zwischenschlachtung I mit 28,7% (Übersicht 75). Entsprechend erhöhte sich der Trockenmasseanteil von 41,8% auf 45,7% bei der Zwischenschlachtung II. Die übrigen Nährstoffgehalte waren im Vergleich der Zwischenschlachtungen nahezu identisch und betragen 1,0% für die Rohasche bzw. 11,3% für das Rohprotein. Durch

die unterschiedliche Vit. E-Dosierung war kein Effekt auf die chemische Zusammensetzung der Innereien ersichtlich. Entsprechend den Ergebnissen bei der ersten Zwischenschlachtung führte die 3%ige CLA-Zulage bei beiden Vit. E-Stufen gleichgerichtet zum reduzierten Fettansatz. So war der Gesamtfettgehalt in den Innereien bei den Behandlungen mit 3%iger CLA-Zulage (32,3%) etwa um 3% niedriger als bei den Forellen der Kontrollrationen (35,2%). Gleichlaufend verringerte sich der Trockenmasseanteil um diesen Betrag, während die Rohasche- und Rohproteinfraktion unbeeinflusst blieben.

Übersicht 75: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Innereien (% der Frischsubstanz)

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Trockenmasse				
Vit.E -Stufe I	46,1 ± 2,6	47,1 ± 0,6	44,3 ± 0,3	45,8 ± 1,7
Vit.E -Stufe II	48,4 ± 0,4	44,3 ± 3,0	44,1 ± 1,2	45,6 ± 2,6
Mittel	47,2 ± 2,0	45,7 ± 2,4	44,2 ± 0,7	45,7 ± 2,1
Rohasche				
Vit.E -Stufe I	1,0 ± 0,1	1,0 ± 0,0	0,9 ± 0,0	1,0 ± 0,1
Vit.E -Stufe II	0,9 ± 0,1	1,0 ± 0,1	1,0 ± 0,1	1,0 ± 0,1
Mittel	1,0 ± 0,1	1,0 ± 0,1	1,0 ± 0,1	1,0 ± 0,1
Gesamtfett				
Vit.E -Stufe I	33,9 ± 2,5	35,6 ± 0,8	32,8 ± 0,9	34,1 ± 1,8
Vit.E -Stufe II	36,5 ± 0,0	32,2 ± 3,1	31,8 ± 0,5	33,5 ± 2,7
Mittel	35,2 ± 2,1	33,9 ± 2,7	32,3 ± 0,8	33,8 ± 2,2
Rohprotein				
Vit.E -Stufe I	11,3 ± 0,1	11,1 ± 0,1	11,1 ± 0,3	11,1 ± 0,2
Vit.E -Stufe II	11,5 ± 0,3	11,2 ± 0,0	11,9 ± 0,3	11,5 ± 0,4
Mittel	11,4 ± 0,2	11,1 ± 0,1	11,5 ± 0,6	11,3 ± 0,4

3.3.9.1.2 Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Restkörpers

Wie in Übersicht 76 dargestellt ist, wies auch der Restkörper bei der Zwischenschlachtung II einen höheren Trockenmasse- und Gesamtfettgehalt gegenüber der Zwischenschlachtung I auf, wobei die übrigen Nährstoffgehalte sich kaum unterschieden. Ein auf die chemische Zusammensetzung des Restkörpers durch die verschiedenen Fütterungsvarianten induzierter Effekt war nicht feststellbar. Die durchschnittlichen Nährstoffanteile betragen bei einem Trockenmassegehalt von

35,1% für die Rohasche 3,5%, für das Gesamtfett 15,0% und für das Rohprotein 16,9%.

Übersicht 76: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Restkörpers (% der Frischsubstanz)

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Trockenmasse				
Vit.E -Stufe I	34,9 ± 0,9	35,0 ± 0,1	35,7 ± 0,2	35,2 ± 0,6
Vit.E -Stufe II	35,2 ± 1,0	35,4 ± 1,0	34,2 ± 0,4	34,9 ± 0,9
Mittel	35,1 ± 0,8	35,2 ± 0,6	35,0 ± 0,9	35,1 ± 0,7
Rohasche				
Vit.E -Stufe I	3,7 ± 0,3	3,5 ± 0,0	3,6 ± 0,1	3,6 ± 0,1
Vit.E -Stufe II	3,6 ± 0,1	3,4 ± 0,1	3,5 ± 0,0	3,5 ± 0,1
Mittel	3,6 ± 0,2	3,5 ± 0,1	3,5 ± 0,1	3,5 ± 0,1
Gesamtfett				
Vit.E -Stufe I	14,9 ± 0,4	14,9 ± 0,4	14,8 ± 0,3	14,9 ± 0,3
Vit.E -Stufe II	15,3 ± 1,1	15,6 ± 0,9	14,4 ± 0,5	15,1 ± 0,9
Mittel	15,1 ± 0,7	15,3 ± 0,7	14,6 ± 0,4	15,0 ± 0,6
Rohprotein				
Vit.E -Stufe I	16,9 ± 0,3	16,8 ± 0,2	17,3 ± 0,2	17,0 ± 0,3
Vit.E -Stufe II	16,9 ± 0,1	17,1 ± 0,1	16,7 ± 0,5	16,9 ± 0,3
Mittel	16,9 ± 0,2	17,0 ± 0,3	17,0 ± 0,5	16,9 ± 0,3

3.3.9.2 Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Ganzkörpers (% der Frischsubstanz)

Für die Ganzkörperzusammensetzung der Forellen bei der Zwischenschlachtung II errechnete sich im Vergleich zur Zwischenschlachtung I ein etwas höherer Gesamtfettgehalt von durchschnittlich 13,0% (Übersicht 77). Auch der mittlere Trockenmasseanteil lag mit 31,6% geringfügig höher, wobei die Rohasche- und Rohproteinanteile mit 2,1% bzw. 16,8% sich nur unwesentlich unterschieden. Die variierenden Gesamtfettgehalte wurden in der Innereienfraktion durch die Differenzen in den Körperfraktionsanteilen kompensiert, so dass entsprechend der Zwischenschlachtung I bei der Ganzkörperzusammensetzung kein behandlungsbedingter Effekt statistisch gesichert werden konnte.

Übersicht 77: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Ganzkörpers (% der Frischsubstanz)

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Trockenmasse				
Vit.E -Stufe I	31,4 ± 0,5	31,8 ± 0,2	32,0 ± 0,6	31,7 ± 0,4
Vit.E -Stufe II	32,0 ± 0,5	31,5 ± 1,0	31,1 ± 0,4	31,7 ± 0,7
Mittel	31,7 ± 0,5	31,7 ± 0,6	31,5 ± 0,7	31,6 ± 0,5
Rohasche				
Vit.E -Stufe I	2,2 ± 0,1	2,1 ± 0,0	2,1 ± 0,0	2,2 ± 0,1
Vit.E -Stufe II	2,2 ± 0,0	2,1 ± 0,0	2,1 ± 0,0	2,1 ± 0,0
Mittel	2,2 ± 0,1	2,1 ± 0,0	2,1 ± 0,0	2,1 ± 0,1
Gesamtfett				
Vit.E -Stufe I	12,9 ± 0,2	13,1 ± 0,5	13,2 ± 0,5	13,1 ± 0,4
Vit.E -Stufe II	13,4 ± 0,4	13,0 ± 0,9	12,5 ± 0,4	13,1 ± 0,6
Mittel	13,1 ± 0,4	13,0 ± 0,6	12,8 ± 0,6	13,0 ± 0,5
Rohprotein				
Vit.E -Stufe I	16,6 ± 0,2	16,7 ± 0,1	16,8 ± 0,3	16,7 ± 0,2
Vit.E -Stufe II	16,8 ± 0,1	16,9 ± 0,1	16,7 ± 0,2	16,8 ± 0,1
Mittel	16,7 ± 0,2	16,8 ± 0,2	16,8 ± 0,2	16,8 ± 0,2

3.3.10 Fleischhelligkeit und Fleischfarbe der Forellenfilets bei der Schlachtung nach der 10. Versuchswoche (Zwischenschlachtung II)

Die bei der Zwischenschlachtung II für die Fleischhelligkeit gemessenen Werte schwankten innerhalb der Behandlungen relativ stark. Die hieraus resultierenden Randmittelwerte waren jedoch einheitlicher, so dass kein Einfluss durch die unterschiedliche Vit. E-Dosierung bzw. die CLA-Zulage ersichtlich war. Entsprechend den Ergebnissen bei der Zwischenschlachtung I wiesen die Filets der Behandlungen mit 3%iger CLA-Zulage, im Vergleich zur 0% bzw. 1%igen CLA-Zulage, eine verringerte Rot- und Gelbfärbung auf, welche teilweise statistisch zu sichern war. Durch die variierende Vit. E-Dosierung konnte auch bei diesen Fleischparametern keine Wirkung beobachtet werden. Die Helligkeit der Filets nahm gegenüber der ersten Zwischenschlachtung deutlich ab und betrug im Mittel 41,6 Einheiten (Übersicht 78). Während die Gelbfärbung der Filets mit 12,2 Einheiten unverändert blieb, intensivierte sich die Rotfärbung um 2 Einheiten auf 10,1 Einheiten.

Übersicht 78: Mittelwerte und Randmittelwerte der Fleischparameter Helligkeit (L), Rot- (a) und Gelbfärbung (b) der Filets

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Helligkeit (L)				
Vit.E -Stufe I	42,5 ± 1,7 ^a	40,7 ± 1,9 ^b	41,9 ± 1,4 ^{ab}	41,7 ± 1,8
Vit.E -Stufe II	40,9 ± 1,4 ^b	41,8 ± 2,4 ^{ab}	42,1 ± 1,4 ^{ab}	41,6 ± 1,9
Mittel	41,7 ± 1,6	41,3 ± 2,2	42,0 ± 1,4	41,6 ± 1,9
Rotfärbung (a)				
Vit.E -Stufe I	10,4 ± 1,4 ^a	10,2 ± 1,6 ^a	10,2 ± 1,0 ^a	10,3 ± 1,4
Vit.E -Stufe II	11,1 ± 1,8 ^a	10,0 ± 1,1 ^a	8,9 ± 1,2 ^b	10,0 ± 1,6
Mittel	10,8 ± 1,6^A	10,1 ± 1,4^{AB}	9,5 ± 1,3^B	10,1 ± 1,5
Gelbfärbung (b)				
Vit.E -Stufe I	13,0 ± 2,1 ^a	12,3 ± 1,8 ^a	11,8 ± 1,6 ^{ab}	12,4 ± 1,9
Vit.E -Stufe II	12,7 ± 1,9 ^a	12,5 ± 1,5 ^a	10,9 ± 1,4 ^b	12,0 ± 1,8
Mittel	12,9 ± 2,0^A	12,4 ± 1,6^A	11,3 ± 1,6^B	12,2 ± 1,8

3.3.11 Schlachtkörperzusammensetzung der Forellen bei der Schlachtung nach der 14. Versuchswoche (Fütterungsende)

3.3.11.1 Schlachtgewichte und Anteile der Körperfraktionen der Forellen bei der Schlachtung nach der 14. Versuchswoche (Fütterungsende)

Bei der Schlachtung zu Fütterungsende wurden aus den Becken der Behandlungen, welche die 1%ige CLA-Zulage erhielten 6, aus den übrigen Becken jeweils aufgrund der sich anschließenden Gefrierlagerung 12 Forellen zufällig entnommen und geschlachtet (Übersicht 79). Da der Versuchsplan zwei Becken pro Behandlung vorsah, ergab sich somit ein Probenumfang von 12 bzw. 24 Forellen für jede Behandlung. Das Schlachtgewicht betrug im Durchschnitt 385,4g gegenüber dem mittleren Behandlungslebensgewicht von 383,5g.

Übersicht 79: Stichprobenumfang, mittleres Behandlungslebensgewicht und Schlachtgewichte [g] der Forellen

	Behandlung					
	Vit. E-Stufe I			Vit. E-Stufe II		
	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Kontrolle	CLA 1	CLA 3
Probenumfang	n=24	n=12	n=24	n=24	n=12	n=24
Mittleres Behandlungs- lebensgewicht	383,0 ± 11,4	389,9 ± 7,4	382,0 ± 6,8	379,9 ± 7,3	383,0 ± 10,5	383,1 ± 7,7
Schlachtgewicht	352,6 ± 45,8	414,8 ± 45,7	370,5 ± 62,3	391,2 ± 77,7	395,8 ± 67,4	387,4 ± 46,2

Im Vergleich zu den Zwischenschlachtungen verringerte sich der Anteil des Restkörpers bei der Schlachtung zu Fütterungsende zugunsten des Filetanteils. Im Mittel konnte ein Filetanteil von 45,1%, ein Innereienanteil von 14,1% und ein Anteil des Restkörpers am Gesamtkörper von 39,6% gefunden werden (Übersicht 80). Auch zu diesem Messzeitpunkt zeigten die Fische der Behandlungen mit 3%iger CLA-Zulage einen tendenziell höheren Innereienanteil von 14,7% im Vergleich zu den übrigen Behandlungen mit durchschnittlich 13,7%. Grundlegende Unterschiede bezüglich der Körperfraktionsanteile ergaben sich zwischen den Fütterungsvarianten jedoch nicht.

Übersicht 80: Mittelwerte und Randmittelwerte der Anteile der Filets (ohne Haut), Innereien und Restkörper am Gesamtkörper [%]

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Filet				
Vit.E -Stufe I	45,8 ± 1,9	45,7 ± 2,4	44,7 ± 1,8	45,4 ± 2,0
Vit.E -Stufe II	44,4 ± 1,9	44,9 ± 0,9	45,2 ± 2,4	44,8 ± 2,0
Mittel	45,1 ± 2,0	45,3 ± 1,8	44,9 ± 2,1	45,1 ± 2,0
Innereien				
Vit.E -Stufe I	13,0 ± 1,8	13,9 ± 1,8	14,5 ± 1,8	13,8 ± 1,9
Vit.E -Stufe II	14,1 ± 1,5	13,8 ± 1,5	14,9 ± 1,2	14,3 ± 1,4
Mittel	13,6 ± 1,7	13,8 ± 1,6	14,7 ± 1,6	14,1 ± 1,7
Restkörper				
Vit.E -Stufe I	39,8 ± 2,0	39,3 ± 1,9	39,5 ± 1,6	39,6 ± 1,8
Vit.E -Stufe II	40,2 ± 1,6	39,7 ± 2,0	39,0 ± 2,0	39,6 ± 1,9
Mittel	40,0 ± 1,8	39,5 ± 1,9	39,3 ± 1,8	39,6 ± 1,8

3.3.11.2 Nährstoffgehalte der Körperfraktionen der Forellen bei der Schlachtung nach der 14. Versuchswoche (Fütterungsende)

3.3.11.2.1 Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Filets

Wie aus Übersicht 81 ersichtlich ist, konnten im Filet bei der Schlachtung zu Fütterungsende sowohl höhere Trockenmasse- als auch Gesamtfettgehalte gegenüber den Zwischenschlachtungen analysiert werden. So stiegen der mittlere Trockenmasse- und Fettanteil auf 27,2% bzw. 6,5% im Filet an. Ähnlich den Zwischenschlachtungen betrug der durchschnittliche Gehalt an Rohasche 1,2% und an Rohprotein 19,4%. Aufgrund der z.T. deutlich höheren Trockenmasse- und Gesamtfettgehalte der Forellen der Kontrollration der Vit. E-Stufe II im Vergleich zu den übrigen Behandlungen waren die Ergebnisse weniger einheitlich. Zusammenfassend lässt sich aber auch hier weder ein Einfluss durch die unterschiedliche Vit. E-Dosierung noch durch die CLA-Zulage festhalten.

Übersicht 81: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Filets (% der Frischsubstanz)

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Trockenmasse				
Vit.E -Stufe I	26,3 ± 0,1 ^b	26,1 ± 0,2 ^b	27,4 ± 0,5 ^b	26,6 ± 0,7
Vit.E -Stufe II	28,9 ± 0,2 ^a	26,9 ± 0,3 ^b	27,7 ± 0,9 ^{ab}	27,8 ± 1,0
Mittel	27,6 ± 1,5	26,5 ± 0,5	27,6 ± 0,7	27,2 ± 1,0
Rohasche				
Vit.E -Stufe I	1,3 ± 0,0	1,1 ± 0,1	1,2 ± 0,1	1,2 ± 0,1
Vit.E -Stufe II	1,1 ± 0,1	1,2 ± 0,0	1,1 ± 0,0	1,2 ± 0,1
Mittel	1,2 ± 0,1	1,2 ± 0,1	1,2 ± 0,1	1,2 ± 0,1
Gesamtfett				
Vit.E -Stufe I	5,7 ± 0,4	5,8 ± 0,3	6,5 ± 0,3	6,0 ± 0,5
Vit.E -Stufe II	7,5 ± 0,1	6,4 ± 0,5	6,8 ± 0,9	6,9 ± 0,7
Mittel	6,6 ± 1,1	6,1 ± 0,4	6,7 ± 0,6	6,5 ± 0,7
Rohprotein				
Vit.E -Stufe I	19,2 ± 0,1	19,1 ± 0,0	19,3 ± 0,3	19,2 ± 0,1
Vit.E -Stufe II	19,7 ± 0,1	19,2 ± 0,0	19,7 ± 0,1	19,5 ± 0,3
Mittel	19,4 ± 0,3	19,2 ± 0,1	19,5 ± 0,3	19,4 ± 0,3

3.3.11.2.2 Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Innereien

Die zunehmende Verfettung mit steigender Lebendmasse war auch bei der Innereienfraktion zu beobachten. Bei im Vergleich zu den Zwischenschlachtungen relativ konstanten mittleren Rohasche- (1,0%) und Rohproteingehalten (11,6%), lagen der Trockenmasseanteil mit durchschnittlich 50,7% und der Anteil an Gesamtfett mit 37,7% deutlich über dem Niveau der Zwischenschlachtungen (Übersicht 82). Die 3%ige CLA-Zulage führte erneut zur Reduktion des Trockenmasse- und Fettgehalts in den Innereien auf 49,5% bzw. 36,6%. Diese Differenz von etwa 1,8% im Vergleich zu den übrigen Behandlungen konnte statistisch gesichert werden. Bei den anderen Nährstofffraktionen war kein Behandlungseffekt ersichtlich.

Übersicht 82: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Innereien (% der Frischsubstanz)

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Trockenmasse				
Vit.E -Stufe I	50,9 ± 0,1	51,0 ± 0,1	49,4 ± 1,1	50,4 ± 0,9
Vit.E -Stufe II	51,6 ± 0,5	51,6 ± 1,1	49,6 ± 0,6	50,9 ± 1,2
Mittel	51,3 ± 0,5^A	51,3 ± 0,7^A	49,5 ± 0,7^B	50,7 ± 1,1
Rohasche				
Vit.E -Stufe I	0,9 ± 0,0	0,9 ± 0,1	1,1 ± 0,0	1,0 ± 0,1
Vit.E -Stufe II	1,0 ± 0,0	0,9 ± 0,1	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,1
Mittel	1,0 ± 0,0	0,9 ± 0,1	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,1
Gesamtfett				
Vit.E -Stufe I	38,0 ± 0,0	37,9 ± 1,1	36,6 ± 0,9	37,5 ± 1,0
Vit.E -Stufe II	38,5 ± 0,6	38,6 ± 0,5	36,6 ± 0,3	37,9 ± 1,1
Mittel	38,3 ± 0,5^A	38,3 ± 0,8^A	36,6 ± 0,6^B	37,7 ± 1,0
Rohprotein				
Vit.E -Stufe I	11,9 ± 0,1	11,5 ± 0,7	11,5 ± 0,2	11,6 ± 0,4
Vit.E -Stufe II	11,6 ± 0,6	11,5 ± 0,2	11,7 ± 0,2	11,6 ± 0,3
Mittel	11,7 ± 0,4	11,5 ± 0,4	11,6 ± 0,2	11,6 ± 0,3

3.3.11.2.3 Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Restkörpers

Bei einem mittleren Trockenmasseanteil von 37,5% wies der Restkörper der Forellen zu Fütterungsende einen Rohaschegehalt von 3,6%, einen Gesamtfettgehalt von 17,0% sowie einen Rohproteingehalt von 17,2% auf (Übersicht 83). Auch in dieser

Schlachtkörperfraktion war der Gesamtfettgehalt im Verlauf des Versuchs merklich angestiegen. Entsprechend den vorausgegangenen Schlachtungen blieb die chemische Zusammensetzung des Restkörpers jedoch von den unterschiedlichen Fütterungsvarianten unbeeinflusst.

Übersicht 83: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Restkörpers (% der Frischsubstanz)

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Trockenmasse				
Vit.E -Stufe I	36,9 ± 0,4	36,4 ± 0,6	38,2 ± 0,2	37,1 ± 0,9
Vit.E -Stufe II	38,2 ± 0,7	38,6 ± 0,2	36,8 ± 1,4	37,8 ± 1,1
Mittel	37,5 ± 0,9	37,5 ± 1,3	37,5 ± 1,2	37,5 ± 1,0
Rohasche				
Vit.E -Stufe I	3,6 ± 0,0	3,5 ± 0,2	3,5 ± 0,4	3,5 ± 0,2
Vit.E -Stufe II	3,8 ± 0,0	3,6 ± 0,0	3,4 ± 0,0	3,6 ± 0,2
Mittel	3,7 ± 0,1	3,5 ± 0,1	3,5 ± 0,2	3,6 ± 0,2
Gesamtfett				
Vit.E -Stufe I	16,5 ± 0,0	16,0 ± 0,2	17,1 ± 0,2	16,5 ± 0,5
Vit.E -Stufe II	17,3 ± 0,4	17,9 ± 0,7	16,9 ± 0,3	17,4 ± 0,6
Mittel	16,9 ± 0,5	17,0 ± 1,2	17,0 ± 0,2	17,0 ± 0,7
Rohprotein				
Vit.E -Stufe I	16,7 ± 0,6	17,1 ± 0,5	17,6 ± 0,1	17,1 ± 0,6
Vit.E -Stufe II	17,5 ± 0,1	17,3 ± 0,7	16,9 ± 0,8	17,2 ± 0,5
Mittel	17,1 ± 0,6	17,2 ± 0,5	17,3 ± 0,6	17,2 ± 0,5

3.3.11.3 Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Ganzkörpers

Die Trockenmasse- und Gesamtfettanteile waren in den Ganzkörpern mit 34,3% bzw. 15,0% aufgrund der angestiegenen Lebendmasse gegenüber den Zwischenschlachtungen erhöht (Übersicht 84). Hiervon unbeeinflusst blieben sowohl der durchschnittliche Rohaschegehalt mit 2,1% als auch der Rohproteingehalt mit 17,2%. Die unterschiedliche Vit. E-Dosierung bzw. die CLA-Zulage zeigte keinerlei Auswirkungen auf die chemische Zusammensetzung der Forellen bei der Schlachtung zu Fütterungsende.

Übersicht 84: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Gesamtkörpers (% der Frischsubstanz)

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Trockenmasse				
Vit.E -Stufe I	33,5 ± 0,3 ^b	33,3 ± 0,3 ^b	34,5 ± 0,5 ^{ab}	3,8 ± 0,6
Vit.E -Stufe II	35,4 ± 0,4 ^a	34,5 ± 0,1 ^{ab}	34,2 ± 0,9 ^{ab}	4,8 ± 0,7
Mittel	34,5 ± 1,1	33,9 ± 0,7	34,4 ± 0,6	4,3 ± 0,8
Rohasche				
Vit.E -Stufe I	2,3 ± 0,0	2,0 ± 0,1	2,1 ± 0,1	2,1 ± 0,1
Vit.E -Stufe II	2,2 ± 0,1	2,1 ± 0,0	2,0 ± 0,0	2,1 ± 0,1
Mittel	2,2 ± 0,1	2,1 ± 0,1	2,0 ± 0,1	2,1 ± 0,1
Gesamtfett				
Vit.E -Stufe I	14,2 ± 0,3	14,5 ± 0,1	15,0 ± 0,2	14,6 ± 0,4
Vit.E -Stufe II	15,7 ± 0,3	15,3 ± 0,6	15,1 ± 0,5	15,3 ± 0,5
Mittel	15,0 ± 0,9	14,9 ± 0,6	15,0 ± 0,3	15,0 ± 0,6
Rohprotein				
Vit.E -Stufe I	17,1 ± 0,2	16,9 ± 0,1	17,3 ± 0,2	17,1 ± 0,2
Vit.E -Stufe II	17,4 ± 0,0	17,1 ± 0,4	17,2 ± 0,2	17,3 ± 0,2
Mittel	17,3 ± 0,2	17,0 ± 0,2	17,2 ± 0,2	17,2 ± 0,2

3.3.11.4 Fett- und Proteinansatz des Ganzkörpers

Wie in Übersicht 85 dargestellt ist, setzten die Forellen im Versuchsmittel 0,39g Fett bzw. 0,49g Protein pro Tag an. Die jeweilige Ansatzintensität schwankte zwischen den unterschiedlichen Behandlungen nur geringfügig, so dass kein Einfluss durch die Vit. E- bzw. CLA-Zulage erkennbar war.

Übersicht 85: Mittelwerte und Randmittelwerte des Fett- und Proteinansatzes im Versuchsmittel (g/d)

	Kontrolle	CLA1	CLA 3	Mittel
Fettansatz				
Vit.E -Stufe I	0,39 ± 0,03	0,42 ± 0,01	0,40 ± 0,02	0,40 ± 0,06
Vit.E -Stufe II	0,38 ± 0,02	0,38 ± 0,01	0,39 ± 0,01	0,38 ± 0,01
Mittel	0,39 ± 0,04	0,40 ± 0,03	0,40 ± 0,02	0,39 ± 0,04
Proteinansatz				
Vit.E -Stufe I	0,48 ± 0,01	0,51 ± 0,07	0,47 ± 0,02	0,49 ± 0,06
Vit.E -Stufe II	0,49 ± 0,02	0,49 ± 0,05	0,48 ± 0,02	0,49 ± 0,03
Mittel	0,49 ± 0,05	0,50 ± 0,05	0,48 ± 0,02	0,49 ± 0,05

3.3.11.5 Fleischhelligkeit und Fleischfarbe der Forellenfilets bei der Schlachtung nach der 14. Versuchswoche (Fütterungsende)

Wie Übersicht 86 zeigt ist, traten bei der Schlachtung nach der Fütterungsphase bezüglich der Fleischhelligkeit und -farbe praktisch keine Unterschiede zwischen den Behandlungen bzw. Behandlungsgruppen auf. Im Mittel betragen die Messwerte für die Fleischhelligkeit 40,3, für die Rotfärbung 11,1 und für die Gelbfärbung 13,6 Einheiten. Im Vergleich zur Zwischenschlachtung II nahm die Fleischhelligkeit der Filets etwas ab, gleichzeitig war die Rot- und Gelbfärbung stärker ausgeprägt.

Übersicht 86: Mittelwerte und Randmittelwerte der Fleischparameter Helligkeit (L), Rot- (a) und Gelbfärbung (b) der Filets

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Helligkeit (L)				
Vit.E -Stufe I	40,5 ± 1,6	39,2 ± 1,8	40,0 ± 1,7	40,0 ± 1,7
Vit.E -Stufe II	39,7 ± 1,5	40,3 ± 2,4	41,4 ± 1,3	40,5 ± 1,8
Mittel	40,1 ± 1,6	39,7 ± 2,1	40,7 ± 1,7	40,3 ± 1,8
Rotfärbung (a)				
Vit.E -Stufe I	10,7 ± 1,3	11,1 ± 0,7	11,0 ± 1,3	10,9 ± 1,2
Vit.E -Stufe II	11,6 ± 1,5	11,8 ± 1,1	10,8 ± 1,2	11,3 ± 1,4
Mittel	11,2 ± 1,5	11,4 ± 1,0	10,9 ± 1,2	11,1 ± 1,3
Gelbfärbung (b)				
Vit.E -Stufe I	13,2 ± 1,7	13,5 ± 1,4	13,5 ± 1,8	13,4 ± 1,6
Vit.E -Stufe II	13,8 ± 1,6	14,2 ± 2,1	13,9 ± 1,3	13,9 ± 1,6
Mittel	13,5 ± 1,6	13,8 ± 1,8	13,7 ± 1,6	13,6 ± 1,6

3.3.12 Schlachtkörperzusammensetzung der Forellen bei der Schlachtung nach der 20. Versuchswoche (Hälterungsende)

3.3.12.1 Schlachtgewichte und Anteile der Körperfraktionen der Forellen bei der Schlachtung nach der 20. Versuchswoche (Hälterungsende)

Nach der 14wöchigen Fütterungsphase sah der Versuchsplan eine sechswöchige Hälterung der Forellen vor. Im Anschluss daran wurden wie bei der Schlachtung zu Fütterungsende aus den Becken der Behandlungen, welche die 1%ige CLA-Zulage erhielten 6, aus den übrigen Becken 12 Forellen zufällig entnommen und geschlachtet. Hieraus ergab sich ein Probenumfang von 12 bzw. 24 Fischen pro Behandlung (Übersicht 87). Im Durchschnitt lag das Schlachtgewicht bei 352,9g. Das mittlere Beckengewicht wurde bei dieser Schlachtung nicht erfasst, so dass die Gewichtsreduktion während der Hungerphase nicht quantifiziert werden konnte.

Übersicht 87: Stichprobenumfang und Schlachtgewichte [g] der Forellen

	Behandlung					
	Vit. E - Stufe I			Vit. E - Stufe II		
	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Kontrolle	CLA 1	CLA 3
Probenumfang	n=24	n=12	n=24	n=24	n=12	n=24
Schlachtgewicht	337,4 ± 64,8	358,5 ± 48,0	360,2 ± 50,6	348,2 ± 46,0	362,1 ± 27,8	351,2 ± 52,4

In Anlehnung an die Ergebnisse bei der Zwischenschlachtung II und der Schlachtung nach Fütterungsende war auch bei den Forellen nach der Hälterung der Innereienanteil der Fische stärker ausgeprägt, welche die 3%ige CLA-Zulage erhielten. Die Differenz von 1,2% konnte bei dieser Schlachtung gegenüber der Kontrollbehandlung statistisch gesichert werden. Die anderen Schlachtkörperfraktionen unterlagen jedoch keinem Behandlungseffekt. Im Mittel setzte sich der Schlachtkörper zu 46,0% aus Filet, zu 10,0% aus Innereien und zu 42,4% aus Restkörper zusammen (Übersicht 88). Somit wiesen die genücherten Forellen niedrigere Innereienanteile und höhere Restkörperanteile im Vergleich zu den gefütterten Forellen auf, wobei der Filetanteil relativ konstant blieb.

Übersicht 88: Mittelwerte und Randmittelwerte der Anteile der Filets (ohne Haut), Innereien und Restkörper am Gesamtkörper [%]

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Filet				
Vit.E -Stufe I	45,7 ± 2,1	45,3 ± 1,6	45,6 ± 2,0	45,6 ± 1,9
Vit.E -Stufe II	46,4 ± 1,3	47,2 ± 1,6	46,3 ± 1,3	46,5 ± 1,4
Mittel	46,0 ± 1,8	46,3 ± 1,8	46,0 ± 1,7	46,0 ± 1,7
Innereien				
Vit.E -Stufe I	9,3 ± 1,5	9,9 ± 1,5	11,0 ± 1,1	10,1 ± 1,5
Vit.E -Stufe II	9,7 ± 1,2	9,8 ± 1,6	10,3 ± 1,3	10,0 ± 1,3
Mittel	9,5 ± 1,4^B	9,9 ± 1,5^{AB}	10,7 ± 1,2^A	10,0 ± 1,4
Restkörper				
Vit.E -Stufe I	43,7 ± 2,1 ^a	43,4 ± 1,3 ^a	42,0 ± 1,6 ^{ab}	43,0 ± 1,9
Vit.E -Stufe II	42,7 ± 1,5 ^{ab}	40,2 ± 4,8 ^b	42,1 ± 1,6 ^{ab}	41,9 ± 2,6
Mittel	43,2 ± 1,9	41,8 ± 3,8	42,1 ± 2,6	42,4 ± 2,4

3.3.12.2 Nährstoffgehalte der Körperfraktionen der Forellen bei der Schlachtung nach der 20. Versuchswoche (Hälterungsende)

3.3.12.2.1 Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Filets

Die genücherten Forellen zeigten in den Filets gegenüber den zu Fütterungsende geschlachteten Forellen deutlich geringere Trockenmasse- und Gesamtfettgehalte. Der Filetfettanteil betrug mit durchschnittlich 4,2% um 2,3% weniger als zu Fütterungsende, was einer relativen Veränderung von etwa 35% entspricht (Übersicht 89). Während der Trockenmasse- und Gesamtfettgehalt etwa auf das Niveau der Zwischenschlachtung I zurückfielen, blieben der mittlere Rohasche- und Rohproteingehalt mit 1,3% bzw. 19,2% im Vergleich zu der vorangegangenen Schlachtung konstant. Eine Veränderung der chemischen Zusammensetzung durch die Nüchterung in Abhängigkeit der Behandlungen war im verkehrsrelevanten Teilstück nicht festzustellen.

Übersicht 89: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Filets (% der Frischsubstanz)

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Trockenmasse				
Vit.E -Stufe I	24,0 ± 0,5	25,0 ± 0,8	25,1 ± 0,2	24,7 ± 0,7
Vit.E -Stufe II	24,7 ± 0,5	24,8 ± 1,0	25,0 ± 0,4	24,9 ± 0,5
Mittel	24,4 ± 0,6	24,9 ± 0,7	25,1 ± 0,3	24,8 ± 0,6
Rohasche				
Vit.E -Stufe I	1,3 ± 0,0	1,3 ± 0,1	1,2 ± 0,0	1,3 ± 0,1
Vit.E -Stufe II	1,2 ± 0,1	1,3 ± 0,0	1,3 ± 0,1	1,2 ± 0,1
Mittel	1,3 ± 0,1	1,3 ± 0,1	1,2 ± 0,1	1,3 ± 0,1
Gesamtfett				
Vit.E -Stufe I	3,7 ± 0,4	4,3 ± 0,6	4,6 ± 0,3	4,2 ± 0,5
Vit.E -Stufe II	4,3 ± 0,5	4,2 ± 0,4	4,2 ± 0,7	4,2 ± 0,4
Mittel	4,0 ± 0,5	4,3 ± 0,4	4,4 ± 0,5	4,2 ± 0,4
Rohprotein				
Vit.E -Stufe I	18,8 ± 0,0	19,3 ± 0,1	19,1 ± 0,4	19,1 ± 0,3
Vit.E -Stufe II	19,0 ± 0,2	19,2 ± 0,4	19,6 ± 0,4	19,3 ± 0,4
Mittel	18,9 ± 0,2	19,3 ± 0,3	19,4 ± 0,4	19,2 ± 0,4

3.3.12.2 Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Innereien

Im Anschluss an die Nüchterungsphase ergaben sich aufgrund des reduzierten Innereienanteils grundlegende Änderungen in der chemischen Zusammensetzung dieser Körperfraktion. So lagen der Trockenmasse- und Gesamtfettgehalt mit durchschnittlich 54,2% bzw. 44,0% um 3,5% bzw. 6,3% über den entsprechenden Werten bei der Schlachtung zu Fütterungsende (Übersicht 90). Ferner verringerten sich der mittlere Rohasche- und Rohproteinanteil durch die Nüchterung auf 0,8% bzw. 9,0%. Die genannten Verschiebungen in den Trockenmasse- und Nährstoffgehalten der Innereien waren jedoch unabhängig von den während der Fütterungsphase eingesetzten Rationen.

Übersicht 90: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der Innereien (% der Frischsubstanz)

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Trockenmasse				
Vit.E -Stufe I	53,0 ± 1,0	52,9 ± 1,4	55,0 ± 2,4	53,7 ± 1,7
Vit.E -Stufe II	55,9 ± 0,0	54,9 ± 1,0	53,4 ± 3,7	54,7 ± 2,1
Mittel	54,5 ± 1,8	53,9 ± 1,5	54,2 ± 2,7	54,2 ± 1,9
Rohasche				
Vit.E -Stufe I	0,9 ± 0,2	0,9 ± 0,0	0,8 ± 0,1	0,9 ± 0,1
Vit.E -Stufe II	0,8 ± 0,0	0,8 ± 0,1	0,7 ± 0,0	0,8 ± 0,0
Mittel	0,8 ± 0,1	0,8 ± 0,1	0,8 ± 0,1	0,8 ± 0,1
Gesamtfett				
Vit.E -Stufe I	43,4 ± 1,5	42,7 ± 2,1	44,8 ± 2,7	43,6 ± 1,9
Vit.E -Stufe II	45,8 ± 0,3	44,1 ± 0,3	43,5 ± 4,1	44,4 ± 2,1
Mittel	44,6 ± 1,6	43,4 ± 1,4	44,1 ± 3,0	44,0 ± 2,0
Rohprotein				
Vit.E -Stufe I	8,8 ± 0,2	8,6 ± 0,6	8,9 ± 0,5	8,7 ± 0,4
Vit.E -Stufe II	9,1 ± 0,3	9,7 ± 0,2	8,7 ± 0,2	9,2 ± 0,5
Mittel	8,9 ± 0,3	9,1 ± 0,7	8,8 ± 0,3	9,0 ± 0,5

3.3.12.2.3 Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Restkörpers

Wie in Übersicht 91 dargestellt ist, konnten in den Forellenrestkörpern nach der sechswöchigen Nüchterung vergleichbare mittlere Trockenmassegehalte von 37,2% gegenüber der Schlachtung zu Fütterungsende festgestellt werden. Im Vergleich zur vorausgehenden Schlachtung wurde der durch die Nüchterung induzierte Fettabbau im Restkörper durch leicht erhöhte Rohasche- und Rohproteinanteile kompensiert. So wurden im Durchschnitt Gehalte für das Gesamtfett von 15,2%, für die Rohasche von 4,2% und für das Rohprotein von 18,3% ermittelt. Die Nährstoffanteile in dieser Körperfraktion waren von Behandlungseffekten unabhängig.

Übersicht 91: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Restkörpers (% der Frischsubstanz)

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Trockenmasse				
Vit.E -Stufe I	36,2 ± 0,4	37,2 ± 0,9	38,8 ± 0,7	37,4 ± 1,3
Vit.E -Stufe II	37,0 ± 1,3	36,5 ± 0,4	37,2 ± 2,5	36,9 ± 1,3
Mittel	36,6 ± 1,0	36,9 ± 0,7	38,0 ± 1,7	37,2 ± 1,3
Rohasche				
Vit.E -Stufe I	4,3 ± 0,0	4,0 ± 0,3	4,3 ± 0,1	4,2 ± 0,2
Vit.E -Stufe II	4,5 ± 0,1	4,0 ± 0,7	4,3 ± 0,2	4,2 ± 0,4
Mittel	4,4 ± 0,1	4,0 ± 0,4	4,3 ± 0,1	4,2 ± 0,3
Gesamtfett				
Vit.E -Stufe I	14,4 ± 0,2	16,1 ± 0,8	16,1 ± 0,8	15,5 ± 1,0
Vit.E -Stufe II	14,4 ± 1,1	14,9 ± 0,0	15,1 ± 1,0	14,8 ± 0,7
Mittel	14,4 ± 0,6	15,5 ± 0,8	15,6 ± 0,9	15,2 ± 0,9
Rohprotein				
Vit.E -Stufe I	18,2 ± 0,8	17,4 ± 0,1	18,8 ± 0,6	18,1 ± 0,8
Vit.E -Stufe II	18,8 ± 0,2	18,2 ± 0,2	18,2 ± 1,4	18,4 ± 0,7
Mittel	18,5 ± 0,6	17,8 ± 0,5	18,5 ± 1,0	18,3 ± 0,7

3.3.12.3 Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Ganzkörpers

Der Ganzkörper der Forellen unterschied sich aufgrund der Nüchterung durch einen geringeren Trockenmasse- und Gesamtfettgehalt von den Forellen, welche unmittelbar nach der Fütterungsphase geschlachtet wurden. Die übrigen Rohnährstofffraktionen blieben dagegen weitestgehend unbeeinflusst. Im Mittel betrug der Trockenmasseanteil der Forellen 32,7%, der Anteil an Rohasche 2,5%, an Gesamtfett 12,8% und an Rohprotein 17,5% (Übersicht 92). Eine Veränderung der chemische Zusammensetzung durch die Nüchterung in Abhängigkeit der Behandlungen war auch bei den Forellenganzkörpern nicht feststellbar.

Übersicht 92: Mittelwerte und Randmittelwerte der Trockenmasse- und Nährstoffgehalte des Ganzkörpers (% der Frischsubstanz)

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Trockenmasse				
Vit.E -Stufe I	31,7 ± 1,1	32,7 ± 1,2	33,8 ± 0,2	32,8 ± 1,2
Vit.E -Stufe II	32,7 ± 1,1	32,2 ± 0,6	32,8 ± 0,9	32,7 ± 0,7
Mittel	32,2 ± 1,0	32,5 ± 0,8	33,3 ± 0,8	32,7 ± 0,9
Rohasche				
Vit.E -Stufe I	2,6 ± 0,0	2,4 ± 0,1	2,4 ± 0,0	2,5 ± 0,1
Vit.E -Stufe II	2,6 ± 0,1	2,3 ± 0,3	2,5 ± 0,0	2,4 ± 0,2
Mittel	2,6 ± 0,0	2,4 ± 0,2	2,4 ± 0,0	2,5 ± 0,1
Gesamtfett				
Vit.E -Stufe I	12,0 ± 0,8	13,2 ± 1,2	13,8 ± 0,2	13,0 ± 1,0
Vit.E -Stufe II	12,5 ± 0,9	12,5 ± 0,6	12,8 ± 0,2	12,7 ± 0,5
Mittel	12,3 ± 0,7	12,8 ± 0,9	13,3 ± 0,6	12,8 ± 0,8
Rohprotein				
Vit.E -Stufe I	17,3 ± 0,3	17,1 ± 0,2	17,6 ± 0,1	17,4 ± 0,3
Vit.E -Stufe II	17,7 ± 0,1	17,6 ± 0,0	17,7 ± 0,6	17,7 ± 0,3
Mittel	17,5 ± 0,3	17,4 ± 0,3	17,6 ± 0,3	17,5 ± 0,3

3.3.12.4 Fleischhelligkeit und Fleischfarbe der Forellenfilets bei der Schlachtung nach der 20. Versuchswoche (Hälterungsende)

Bei den Filets der gehälterten Forellen betrug die Fleischhelligkeit im Durchschnitt 38,8 Einheiten, die Rotfärbung 10,6 Einheiten und die Gelbfärbung 12,1 Einheiten (Übersicht 93). Sowohl die unterschiedliche Vit. E-Dosierung als auch die CLA-Zulage hatten keinerlei Einfluss auf die Ausbildung dieser Parameter. Gegenüber der vorausgegangenen Schlachtung erschienen die Filets dunkler und die Intensität der Rotfärbung verringerte sich geringfügig. Auch die Gelbfärbung nahm im Vergleich zu den Filets der nach der Fütterungsphase geschlachteten Forellen von 13,6 Einheiten auf 12,1 Einheiten ab.

Übersicht 93: Mittelwerte und Randmittelwerte der Fleischparameter Helligkeit (L), Rot- (a) und Gelbfärbung (b) der Filets

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Helligkeit (L)				
Vit.E -Stufe I	39,5 ± 2,1	38,2 ± 1,2	38,7 ± 1,9	38,9 ± 1,9
Vit.E -Stufe II	39,1 ± 1,6	38,7 ± 1,5	38,2 ± 1,3	38,7 ± 1,5
Mittel	39,3 ± 1,8	38,4 ± 1,3	38,5 ± 1,7	38,8 ± 1,7
Rotfärbung (a)				
Vit.E -Stufe I	10,7 ± 1,9	10,6 ± 1,6	10,3 ± 1,2	10,5 ± 1,5
Vit.E -Stufe II	10,7 ± 1,5	10,8 ± 1,5	10,6 ± 1,1	10,7 ± 1,3
Mittel	10,7 ± 1,7	10,7 ± 1,3	10,4 ± 1,2	10,6 ± 1,4
Gelbfärbung (b)				
Vit.E -Stufe I	12,4 ± 2,0	12,6 ± 1,5	11,9 ± 1,5	12,2 ± 1,7
Vit.E -Stufe II	12,0 ± 1,8	12,3 ± 1,6	11,9 ± 1,8	12,0 ± 1,7
Mittel	12,2 ± 1,9	12,5 ± 1,5	11,9 ± 1,6	12,1 ± 1,7

4 Diskussion

4.1 Struktur, Bildung, Vorkommen sowie technische Herstellung von CLA

Seit einigen Jahren finden die konjugierten Linolsäureisomere (conjugated linoleic acids, CLA) in der Lipidforschung zunehmend Beachtung. Es handelt sich bei den CLA um ein komplexes Gemisch von positionellen und geometrischen Isomeren der Linolsäure, deren Doppelbindungen konjugiert angeordnet sind. Sowohl die CLA als auch die Linolsäure liegen als zweifach ungesättigte Fettsäuren mit achtzehn Kohlenstoffatomen vor. Im Gegensatz zu der in der Linolsäure auftretenden isolierten Anordnung der Doppelbindungen enthalten CLA-Isomere ein konjugiertes Doppelbindungssystem, d.h. die Doppelbindungen sind lediglich durch eine C – C-Bindung getrennt. Isolierte Fettsäuren weisen dagegen mindestens eine Methylengruppe zwischen zwei Doppelbindungen auf. Durch Variation der Position (6.-15. C-Atom) sowie der geometrischen Anordnung der Doppelbindungen (cis/cis-, trans/trans-, cis/trans-, trans/cis- Konfiguration) existiert eine Vielzahl von CLA-Isomeren, von denen bisher 18 Isomere identifiziert werden konnten (RICKERT et al., 1999). Das Hauptisomer der natürlich vorkommenden CLA ist die cis-9, trans-11-Octadecadiensäure (IP et al., 1994), für die sich heute weitestgehend die Bezeichnung „rumenic acid“ durchgesetzt hat (KRAMER et al., 1998). Nach FRITSCHKE et al. (1998 b) nimmt dieses Isomer einen Anteil von mehr als 80% am gesamten CLA-Gehalt in den meisten Nahrungsmitteln ein. Neben z.T. nennenswerten Gehalten am CLA-Isomer trans-10, cis-12 stellen andere Isomere nur Minorkomponenten dar (IP et al., 1994). In Abbildung 1 ist die c-9, c-12- und c-9, t-11-Octadecadiensäure dargestellt.

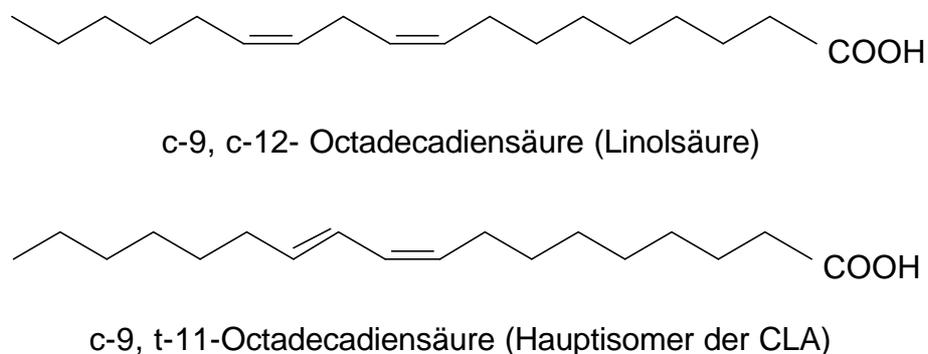


Abbildung 1: c-9, c-12- und c-9, t-11-Octadecadiensäure

Die natürlich auftretenden CLA werden einerseits durch das v.a. im Pansen von Wiederkäuern vorkommende Bakterium *Butyrivibrio fibrisolvens* gebildet. Im ersten Schritt der bakteriellen Biohydrierung wird die Linolsäure (18:2 c9, c12) durch das membrangebundene Enzym Linolsäureisomerase zu konjugierten Linolsäureisomeren (v.a. 18:2 c9, t11) isomerisiert. Die CLA stellen aber nur Zwischenprodukte dar und werden in einer folgenden Reaktion zu einer Mischung aus trans-Vaccensäure (C18:1 t11) und Elaidinsäure (C 18:1 t9) und schließlich zu Stearinsäure (C18:0) hydriert (KEPLER UND TOVE, 1967, HUGHES et al. ,1982, IP et al.,1995).

Ein weiterer natürlicher Bildungsweg von CLA ist die endogene Synthese von c-9, t-11-CLA aus trans-Vaccensäure unter Einwirkung von Δ -9 Desaturase. GRINARI (2000) untersuchte die Bildung von CLA im Milchdrüsen- und Fettgewebe von laktierenden Kühen. Der Autor gab für Milchkühe einen hieraus resultierenden geschätzten Anteil an dem gesamten CLA-Gehalt in der Milch von 64% an. Somit kann dieser Reaktionsweg wahrscheinlich als Hauptquelle für das Auftreten von CLA in der Wiederkäuermilch angesehen werden. Weitere Arbeiten zeigten auch die Möglichkeit einer endogenen Desaturierung von trans-Vaccensäuren zu CLA mit obengenanntem Enzym im Rückenspeck von Mastschweinen (GLÄSER et al., 2000). SANTORA et al. (2000) bestätigten diesen Sachverhalt nach Versuchen an Mäusen ebenfalls.

Ferner weisen CHIN et al. (1994) nach Experimenten mit Ratten auf eine weitere Möglichkeit der Bildung von CLA auch beim Nichtwiederkäuer hin. So fanden die Autoren nach der Applikation von freier Linolsäure über das Futter höhere CLA-Gehalte im Gewebe der Tiere als bei den Kontrolltieren, welche stattdessen ein Äquivalent aus Maiskeimöl erhielten. Hieraus folgerten diese, dass nach Verabreichung von Linolsäure durch die Bakterienflora im Dickdarm auch beim Nichtwiederkäuer CLA in gewisser Menge gebildet werden können. JAHREIS et al. (1999) stuften den Beitrag der intestinal gebildeten CLA an der gesamten CLA-Synthese im Monogastrier aber als sehr gering ein.

Außerdem können nach FRITSCHKE UND STEINHART (1998a) konjugierte Linolsäureisomere durch Autoxidation von Linolsäure in Gegenwart von freien Radikalen gebildet werden. Die freien Radikale führen zur Abspaltung eines Wasserstoffatoms am elften C-Atom der Linolsäure woraufhin ein Linolsäureradikal entsteht. Im Anschluss daran reprotonieren Proteine, welche als Wasserstoff-Donatoren

fungieren, das Linolsäureradikal. Bei dieser chemischen Reaktion erfolgt eine Verschiebung der Doppelbindungen, so dass als Edukte CLA-Isomere, v.a. das c-9, t-11- und t-10, c-12- Isomer, entstehen. Abbildung 2 zeigt zusammenfassend die verschiedenen Bildungswege der CLA (modifiziert nach FRITSCHKE UND STEINHART, 1998 a).

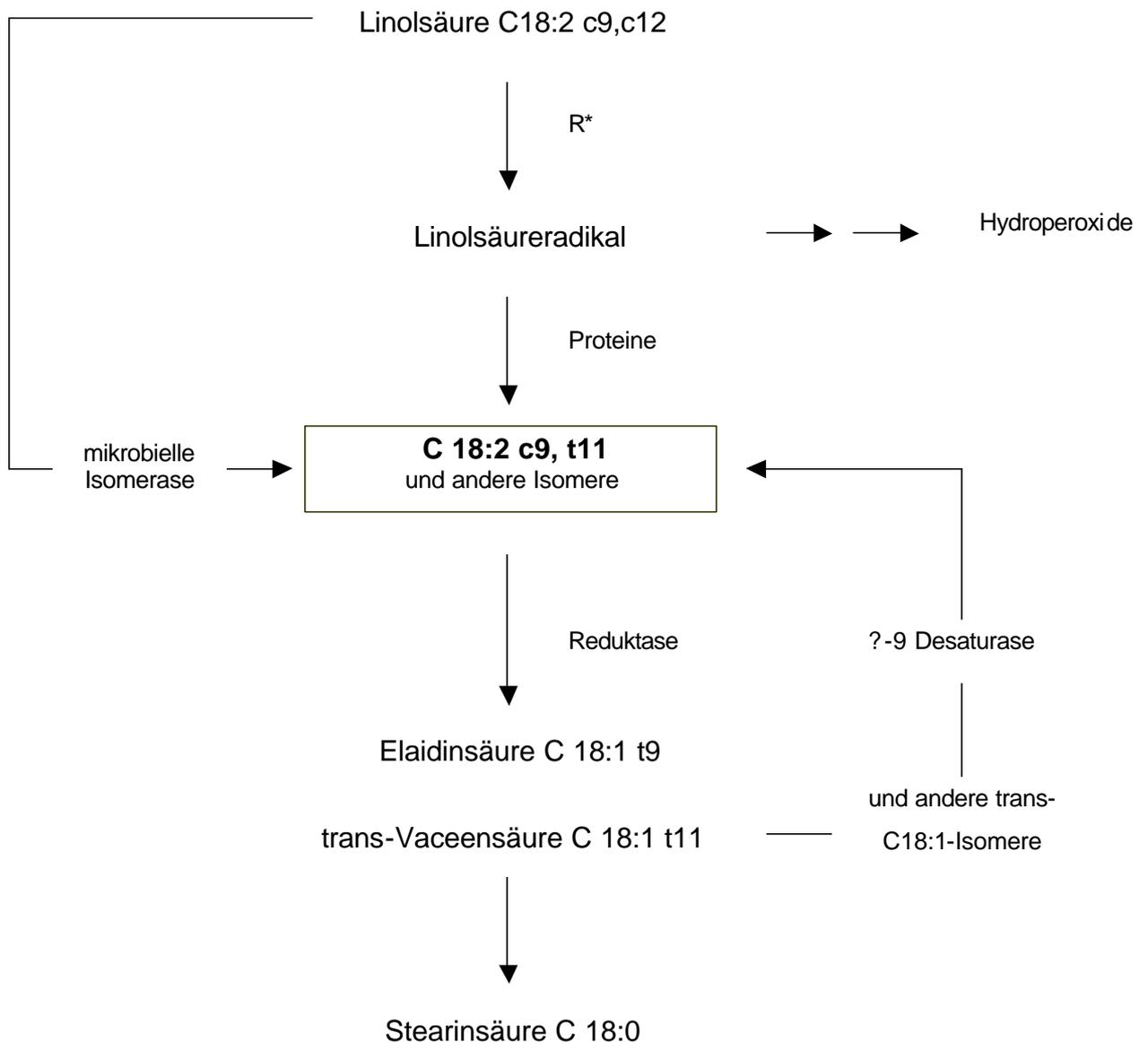


Abbildung 2: Verschiedene Bildungswege der CLA (modifiziert nach FRITSCHKE und STEINHART, 1998 a)

In einer weiteren Arbeit analysierten FRITSCHKE und STEINHART (1998 b) den c-9, t-11-CLA-Gehalt in 139 Nahrungsmitteln für die menschliche Ernährung. Sie fanden die höchsten CLA-Gehalte in Milchprodukten mit durchschnittlich 0,9% der Fettsäuremethylester (FSME) und in Wiederkäuerfleisch (im Mittel 0,6% der FSME

beim Rind - 1,2% der FSME beim Schaf). Die Anteile an CLA im Nicht-wiederkäuerfleisch lagen mit etwa 0,1% der FSME deutlich darunter. Noch geringere CLA-Gehalte mit durchschnittlich 0,05% der FSME wiesen die Autoren im Fisch nach. In den meisten pflanzlichen Fetten und Ölen waren die CLA-Anteile vernachlässigbar. Vor allem in Milchprodukten sind die Angaben zum absoluten CLA-Gehalt jedoch wenig einheitlich. In Übereinstimmung mit zahlreichen anderen Autoren (SHANTHA et al., 1995, JIANG et al., 1996, JAHREIS et al., 1999) werden hierfür erhebliche Einflüsse durch die Produktionsbedingungen wie das Fütterungsregime, die Jahreszeit etc. oder auch Prozessparameter wie Hitzebehandlung und Lagerungsbedingungen diskutiert.

Die industrielle Herstellung von CLA basiert im wesentlichen auf der alkalischen Isomerisierung von linolsäurereichen Pflanzenölen. Hierbei stehen hauptsächlich entweder Sonnenblumen- (ca. 65% Linolsäure) oder Distelöl (ca. 76% Linolsäure) zur Verfügung. Nach JAHREIS et al. (2000) beginnt die großtechnische Herstellung von CLA mit einer Dampferhitzung zur Spaltung des zur Verfügung stehenden Öls. Nach der Abscheidung des freiwerdenden Glycerols erfolgt die Filtrierung und anschließend die alkalische Isomerisierung mit Hilfe von Natronlauge bei Temperaturen von 200°C. Der folgenden Neutralisation durch Schwefelsäure folgt schließlich zur Abscheidung des Wasser die Trocknung unter Vakuum. Im Anschluss daran wird die Substanz zur Beseitigung von Rückständen destilliert. Als Endprodukt entstehen aus dieser Art der Herstellung CLA in Form von freien Fettsäuren. SAEBO (2000) berichtet, dass überwiegend diese aus freien Fettsäuren bestehende CLA-Präparate im Handel erhältlich sind. Andere Produkte enthalten die CLA als Triglyceride oder in Form von Estern (MARTIN et al., 2000). SAEBO (2000) gibt ferner zu bedenken, dass in Abhängigkeit von den bei der Herstellung eingesetzten Lösungsmitteln, Katalysatoren und Reaktionstemperaturen unterschiedliche Isomerenprofile entstehen. So treten je nach Produktionsprozess neben geringfügigen Mengen an weiteren Isomeren die CLA-Isomere c-9, t-11- und t-10, c-12 allein oder in Verbindung mit nennenswerten Mengen an c-11, t-13- und t-8, c-10-Isomeren auf. Nach JAHREIS et al. (2000) wiesen die großtechnisch hergestellten CLA-Präparate in der Anfangsphase der Produktentwicklung etwa gleiche Gehalte an den Isomeren c-9, t-11- und t-10, c-12 in Anteilen von 20-40% auf. Neuartige Produkte beinhalten jedoch nahezu ausschließlich die genannten Hauptisomere und nur noch Spuren anderer Isomere. Neben dem Isomerenmuster sieht SAEBO (2000)

auch die Farbe und das Acid Value (AV) des Präparats als wichtiges Qualitätskennzeichen an. Hochwertige, destillierte Produkte sind im Gegensatz zur gelblichen Färbung anderer Präparate nahezu farblos und erreichen ein AV zwischen 190-200, andere dagegen unter 190.

4.2 Physiologische Bedeutung von CLA

In zahlreichen Experimenten wurden sowohl in vitro als auch in vivo im Tierversuch und mit humanen Zelllinien verschiedene positive physiologische Wirkungen der CLA nachgewiesen (JAHREIS, 1997, FRITSCHKE UND STEINHART, 1998b). So konnte gezeigt werden, dass konjugierte Linolsäureisomere antikarzinogene (HA et al., 1987) und antiatherogene (LEE et al., 1994) sowie anabole Eigenschaften (PARK et al., 1997) besitzen. Weitere Veröffentlichungen weisen mögliche antidiabetische Effekte (HOUSEKNECHT et al., 1998) und eine positive Beeinflussung des Immunsystems nach (SUGANO et al., 1998). TRUITT et al. (1999) berichten ferner von anti-thrombotischen Eigenschaften der CLA. Allerdings ist noch immer unklar, welches bzw. welche CLA-Isomere die physiologisch aktiven Isomere darstellen (GNÄDIG et al., 2001). Auch der Wirkungsmechanismus von konjugierten Linolsäureisomeren im Organismus ist bis jetzt ungeklärt. In Abbildung 3 sind die physiologischen Eigenschaften der CLA zusammengefasst wiedergegeben (modifiziert nach FRITSCHKE und STEINHART, 1998b).

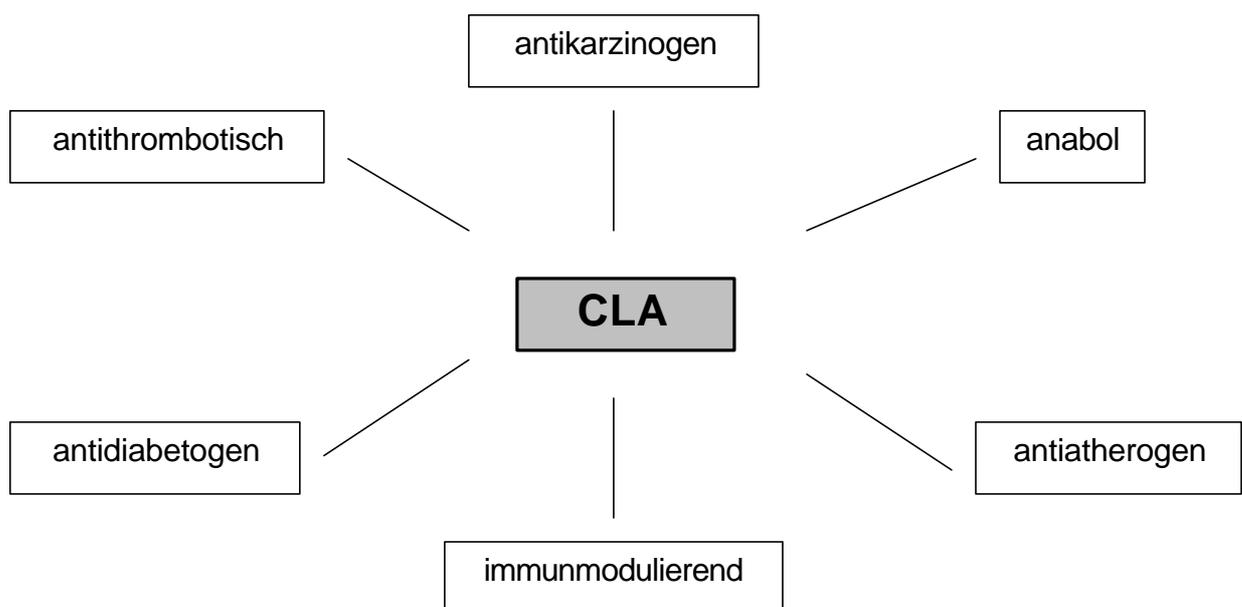


Abbildung 3: Physiologische Eigenschaften von CLA

Antikarzinogene Wirkung

Aus zahlreichen Studien ist die antikarzinogene Wirkung der CLA bekannt und stellt durch die große Anzahl der Untersuchungen die am besten abgesicherte Wirkung dar. HA et al. (1987) wiesen als erste die chemoprotektive Aktivität von konjugierten Linolsäureisomeren im Zweistufen-Karzinogenesemodell an Mäusen nach. Hierzu wurde bei den Mäusen Hauttumor induziert und anschließend mit einem Tumorpromoter behandelt. Diejenigen Mäuse, welche vor der Tumorumitiation mit einem CLA-Gemisch bestrichen wurden, entwickelten nur halb so viele Papillome und deutlich weniger Tumore wie die Kontrollmäuse. HA et al. (1990) untersuchten ähnliche Zusammenhänge erneut bei der Induktion von Magenkrebs. Auch hier führte eine nutritive CLA-Zulage zu einer signifikant verminderten Tumorbildung. IP et al. (1991) legten in einem Karzinogenesemodell mit Ratten nach Induktion von Brustkrebs dem Futter CLA in verschiedenen Dosierungen (0,5 - 1,5%) zu. In Anlehnung an vorausgehende Arbeiten fanden die Autoren eine wesentlich geringere Inzidenz der Tumore im Gewebe. Vergleichbare Resultate berichten LIEW et al. (1995) bei Untersuchungen mit darmkrebsinduzierten Ratten. Weiterhin konnten IP et al. (1995) und BELURY et al. (1995) neben dem „Anti-Initiatoreffekt“ auch einen „Anti-Promotereffekt“ der CLA beobachten. So kann angenommen werden, dass durch die Wirkung konjugierter Linolsäureisomere nicht nur die Umwandlung der gesunden Zelle zur Krebszelle (Initiation) sondern auch die Zellvermehrung und somit die Tumorausbildung (Promotion) wesentlich beeinflusst werden kann. In der Gesamtheit der Arbeiten zeigte sich bei verschiedenen CLA-Gehalten der Nahrung die maximale Tumorerhemmung bei einem CLA-Anteil von einem Prozent in der Diät.

Im überwiegenden Teil der in vivo Experimente wurden CLA in Form von freien Fettsäuren zugelegt, obwohl nach IP et al. (1999) die CLA in natürlichen Nahrungsmitteln als Triglyceride vorliegen. IP et al. (1999) verfütterten daraufhin brustkrebsinduzierten Ratten eine mit CLA-Triglyceriden angereicherte Diät bzw. eine entsprechende Diät, welche die CLA in gleicher Menge (0,8%), lediglich in Form von freien Fettsäuren, enthielt. Die Ratten beider Behandlungsgruppen zeigten eine etwa gleichstarke Tumorerhemmung im Brustgewebe von 53%. Hieraus ließe sich schließen, dass die chemische Bindungsform der Zulage keinen entscheidenden Einfluss auf die physiologische Wirkung der CLA nimmt.

Ferner sei angemerkt, dass die CLA in die Neutralfette der Gewebe eingebaut werden, lediglich das c9,t11- Isomer aber in die Phospholipidfraktion aufgenommen und somit in die Zellmembran eingebaut wird (HA et al., 1990, IP et al. 1991). PARIZA et al. (1991) sehen hierdurch eine alleinige Verantwortlichkeit des c9,t11-Isomers für die antikarzinogene Wirkung.

Während der krebspräventive Effekt von CLA als gesichert gilt, ist der Mechanismus der antikarzinogenen Aktivität noch immer unklar. Hierzu werden in der Literatur verschiedene Thesen diskutiert, wovon im Folgenden die häufigsten davon angesprochen werden sollen.

In zahlreichen Arbeiten wird die antikarzinogene Wirkung der CLA mit deren Fähigkeit zur Verminderung des oxidativen Stresses begründet. Sowohl die antioxidative Wirkungsmöglichkeit der CLA selbst als auch deren Effekte auf den Metabolismus des Retinols werden hierbei angeführt. HA et al. (1990) wiesen im Vergleich mit anderen Antioxidantien nach, dass die CLA wirksamer als α -Tocopherol und vergleichbar dem Butylhydroxytoluol (BHT) bei der Hemmung der Peroxidbildung sind. Das konjugierte Doppelbindungssystem ermöglicht den CLA als „Elektronenfalle“ die Bindung hochreaktiver Radikale und somit eine Verschiebung der pro-/antioxidativen Balance der Zelle (JAHREIS, 1997). SHULTZ et al. (1992) weisen in diesem Zusammenhang auch auf eine Zytotoxizität von CLA hin, welche zum Abtöten von Krebszellen führen kann. Allerdings existieren auch gegenläufige Arbeiten. So fanden CHEN et al. (1997) für freie CLA und CLA-Methylester sogar eine prooxidative, für CLA-enhaltende Triglyceride weder eine pro- noch eine antioxidative Wirkung. Schließlich zeigten BANNI et al. (1999 a) in Versuchen mit Ratten, dass der Retinolgehalt in der Leber proportional zur CLA-Aufnahme anstieg. Damit wäre möglicherweise das Carotinoid für den eigentlichen antikarzinogenen Effekt verantwortlich. IP et al. berichteten bereits 1991, dass bei einem CLA-Anteil von 0,25% in der Diät die maximale antioxidative Wirkung erreicht ist. Den maximalen antikarzinogenen Effekt beobachteten die Autoren aber erst bei einer Einsatzmenge von 1% CLA in der Ration. Aufgrund der Diskrepanz zwischen antioxidativer und antikarzinogenen Potenz der CLA schlussfolgerten diese, dass weitere Wirkungsmechanismen bezüglich der krebspräventiven Eigenschaft der CLA vorhanden sein müssen.

Andere Forschergruppen führen die antikarzinogene Aktivität der CLA auf die verringerte Eicosanoidbiosynthese zurück. Eicosanoide sind Metaboliten der

Arachidonsäure (Eicosatetraensäure) und umfassen eine Vielzahl von Verbindungen, welche entsprechend ihrer Bildung in zwei Gruppen eingeteilt werden. Die erste Fraktion stellen die Leukotriene dar, die über das Enzym Lipoxygenase aus Arachidonsäure gebildet werden. Des Weiteren werden über das Enzym Cyclooxygenase Thromboxane und Prostaglandine aus Arachidonsäure synthetisiert (Abbildung 4). Eicosanoide besitzen breite physiologische Wirkungen. Insbesondere Prostaglandin E_2 ist dafür bekannt, mit einer erhöhten Tumorinduktion zu korrelieren (CARTER et al., 1989). So führt diese Substanz zur Inhibierung von Makrophagen während sie die Immunsuppressor-Zellen stimuliert. Auch wurde für die Lipoxygenaseprodukte eine Förderung von Tumorwachstum und Metastasierung nachgewiesen (NATARAJAN und NADLER, 1998). Der Reaktionsmodus der CLA, welcher zur verringerten Biosynthese der Eicosanoide führt, wird in der Literatur unterschiedlich diskutiert. In Versuchen mit Ratten, die mit einer CLA-haltigen Diät gefüttert wurden, sank der Anteil an Linolsäuremetaboliten im Gewebe signifikant in Abhängigkeit von der CLA-Konzentration, bis die Konzentration 1% der Diät betrug (BANNI et al., 1999 b). Dies spricht dafür, dass der CLA-Metabolismus über die gleichen Enzyme verläuft wie bei der Linolsäure, wobei die CLA als Isomere der Linolsäure mit dieser in der Eicosanoidbiosynthese konkurrieren könnten (HA et al., 1987). Ferner zeigten COOK et al. (1993), dass durch nutritive CLA-Zulagen der CLA-Gehalt im Rattenfettgewebe stieg und der Arachidonsäure-Gehalt deutlich abfiel. Als Erklärungsansatz wäre somit auch eine Verdrängung der Arachidonsäure aus den Membranphospholipiden durch die CLA möglich. CLA und Arachidonsäure würden demnach ebenfalls bei der Synthese von Eicosanoiden konkurrieren. Nach SEBEDIO et al. (1997) ist die Bildung von konjugierten Arachidonsäureisomeren (CAA) aus CLA möglich. Diese scheinen jedoch für das Enzym Cyclooxygenase ungeeignet zu sein, so dass die Syntheserate von Prostaglandinen und Thromboxanen verringert werden kann. Ergänzend zeigten BELURY et al. (1997), dass die CAA die Einlagerung von Arachidonsäure in die Phospholipide und somit auch deren erneute Freisetzung durch die Phospholipase A_2 reduzieren. Andere Autoren sehen den entscheidenden Effekt aufgrund einer möglichen direkten Blockade der Cyclooxygenase und Lipoxygenase durch CLA und deren Metaboliten (BANNI et al., 1999 b). Eine Zusammenfassung der Hypothesen zur Beeinflussung des Eicosanoidstoffwechsel durch CLA ist in Abbildung 4 dargestellt.

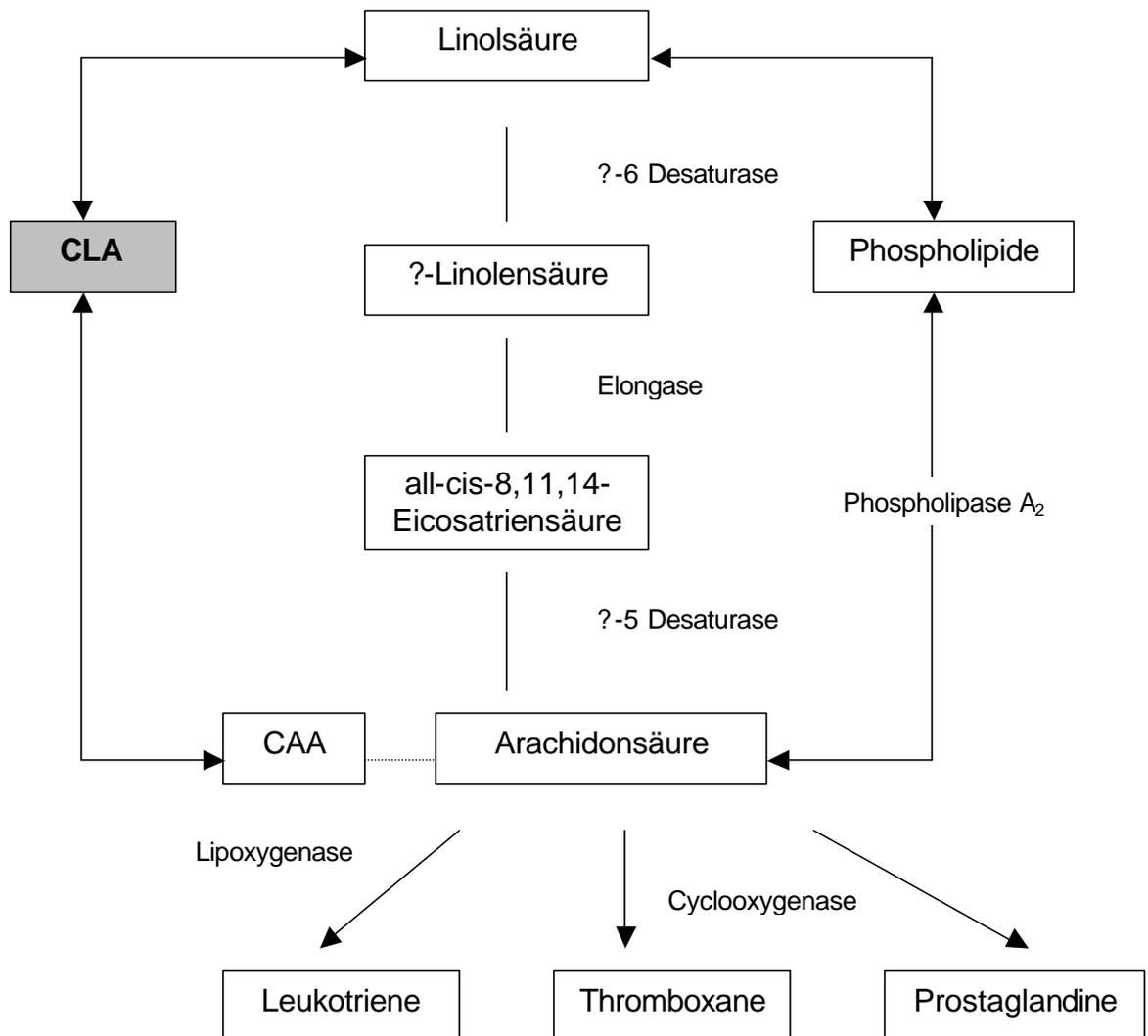


Abbildung 4: Einflussmöglichkeiten der CLA in die Eicosanoidbiosynthese (modifiziert nach SCHABEL, 2000)

Eine weitere häufig diskutierte Erklärung für die antikanzerogene Wirkung der CLA stellt die Modulation der intrazellulären Signalübermittlung durch konjugierte Linolsäureisomere dar. Nach BELURY et al. (1995) könnte durch den Einbau von CLA in die Phospholipidmembran anstatt der Arachidonsäure eine Änderung des Signalübertragungsweges resultieren. Hierzu sei angemerkt, dass Phospholipide zur Aktivierung der Proteinkinase C notwendig sind, diese wiederum bei der Signalübertragung eine bekannte Gruppe von Enzymen darstellt. Einige Untersuchungen belegen, dass mehrfach ungesättigte, konjugierte Fettsäuren die Enzyme der Signaltransduktion wie die Proteinkinase C im Vergleich zu cis

ungesättigten Fettsäuren weniger stark aktivieren und so die Karzinogenese hemmen können (z.B. BELURY et al, 1995).

Zuletzt sei noch die Abnahme der TEB-Konzentration an der Zelloberfläche durch die Applikation von CLA genannt (BANNI et al, 1999 b). TEBs (terminal-end-buds) stellen die ersten Angriffspunkte für karzinogene Substanzen an der Zellmembran dar.

Antiatherogene Wirkung

Die Antiatherogenität wurde in Versuchen mit Hamstern (NICOLOSI et al., 1997) und Kaninchen (LEE et al., 1994, KRITCHEVSKY et al., 2000) wiederholt belegt. Im wesentlichen führte bei den Experimenten die CLA-Zulage zu einer Reduktion des Triglyceridgehalts und des Cholesterinspiegels sowie des LDL/HDL-Quotienten im Serum. Auch ein signifikant verringertes Auftreten der aortalen „fatty streaks“, als früheste sichtbare Veränderung einer Arteriosklerose, wurde beobachtet. GAVINO et al. (2000) bestätigten diese Ergebnisse, merkten jedoch an, dass in ihren Versuchen mit Hamstern das t-10,c-12 Isomer und nicht das c-9,t-11 Isomer das physiologisch aktive CLA-Isomer war. Im Gegensatz dazu konnten MUNDAY et al. (1999) in einem Arteriosklerosemodell mit Mäusen nach hohen Zulagen an gesättigten Fettsäuren sowie Cholesterin durch die CLA-Zulage (2,5 - 5,0%) eine erhöhte Entwicklung der „fatty streaks“ bei den CLA-gefütterten Tieren gegenüber den Kontrolltieren feststellen. Aufgrund der diskrepanten Ergebnisse in der begrenzten Anzahl von vorliegenden Studien ist eine endgültige Einschätzung der Arteriosklerose-Prävention durch CLA noch nicht möglich (JAHREIS et al., 2000).

Antithrombotische Wirkung

Lediglich in einer Arbeit wurde bisher ein möglicher antithrombotischer Effekt von CLA erwähnt. TRUITT et al. (1999) konnten darstellen, dass durch ein Isomerengemisch von CLA eine Lösung der Thrombozytenaggregation erzielt werden kann. Die Aktivierung der Blutplättchen zur Koagulation erfolgt über die Thromboxane. Mit der Hemmung der Cyclooxygenase, welche zur Umwandlung von Arachidonsäure in Thromboxane führt, wird die antithrombotische Aktivität der CLA erklärt (siehe auch Abbildung 4).

Immunmodulierende Wirkung

TUREK et al. (1998) beobachteten bei Versuchen mit Ratten, dass durch eine 1%ige CLA-Zulage in der Diät die Synthese von Interleukin 6 und des Tumor-Nekrose-Faktors (TNF) deutlich vermindert war. Die Zytokine Interleukin 1 und 6 sowie der TNF spielen eine Hauptrolle bei inflammatorischen Prozessen der Immunfunktion wie z.B. Rheuma und Asthma. Weiterhin stellten die Autoren einen Abfall der PGE₂-Synthese bei den CLA supplementierten Ratten fest. Nach LEMKE und TAYLOR (1994) stellen diese Prostaglandine, neben ihrer Bedeutung in der Kanzerogenese, ebenfalls typische Mediatoren bei allergischen Reaktionen dar. CLA stimulieren außerdem die IgA-, IgG- und IgM-Produktion bei gleichzeitiger Reduktion des IgE-Spiegels (SUGANO et al., 1997 und 1998). Während die erstgenannten Immunglobuline antiallergisch wirken, fördert das IgE die Freisetzung von Histamin oder Leukotrienen, welche dann die allergische Reaktion hervorrufen. Auch hierfür scheint die veränderte Prostaglandin- und Leukotrien-Produktion verantwortlich zu sein (siehe auch Abbildung 4).

Antidiabetogene Wirkung

HOUSEKNECHT et al. (1998) teilen einen möglichen positiven Einfluss von CLA auf Diabetes mellitus Typ II mit. So konnten sie an Ratten, welche einen gestörten Glucosestoffwechsel aufwiesen beobachten, dass durch eine mit CLA angereicherte Ernährung die Glucosetoleranz und die Insulinsensitivität verbessert wurden. Die Entwicklung einer hyperglykämischen, diabetischen Stoffwechsellage wurde somit verzögert.

Anabole Wirkung

Das Auftreten eines potentiellen anabolen Effekts in Verbindung mit der Applikation von CLA über das Futter war eines der Kernthemen der vorliegenden Arbeit. Daher soll an dieser Stelle nur ein kurzer Überblick über diese mögliche physiologische Funktion von CLA gegeben werden. So wurde bereits in einigen Tierexperimenten der Einfluss von konjugierten Linolsäureisomeren auf die chemische Körperzusammensetzung untersucht. Die CLA-gefütterten Tiere zeigten hierbei im

Vergleich zu den Kontrolltieren einen reduzierten Körperfettgehalt bei einem zumindest leicht angestiegenen Anteil an fettfreier Muskelmasse (lean body mass). Deutlichste Effekte waren in diesem Zusammenhang bei Untersuchungen an Nagetieren messbar. So sank der Körperfettgehalt in Abhängigkeit der zugelegten CLA-Dosis (0,25%, 0,5%, 0,75%, 1,0%) bei Mäusen um 6% bis 43%, während sich der Proteinanteil dosisabhängig um bis zu 5% erhöhte (DE LANY et al., 1999). Weitere Arbeiten verschiedener Autoren an Labortieren belegen vergleichbare Zusammenhänge (WEST et al., 1998, PARK et al., 1999 a).

4.3 CLA in der menschlichen Ernährung

In einigen neueren Studien wurde die tägliche Aufnahme von CLA über die Nahrung beim Menschen geschätzt. JAHREIS et al. (1997) und FRITSCHKE et al. (1998a) berichteten basierend auf in Deutschland durchgeführten Erhebungen von einer durchschnittlichen CLA-Aufnahme von ca. 310 - 440mg CLA pro Tag. FREMANN (2000) fand im Rahmen einer nationalen Verzehrsstudie in Deutschland etwas höhere Werte von 400 - 500mg CLA je Tag. Die Autorin weist in Übereinstimmung mit den anderen Autoren ferner daraufhin, dass bei Frauen aufgrund der geringeren Nahrungsaufnahme die tägliche CLA-Versorgung eher am unteren Ende des angegebenen Intervalls zu finden ist.

Überträgt man die im Tierexperiment gewonnenen Erkenntnisse auf die menschliche Ernährung, so müsste die Mindestkonzentration an CLA in der Nahrung einen mittleren Gehalt von 0,1% einnehmen, um physiologisch wirksam zu werden (IP et al., 1994). Bezieht man weiterhin die von ADOLF et al. (1994) gefundenen Daten für die durchschnittliche Nahrungsaufnahme von 2434g/d (Mann) bzw. 2000 g/d (Frau) in Deutschland mit ein, würde sich eine erforderliche CLA-Versorgung von etwa 2,0 - 2,5g CLA pro Tag ableiten. Dieser Ansatz lässt erkennen, dass die aktuelle Versorgung des Menschen lediglich ca. ein Fünftel des „Bedarfs“ an CLA deckt (FRITSCHKE et al., 1998 a) und somit von einem erheblichen Defizit ausgegangen werden kann.

Ein möglicher Ausgleich dieser defizitären Situation wird u.a. durch direkte Supplementierung, z.B. über CLA-haltiges Öl in Kapselform diskutiert, welches bereits in den USA und in Deutschland erhältlich ist (GNÄDIG et al., 2001). Des Weiteren könnten auch mit CLA-angereicherte Lebensmittel die Versorgung des

Menschen mit CLA wesentlich verbessern. Hierbei wären verschiedene Vorgehensweisen denkbar. Zum einen könnten die CLA-Anteile der „natürlichen CLA-Produzenten“, v.a. Wiederkäuern, durch bestimmte Produktionsfaktoren wie z.B. ein modifiziertes Fütterungsregime erhöht werden. Andererseits ist auch die nutritive Verabreichung von CLA-Präparaten und deren möglicher Einbau in das Fettgewebe, Milchfett etc. vorstellbar. Weiterhin könnten industriell produzierte CLA-reiche Speiseöle als Zutaten bei der Herstellung von Milchprodukten wie Sahne, Käse etc. Verwendung finden. Hierbei würden Lebensmittel entstehen, die neben dem überwiegenden Zweck der Nährstoffversorgung auch gesundheitsförderliche Eigenschaften aufweisen, sogenanntes „functional food“. In diesem Zusammenhang wird auch sowohl über gentechnisch modifizierte, CLA-produzierende Starterkulturen in fermentierenden Milcherzeugnissen als auch über deren Einsatz als Probiotika nach abgeschlossener Säuerung nachgedacht.

Zum Einfluss der CLA-Zulage in der vorliegenden Versuchsreihe

Wie vorausgehend beschrieben wurde, werden durch die nutritive Verabreichung von konjugierten Linolsäureisomeren zahlreiche potentielle physiologische Effekte diskutiert. Im Großteil der in diesem Zusammenhang durchgeführten Studien fanden Labortiere wie Ratten und Mäusen Verwendung, während sich ein deutlich geringerer Anteil der Arbeiten den landwirtschaftlichen Nutztieren widmete. Darüber hinaus existieren kaum Untersuchungen, welche sich mit dem Einsatz von CLA bei Fischen beschäftigten.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es daher, den Effekt einer nutritiven CLA-Zulage auf die Leistungsparameter sowie die Körperzusammensetzung von Karpfen und Forellen zu untersuchen. Des weiteren sollte geklärt werden, ob und in welchem Umfang ein Einbau der konjugierten Linolsäureisomere in das Fettsäuremuster des Fischfilets als verzehrsrelevantes Teilstück stattfindet. Zudem wurde ein möglicher Einfluss der CLA auf die sensorische Qualität des Fischfleischs untersucht (siehe auch SCHABEL, 2002).

Da, wie bereits erwähnt, nur wenige Literaturhinweise bezüglich der Wirkung einer CLA-Zulage bei Fischen existieren, werden in den folgenden Ausführungen auch andere Nutztiere vergleichend herangezogen. In diesem Zusammenhang scheinen die Wiederkäuer aufgrund der mikrobiellen Vorgänge im Pansen für einen unmittelbaren Vergleich nur bedingt geeignet zu sein, so dass sich die Diskussion auf die Spezies Schwein und Geflügel in Ergänzung zu den Fischen focusieren wird.

4.3.1 Zum Einfluss der CLA-Zulage auf die Leistungsparameter

Um einen potentiellen Effekt durch die Zulage konjugierter Linolsäureisomere auf die Leistungsparameter in der Produktion landwirtschaftlicher Nutztiere aufzudecken, wurden in den vergangenen Jahren mehrere Studien durchgeführt. Betrachtet man ausschließlich die Ernährung der Monogastrier, so beschäftigte sich der Großteil dieser Untersuchungen mit Mastschweinen. Als Messgrößen wurden in sämtlichen Arbeiten das Wachstum, die Futtermittelaufnahme sowie die Futtermitterverwertung der Tiere bei einer variierenden CLA-Zulagenhöhe von 0 % bis 2% zu der entsprechenden Diät erfasst. Während ein Teil der Studien keinerlei Einfluss der CLA-Zulage auf die Leistung der Mastschweine zeigte (EGGERT et al., 1999, TISCHENDORF et al., 1999, RAMSAY et al., 2001), beobachteten andere Autoren im Zusammenhang mit dem

Einsatz von konjugierten Linolsäureisomeren eine zumindest geringfügige Verbesserung der Futtermittelverwertung. So konzipierten OSTROWSKA et al. (1999) sechs unterschiedliche Versuchsdäten mit ansteigenden Gehalten einer CLA-Zulage von 0%, 0,125%, 0,25%, 0,5%, 0,75% bis 1% und verfütterten diese an Mastschweine (LW * DL). Das eingesetzte CLA-Präparat enthielt zu 55% konjugierte Linolsäureisomere und wurde im Austausch gegen Sojaöl in die Rationen eingebracht. Bereits ab der niedrigsten Dosierungsstufe verwerteten die Tiere der CLA-Behandlungen das Futter deutlich besser als die Kontrolltiere. Im Versuchsmittel konnte durch die Applikation von CLA über das Futter eine um etwa 6% verbesserte Futtermittelverwertung der Mastschweine festgehalten werden, während sich bei konstanter Futteraufnahme das Lebendgewicht nur tendenziell erhöhte. Ähnliche Ergebnisse berichteten DUGAN et al. (1999). Bei diesen Untersuchungen erhielten die Mastschweine (DL * DL/LW) im vergleichbaren Lebendmassebereich von 60 - 105kg ein Futter mit 2%iger CLA-Zulage (50% CLA). Die CLA-Zulage erfolgte im Austausch gegen Sonnenblumenöl. Der Gesamtfettgehalt der Diät betrug hier 3,2%, während diesbezügliche Angaben in den übrigen Arbeiten fehlten. Die Mastschweine verwerteten das Futter um 5,9% besser als die Kontrolltiere ohne CLA-Zulage. Die Lebendmasseentwicklung der Tiere unterlag aber auch hier keinem signifikanten Einfluss durch die CLA-Zulage. Entsprechende Daten finden sich bei SPARKS et al. (1999) nach Verfütterung von Rationen mit 1,25%igem CLA-Gehalt an Mastschweine.

Im Gegensatz zu den dargestellten Untersuchungen berichteten THIEL-COOPER et al. (2001) von einem deutlichen Wachstumseffekt durch CLA. Die Autoren substituierten in einer Diät Mais durch ein CLA-Präparat (61% CLA) in Anteilen von 0,2%, 0,4%, 0,8% oder 1,7% und verabreichten diese an Mastschweine in einem Gewichtsbereich von 26 - 114kg. Mit ansteigenden CLA-Gehalten in der Ration verwerteten die Tiere das Futter besser und zeigten signifikant höhere tägliche Zunahmen. Die Futteraufnahme der Mastschweine war dagegen unabhängig von der CLA-Zulage.

Beim Mastgeflügel stehen weniger Studien zur Verfügung, die sich mit dem Einsatz von konjugierten Linolsäureisomeren und der Veränderung von Leistungsparametern beschäftigten. SIMON et al. (2000) legten einem Alleinfutter I mit 8,1% XL (Tag 1-14) bzw. einem Alleinfutter II mit 10,7% XL (Tag 15-42) CLA in einem Anteil von 2,9% zu und verfütterten diese an Broiler. Die CLA-Zulage enthielt etwa 70% CLA. Die Kontrolltiere erhielten dagegen ein Präparat in vergleichbarer

Menge, welches die Linolsäure in gleichem Anteil jedoch nicht in konjugierter Form enthielt. Im Versuchsmittel unterlagen die Tiere der CLA-Behandlung den Kontrolltieren bezüglich Wachstum und Futtermittelverwertung geringfügig. Die Futteraufnahme war von der CLA-Zulage gänzlich unbeeinflusst. In Anlehnung hieran fanden ALETOR et al. (2002) bei 2%- bzw. 4%iger CLA-Zulage (68% CLA) in einer Broilerdiät mit einem Gesamtfettanteil von 6,5% ebenfalls keinen signifikanten Effekt auf die genannten Parameter. In einer weiteren Studie von SZYMCZYK et al. (2001) wurde einer Mastration für Broiler ein CLA-Präparat im Austausch gegen Sonnenblumenöl in Anteilen von 0,8%, 1,7% oder 2,5% (60% CLA) zugelegt. Angaben zum Gesamtfettanteil in der Diät machten die Autoren jedoch nicht. Ab einem CLA-Gehalt in der Ration von 2,5% nahmen die Tiere deutlich weniger Futter auf, auch die Futtermittelverwertung war signifikant schlechter. Hieraus resultierte ein erheblich reduziertes Wachstum der Broiler der Behandlung mit 2,5% CLA-Anteil. So betrug das mittlere Lebendgewicht der Broiler der 2,5%igen CLA-Behandlung nach 42 Masttagen nur 1435g im Vergleich zu den Kontrolltieren mit durchschnittlich 1615g.

Betrachtet man die dargestellten Arbeiten im Überblick, so übt auch bei Broilern in Anlehnung an die Ergebnisse bei Mastschweinen in der überwiegenden Anzahl der Arbeiten eine CLA-Zulage keinen tiefgreifenden Effekt auf deren Wachstumsleistung aus. Ferner lässt sich festhalten, dass aufgrund höherer Rationsfettgehalte bei Broilern (im Mittel 7-10% XL) im Vergleich zu den Mastschweinen (im Mittel 2-4% XL) für Untersuchungen an dieser Tierart die z.T. deutlich höheren Einsatzmengen an CLA gegenüber den Mastschweinen kennzeichnend sind. Noch stärker aufgefettete Diäten finden in der Fischmast Verwendung. Hier werden Fettanteile, insbesondere bei den carnivoren Fischarten wie Forelle und Lachs, von 20 bis 40% im Alleinfutter erreicht. Somit besteht bei Fischen im Vergleich zu anderen Nutztieren ein erheblich größeres Einsatzpotential von CLA.

In der vorliegenden Versuchsreihe wurde im Karpfenversuch I das CLA-Präparat (63% CLA) in einem Anteil von 1% bzw. 3% in die Diät eingemischt. Gleichzeitig wurde der Fettgehalt in der Ration mit 9% bzw. 18% XL variiert, so dass die Betrachtung einer möglichen Wirkung von CLA auf die Leistungsparameter in Abhängigkeit der unterschiedlichen Fettgehalte erfolgen konnte. Die CLA-Zulage führte in diesem Karpfenversuch unabhängig vom Fettgehalt zu einer tendenziellen Reduktion der Lebendmasse der Karpfen. So nahm das mittlere Gewicht der Karpfen

am Ende des 16wöchigen Versuchs von 1509g bei den Kontrolltieren auf 1479g bei 1%iger CLA-Zulage und 1449g bei 3%iger CLA-Zulage ab. Aufgrund gleicher Fütterungsintensität bei erhöhten Fettgehalten stand den Karpfen der Behandlungsgruppe mit 18 % Fett in der Diät deutlich mehr Energie zur Verfügung als den Fischen der Vergleichsgruppe mit 9% Fett. Wider Erwarten blieb aber sowohl das Wachstum als auch die Futtermittelverwertung (im Mittel 1,1 g Futter T je g Zuwachs) der Fische von der unterschiedlichen Energieversorgung unbeeinflusst. Als Begründung hierfür wäre eine vollständige Ausschöpfung des Leistungspotentials der Karpfen bereits bei der Verfütterung der Diäten mit 9%igem Fettanteil denkbar. Interaktionen zwischen dem Gesamtfettgehalt der Ration und dem CLA-Gehalt waren ebenfalls nicht messbar.

Im zweiten Karpfenversuch wurden die konjugierten Linolsäureisomere entweder als Methyl- oder als Ethylester in einem Anteil von 2,5% bzw. 5% in die Diät eingebracht. Für das Methylester-Präparat wurde ein CLA-Anteil von 60%, für das Ethylester-Präparat von rund 66% analysiert. Der Gesamtfettgehalt der Ration betrug 13%. Im Anschluss an die 14wöchige Versuchsphase erreichten die Fische aller Behandlungen mit durchschnittlich 1220 - 1264g nahezu identische Lebendmassen. Darüber hinaus war auch hier die Futtermittelverwertung der Fische unabhängig von der CLA-Zulage und betrug im Mittel 1,2g Futter-T je g Zuwachs.

Ergänzend zu den genannten Leistungsparametern wurde in beiden Karpfenversuchen die Nährstoffverdaulichkeit erfasst. In beiden Versuchen verdauten die Fische die organische Substanz, das Rohprotein, das Gesamtfett sowie die Bruttoenergie ohne messbaren Effekt durch die Höhe der CLA-Dosis gleich gut. Diese Daten bestätigen ferner die Versuchsergebnisse von MÜLLER et al. (2000), wonach beim Einsatz einer 3%igen CLA-Zulage in einem Mastschweinefutter kein Einfluss auf die Verdaulichkeit der Energie und des Proteins zu erwarten ist. Lediglich bezüglich der chemischen Bindungsform der CLA traten Unterschiede auf. So führte der Einsatz von CLA als Ethylester im Vergleich zur Methylesterbindung im Karpfenversuch II zu einer verringerten Verdaulichkeit der Nährstoffe.

Im dritten Versuch der vorliegenden Untersuchungsreihe wurden CLA-haltige Diäten an Forellen verfüttert. Bei einem Rationsfettanteil von 22% wurde die CLA-Zulage in Höhe von 1% bzw. 3% in die jeweiligen Diäten eingemischt. Da analysierte CLA-Gehalte in der Zulage noch ausstehen, muss von einem vom Hersteller deklarierten Anteil an konjugierten Linolsäureisomeren im Präparat von etwa 60%

ausgegangen werden. Trotz des differenzierenden CLA-Anteils in der Diät zeigten die Forellen während der gesamten Fütterungsperiode von 14 Wochen ein sehr einheitliches Wachstum. So erreichten die Fische aller Behandlungen zu Fütterungsende nahezu identische Lebendgewichte von 380 - 390g. Auch die Futtermittelverwertung war in Anlehnung an die Karpfenversuche von der CLA-Zulage unbeeinflusst und lag mit 0,8g Futter-T je g Zuwachs im Versuchsmittel auf sehr hohem Niveau.

Im Rahmen der zweifaktoriellen Versuchsanstellung sollten in dieser Untersuchung zudem potentielle Wechselwirkungen zwischen den mehrfach ungesättigten Linolsäureisomeren und dem Vitamin E-Gehalt in der Ration geklärt werden. Bei ungesättigten Fettsäuren besteht aufgrund ihres instabilen Doppelbindungssystems in besonderem Maße die Gefahr des oxidativen Verderbs. Vitamin E inaktiviert in diesem Zusammenhang die den Fettverderb induzierenden freien Radikale und wirkt somit als Antioxidans. So berichteten SCHWARZ et al. (1988) von deutlichen Wachstumsdepressionen bei 12%iger Zulage von Fischöl und Leinöl zu einer Basaldiät mit einem mittleren Vitamin E-Gehalt von 80mg je kg Futter an Karpfen. Eine Steigerung des Vitamin E-Gehalts auf 500mg je kg Futter führte bei dieser Versuchsanstellung dagegen zu einem normalen Wachstum. Im vorliegenden Versuch konnten jedoch im Hinblick auf den unterschiedlichen Vitamin E-Gehalt von 150mg bzw. 600mg je kg Futter und der CLA-Zulage keine synergetischen Effekte beobachtet werden.

Fasst man die Ergebnisse der vorliegenden Studie zusammen, so trat durch die Zulage von konjugierten Linolsäureisomeren in Rationsanteilen von 1% bis 5% keine tiefgreifende Veränderung der Leistung von Karpfen und Forellen ein.

Erste Ergebnisse zur Wirkung nutritiver CLA-Zulagen auf Leistungsparameter von Fischen teilten CHOI et al. (1999) mit. Die Autoren legten einer Basaldiät mit über 15% Fettanteil ein CLA-Präparat (75% CLA) in Dosen von 1%, 2,5%, 5,0% und 10% zu und verfütterte diese an Karpfen (*Cyprinus carpio* L.) in einem Gewichtsbereich von 4g bis 14g. Das Wachstum und die Futtermittelverwertung blieben auch hier bis zu einer Zulagenhöhe von 5% CLA nahezu unbeeinflusst. Erst die 10%ige CLA-Zulage führte zu einer signifikant verringerten Wachstumsrate gegenüber den Kontrolltieren. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden die beschriebenen Fütterungsvarianten auch an Tilapien (*Tilapia nilotica*) und Steinbarsche (*Sebastes schlegeli*) verfüttert. Die Tilapien zeigten im Gegensatz zu den Karpfen bereits ab der 2,5%igen CLA-

Zulage eine Wachstumsdepression sowie einen höheren Futteraufwand je g Zuwachs. Beide Parameter verschlechterten sich durch die 10%ige CLA-Zulage nochmals signifikant. Auch bei den Steinbarschen war durch den 1%igen CLA-Anteil in der Diät noch kein Effekt auf die Leistungsparameter ersichtlich. Ab der 2,5%igen CLA-Zulage konnte jedoch ein massiver Abfall der Wachstumsleistung der Fische mit ansteigendem CLA-Gehalt in der Ration beobachtet werden. Gleichgerichtet mit dem Wachstumseinbruch verschlechterte sich auch die Futtermittelverwertung signifikant. Weitere Daten zum Einsatz von konjugierten Linolsäureisomeren in der Fischmast teilten TWIBELL et al. (2000) mit. Die Autoren verfütterten an Streifenbarschhybriden (*Morone saxatilis* * *Morone chrysops*) eine mit 0,5%, 0,75% oder 1,0% CLA angereicherte Diät bei einem Gesamtrationsfettanteil von 6%. Die CLA-Zulage wurde im Austausch gegen Menhadenöl in die Ration eingebracht, der Gehalt an reinen CLA-Isomeren in der Zulage betrug 67%. Bereits ab einer Dosierung von 0,5% CLA wuchsen die Barsche langsamer, nahmen weniger Futter auf und verwerteten das Futter schlechter. Bei 1%iger CLA-Zulage konnte dieser Effekt im Vergleich zu den Kontrolltieren statistisch gesichert werden. In einem Folgeversuch untersuchten TWIBELL et al. (2001) die Wirkung einer CLA-Zulage an Gelbbarschen (*Perca flavescens*). Hierzu legten die Autoren ein CLA-Präparat (65% CLA) in Anteilen von 0,5% bzw. 1% den jeweiligen Rationen zu. Die Rationszusammensetzung entsprach dem vorausgehenden Versuch, lediglich der Gesamtfettgehalt war mit 8% leicht erhöht. Sowohl das Wachstum als auch die Futteraufnahme und -verwertung der Fische waren im Versuchsmittel identisch, so dass die hier erzielten Ergebnisse bei Gelbbarschen keinerlei Effekte auf die Leistungsparameter durch die CLA-Zulage erkennen ließen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass in vielen Arbeiten bei den angesprochenen Nutztieren eine Supplementierung mit konjugierten Linolsäureisomeren ohne Effekt auf die untersuchten Parameter blieb. Darüber hinaus verwies, neben einer geringen Anzahl an „positiven“ Studien bei Mastschweinen, auch ein bedeutender Teil der Untersuchungen auf eine durch die CLA-Applikation verursachte Leistungsminderung.

Prinzipiell scheint nicht nur die Wirkrichtung sondern auch die Wirkeffektivität von CLA in Hinblick auf die Leistungsparameter wenig eindeutig zu sein. Beispielsweise konnte bei einer CLA-Zulage in Höhe von 1% zur Ration neben dem fehlenden Einfluss auf die tierische Leistung (CHOI et al., 1999, EGGERT et al., 1999, TWIBELL et

al., 2001) sowohl eine Leistungsverbesserung (DUNSHEA et al., 1998, OSTROWSKA et al., 1999) als auch eine -verschlechterung (TWIBELL et al., 2000) der jeweiligen Tiere beobachtet werden. Hieraus wird ersichtlich, dass bei den dargestellten Untersuchungen nicht ausschließlich die absolute Zulagenhöhe an CLA zur Diät für deren Effekt auf die Leistungsparameter verantwortlich war.

In diesem Zusammenhang erscheint es sinnvoll die Zusammensetzung der Ration, insbesondere den Gesamtfettgehalt bzw. das hieraus resultierende CLA : Gesamtfett -Verhältnis in der Diät mit in die Diskussion einzubeziehen. So wäre grundsätzlich denkbar, dass eine CLA-Zulage bei einem niedrigen Rationsfettgehalt einen Einfluss auf z.B. das Wachstum ausübt, während dieselbe CLA-Dosierung bei einem höheren Rationsfettgehalt einem „Verdünnungseffekt“ unterliegt und ohne Wirkung bleiben könnte. In Tabelle 1 sind hierzu die in den vorliegenden Versuchen eingestellten CLA : Gesamtfett-Verhältnisse (% des eingesetzten CLA-Präparats : % Gesamtfett) im Vergleich zu einigen anderen Arbeiten dargestellt, bei denen Rationsfettanteile erwähnt wurden.

Tabelle 1: CLA-Zulage in Abhängigkeit des Gesamtfettgehalts im Futter und deren Einfluss auf Leistungsmerkmale bei Fisch, Broiler und Schwein – Zusammenstellung von Arbeiten, in denen der Gesamtfettgehalt angegeben wurde

CLA	Gesamtfett im Futter		Nachgewiesene Wirkung	Leistung	Tier
1	:	22	Forellenversuch	=	Fisch
1	:	18	Karpfenversuch I	=	Fisch
1	:	16	TWIBELL et al. (2001)	=	Fisch
1	:	15	CHOI et al. (1999)	=	Fisch
1	:	12	TWIBELL et al. (2000)	↓	LM, FV, FA (n.s.)
1	:	9	Karpfenversuch I	=	Fisch
1	:	8	TWIBELL et al. (2001)	=	Fisch
1	:	8	TWIBELL et al. (2000)	↓	LM, FV, FA (n.s.)
1	:	7,3	Forellenversuch	=	Fisch
1	:	6	TWIBELL et al. (2000)	↓	LM, FV, FA
1	:	6	Karpfenversuch I	=	Fisch
1	:	5,2	Karpfenversuch II	=	Fisch
1	:	3,7	SIMON et al. (2000)	=	Broiler
1	:	3,3	ALETOR et al. (2002)	=	LM, FV, FA
1	:	3	CHOI et al. (1999)	↓	LM, FV
1	:	3	Karpfenversuch I	=	Fisch
1	:	2,8	SIMON et al. (2000)	=	Broiler
1	:	2,6	Karpfenversuch II	=	Fisch
1	:	1,6	ALETOR et al. (2002)	=	LM, FV, FA
1	:	1,6	DUGAN et al. (1999)	↑ / ↓	FV / FA
1	:	1,5	CHOI et al. (1999)	↓	LM, FV

= kein Effekt, ↑ positiver Effekt, ↓ negativer Effekt, (n.s.) nicht signifikant
LM Lebendmasse, FV Futtermittelverwertung, FA Futteraufnahme

Wie aus Tabelle 1 ersichtlich ist, bestätigte sich diese Annahme jedoch nicht. So trat eine Beeinflussung der Leistungsparameter der Tiere bei den jeweiligen Untersuchungen in keiner eindeutigen Relation zu dem CLA : Gesamtfett-Verhältnis in der Diät auf. Die Wirkung einer CLA-Zulage scheint daher nicht in unmittelbarer Abhängigkeit zu dem Fettanteil in der Diät zu stehen.

Darüber hinaus könnte eine mögliche Begründung in der chemischen Bindungsform der entsprechenden CLA-Zulage gesehen werden. In der vorliegenden Versuchreihe wurden die konjugierten Linolsäureisomere entweder als freie Fettsäuren (Karpfenversuch I) oder als Ester (Karpfenversuch II, Forellenversuch) eingesetzt. Aufgrund des Versuchsdesigns konnte im Karpfenversuch II zusätzlich noch zwischen CLA in Form von Methylester bzw. Ethylester differenziert werden. Abgesehen von der Beeinflussung der Nährstoffverdaulichkeit durch die CLA-

Ethylester-Zulage im Vergleich zum CLA-Methylester erwirkte die unterschiedliche Veresterung der konjugierten Linolsäureisomere keinen Effekt auf die Leistungsparameter. Auch im Hinblick auf die unterschiedlichen CLA-Bindungsformen in den Karpfenversuchen und im Forellenversuch ergaben sich keine Hinweise auf einen diesbezüglichen Einfluss. Diese Ergebnisse stimmen gut mit einer neueren Studie von RAHMAN et al. (2001) überein, welche nach Untersuchungen an Ratten mit CLA in Form von freien Fettsäuren oder Triglyceriden ebenfalls keinen Effekt auf Wachstum und Futterverwertung beobachteten. Hieraus lässt sich ableiten, dass die Wirkeffektivität der CLA sicher nicht allein auf deren chemischer Bindungsform beruht.

Ferner bleibt festzuhalten, dass bei einem relativ einheitlichen Anteil der konjugierten Linolsäureisomere in den CLA-Präparaten von 55 - 65% die Isomerenverteilung der CLA zwischen den verschiedenen Studien erheblich variiert. So besteht ein Teil der CLA-Präparate fast ausschließlich aus den Hauptisomeren c,t / t,c 9,11 und c,t / t,c 10,12 während der andere Teil neben den genannten Isomeren beträchtliche Gehalte der Isomere c,t / t,c 8,10 und c,t / t,c 11,13 sowie weiterer Minorisomere aufweist. Allerdings lässt auch eine das Isomerenmuster der CLA-Zulage berücksichtigende Betrachtungsweise der Untersuchungsergebnisse keine Verbindung zu einer potentiellen Wirkung erkennen.

Insgesamt scheint, insbesondere bei Fischen, dem Einfluss der Tierart eine wichtige Bedeutung zuzukommen. In den vorliegenden Versuchen führte eine 1 - 5%ige CLA-Zulage bei Karpfen zu keiner bzw. nur zu einer geringfügigen Leistungsminderung. In Übereinstimmung hierzu fanden CHOI et al. (1999) bei Karpfen, wie bereits dargestellt, erst ab einer CLA-Einsatzmenge von 10% in der Ration ein deutlich schlechteres Wachstum. Die Applikation der gleichen Versuchsdiet führte dagegen bei Tilapien und besonders bei Steinbarschen schon bei einer CLA-Dosierung von 2,5% zur negativen Beeinflussung der Leistungsparameter. Ergänzend hierzu sei noch einmal die Arbeit von TWIBELL et al. (2000) erwähnt, in welcher Streifenbarsche bereits ab einem CLA-Anteil von 1% in der Diät eine signifikante Wachstumsverringerng zeigten. Demgegenüber stehen die in dieser Versuchsreihe aufgezeigten Ergebnisse, wonach bei Forellen durch eine 1 - 3%ige CLA-Zulage keine Leistungsminderungen messbar waren.

Hieraus lässt sich die Schlussfolgerung ziehen, dass zu diesem Zeitpunkt noch keine eindeutige Bewertung der Bedeutung von CLA-Zulagen für die Leistungsparameter

in der Nutztierernährung möglich ist. Allerdings scheint, speziell im Fischbereich, eine negative Beeinflussung der tierischen Leistung infolge einer CLA-Supplementierung möglich.

4.3.2 Zum Einfluss der CLA-Zulage auf die Körperzusammensetzung

Ausgehend von Untersuchungen an Labortieren beschäftigten sich in den letzten Jahren auch einige Arbeiten mit der Wirkung konjugierter Linolsäureisomere auf die Körperzusammensetzung landwirtschaftlicher Nutztiere. In Anlehnung an den vorausgegangenen Diskussionsabschnitt zu den Leistungsparametern sind hierzu die meisten Informationen von Studien an Mastschweinen verfügbar.

Im überwiegenden Anteil der durchgeführten Arbeiten an dieser Spezies trat infolge der nutritiven CLA-Zulage eine deutliche Veränderung der Körperzusammensetzung der Tiere ein. Erste Ergebnisse zum Einsatz einer CLA-haltigen Diät bei Mastschweinen fanden sich bei DUGAN et al. (1997). Die Autoren beobachteten nach Verfütterung einer Ration mit 2%igem CLA-Anteil (50% CLA) an Masthybriden eine relative Reduktion der Rückenspeckdicke um 6,8%, gleichzeitig war der Magerfleischanteil um 2,3% erhöht. Auch SPARKS et al. (1999) und TISCHENDORF et al. (1999) berichteten von einer signifikanten Verringerung der dorsalen Fettauflage und einem im Gegenzug dazu deutlich ansteigendem Gehalt an fettfreier Muskelmasse aufgrund der Verabreichung einer CLA-haltigen Diät (1,25% bzw. 2% CLA) bei Mastschweinen. In einer neueren Studie untersuchten WIEGAND et al. (2001) den Einfluss einer 1,25%igen CLA-Zulage (61% CLA) auf die Körperzusammensetzung von Mastschweinen. Als Parameter wurden sowohl die Rückenspeckdicke an der zehnten und an der letzten Rippe sowie die Fläche des Lendenmuskels (*M. longissimus dorsi*) herangezogen. Durch die Applikation der konjugierten Linolsäureisomere konnte auch im Rahmen dieser Arbeit bei beiden Messpunkten eine signifikante Reduktion der Fettauflage festgestellt werden. So verringerte sich die Rückenspeckdicke an der zehnten Rippe um annähernd 18%, an der letzten Rippe um etwa 10%. Im Gegensatz hierzu blieb die Lendenmuskelfläche von der CLA-Zulage unbeeinflusst.

Darüber hinaus teilten THIEL-COOPER et al. (2001) auch eine wesentliche Beeinflussung des intermuskulären Fettanteils durch nutritive CLA-Zulagen mit. Die Autoren legten einer Diät ein CLA-Präparat (61% CLA) in steigenden Gehalten von

0,2%, 0,4%, 0,8% oder 1,8% zu und verfütterten diese an Mastschweine. Nach Erreichen des Versuchsendgewichts von 114kg wurden die Tiere geschlachtet. Anschließend erfolgte die Zerlegung des Rückens in Muskeln, subkutanes und intermuskuläres Fett sowie Haut und Knochen und die Wägung der einzelnen Fraktionen. Bei der Auswertung der Daten beobachteten die Autoren eine signifikante Verringerung des intermuskulären Fettanteils infolge der CLA-Supplementierung. Auch der Gehalt an subkutanem Fett war reduziert, während die Gesamtmuskelmasse tendenziell anstieg.

OSTROWSKA et al. (1999) untersuchten die chemische Zusammensetzung des gesamten Schlachtkörpers von Mastschweinen. Hierzu verfütterten die Autoren unterschiedliche Rationen mit einem CLA-Anteil von 0%, 0,125%, 0,25%, 0,5%, 0,75% bzw. 1% über einen Zeitraum von 8 Wochen an Masthybriden (LW * DL). Das mittlere Gewicht der Tiere zu Versuchsbeginn betrug 56kg. Nach Beendigung der Versuchsphase erfolgte die Schlachtung der Tiere. Die jeweils rechte Schlachtkörperhälfte wurde für die Schlachtkörperanalytik herangezogen. Mit ansteigendem CLA-Anteil in der Diät beobachteten OSTROWSKA et al. (1999) einen linearen Abfall des Körperfettanteils um bis zu 31% bei der 1%igen CLA-Zulagenhöhe. Entgegengerichtet nahm der Wassergehalt im Schlachtkörper der Mastschweine zu. Der Proteinanteil war dagegen von den konjugierten Linol-säureisomeren kaum beeinflusst und erhöhte sich nur geringfügig mit zunehmender CLA-Dosierung. Da die Aschegehalte konstant blieben führte somit die CLA-Zulage zu einem deutlichen Anstieg des Magerfleischanteils in den Mastschweinen.

Fasst man die dargestellten Arbeiten an Mastschweinen zusammen, so konnte aufgrund der CLA-Applikation über das Futter stets ein verminderter Körperfettansatz bei gleichzeitig zumindest leicht erhöhtem Anteil an fettfreier Muskelmasse (lean body mass) beobachtet werden. Demgegenüber existieren lediglich zwei Arbeiten, die nach nutritiven CLA-Zulagen von einer fehlenden Wirkung auf den Energiestoffwechsel (MÜLLER et al., 2000) bzw. sogar von einer Erhöhung des intramuskulären Fettgehalts (DUGAN et al., 1999) bei Mastschweinen berichteten.

Um eine potentielle Übertragbarkeit der in den Versuchen mit Mastschweinen gewonnenen Erkenntnisse auf Mastgeflügel zu testen, verfütterten ALETOR et al. (2002) mit CLA angereicherte Diäten an Broiler. Die Autoren konzipierten Diäten mit 2%- bzw. 4%igem CLA-Anteil und verfütterten diese an Broiler in einem Lebendmassebereich von rund 800 bis 2500g (Masttag 22 - 42). Nach der

Schlachtung im Anschluss an den 42. Masttag wurden als Messparameter die Ganzkörperzusammensetzung, das Abdominalfettgewicht sowie die relativen Gewichtsanteile von Brust und Schenkel erfasst. In diesem Versuch hatte die CLA-Ergänzung keinen signifikanten Effekt auf die Körperzusammensetzung der Tiere, so dass das Fett-Protein-Verhältnis im Ganzkörper von der CLA-Zulage unbeeinflusst blieb. Auch bezüglich des Abdominalfetts waren bei den Broilern der CLA-Behandlungen keine Differenzen gegenüber den Tieren welche die Kontrollration erhielten messbar. Die Ausprägung der Brust- und Schenkelpartien war ebenfalls bei allen Behandlungen identisch.

Weitere Daten zum Einfluss von CLA-Zulagen auf die Körperzusammensetzung von Broilern teilten SIMON et al. (2000) mit. Die Tiere der CLA-Behandlung erhielten das Futter mit einem CLA-Anteil von 2,9% während der gesamten Versuchsperiode von 42 Tagen bis zum Erreichen einer mittleren Lebendmasse von etwa 2320g. Nach der Schlachtung der Broiler zu Versuchsende wurden sowohl das Abdominalfett ausgelöst als auch die Brust- und Schenkelmuskulatur jeweils mit der aufliegenden Haut vom Schlachtkörper abgesetzt und verwogen. Für die folgende Rohnährstoffanalytik wurde die Haut von den Teilstücken abgetrennt und separat analysiert. Die CLA-Zulage verminderte den Fettanteil in der Schenkelmuskulatur der Broiler um etwa 12%, in der Brustmuskulatur sogar um über 40%. Der Proteingehalt der genannten Schlachtkörperfraktionen sowie deren Gewichtsanteile ließen dagegen keinen gerichteten Einfluss durch die CLA-Supplementierung erkennen. Die chemische Zusammensetzung der Haut war ebenfalls bei allen Behandlungen gleich. Allerdings konnte bei den Tieren der CLA-Behandlung ein deutlich niedrigerer Hautanteil gegenüber den Kontrolltieren festgestellt werden. Aufgrund der CLA-Applikation über das Futter war somit in der Summe das Fett-Protein-Verhältnis in den hier betrachteten Schlachtkörperfraktionen zugunsten des Proteins verschoben. Ferner verringerte die CLA-Zulage auch die Einlagerung an Abdominalfett um etwa 10%. Auch SZYMCZYK et al. (2001) bestimmten das Abdominalfettgewicht im Schlachtkörper von Broilern nach Verabreichung einer CLA-haltigen Diät. Übereinstimmend mit SIMON et al. (2000) beobachteten die Autoren eine Reduktion des Anteils an Abdominalfett infolge der CLA-Applikation. So nahm der Abdominalfettgehalt der Broiler mit steigender CLA-Zulage in der Ration (0%, 0,8%, 1,7%, 2,5%) linear von 2,7% bei der Kontrolle auf 1,9% bei 2,5%iger CLA-Zulage ab, was einer relativen Veränderung von annähernd 28% entsprach. Ferner veränderten

sich auch in dieser Studie die Gewichtsanteile der Brust- und Schenkelteilstücke durch die Aufnahme der konjugierten Linolsäureisomere nicht signifikant.

Die dargestellten Untersuchungen zeigen, dass auch bei Broilern, in Übereinstimmung mit den Studien an Mastschweinen, eine Reduktion des Körperfettansatzes bei gleichzeitiger Steigerung des Magerfleischanteils durch CLA eintreten kann.

Hiervon ausgehend sollte durch die vorliegende Versuchsreihe geklärt werden, inwiefern ein nutritiver Einsatz von konjugierten Linolsäureisomeren die Körperzusammensetzung von Fischen beeinflusst.

Im Karpfenversuch I bestand aufgrund des zweifaktoriellen Versuchsansatzes aus differenzierender CLA-Zulage (0%, 1% bzw. 3% CLA) und unterschiedlichem Fettgehalt (9% bzw. 18% i. d. FS) die Möglichkeit, die Wirkung von CLA auf die Schlachtkörperzusammensetzung der Karpfen auch in Abhängigkeit von der variierenden Fettzufuhr zu untersuchen. Die relativen Anteile von Filet, Innereien und Restkörper am gesamten Schlachtkörper der Karpfen veränderten sich durch die CLA-Zulage nicht. Demgegenüber waren sowohl bei der Zwischenschlachtung nach der 12. Versuchswoche als auch bei der Schlachtung zu Versuchsende (16. Versuchswoche) die Trockensubstanz- und Gesamtfettanteile in den Körperfractionen Filet und Innereien von der CLA-Zulage beeinflusst. So konnte bei den Karpfen der Behandlungsgruppe mit geringerem Fettgehalt infolge der 3%igen CLA-Supplementierung eine Reduktion des Fettanteils im Filet und in den Innereien bei beiden Schlachtungen beobachtet werden. Gleichzeitig war der Trockenmassegehalt um annähernd den gleichen Betrag verringert. Bei den Karpfen, welche die Rationen der höheren Fettstufe erhielten, war dieser Effekt nur im Filet messbar. Bezüglich der Rohasche- und Rohproteingehalte war dagegen bei beiden Fettstufen kein Einfluss durch die CLA-Zulage vorhanden. Abbildung 5 zeigt dazu nochmals die Veränderungen der Gesamtfettanteile der Karpfenfilets zu Versuchsende.

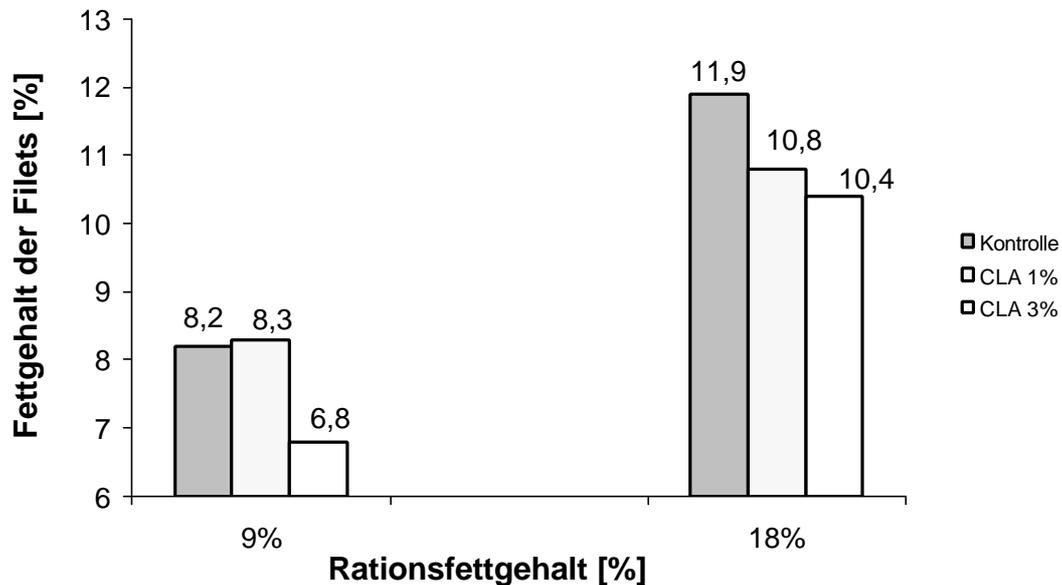


Abbildung 5: Gesamtfettgehalte im Karpfenfilet zu Versuchsende

Der 18%ige Fettanteil in der Ration führte zu einer deutlich stärkeren Fetteinlagerung in allen analysierten Fraktionen und somit im Karpfenganzkörper. Gleichgerichtet mit dem Anstieg des Gesamtfettanteils nahm der Trockenmassegehalt zu, während sich der Rohasche- und Rohproteingehalt signifikant verringerte. Die CLA-Ergänzung zur fettreicheren Diät konnte somit die erhöhte Fettretention der Karpfen nicht verhindern. Die relativen Anteile der Körperfraktionen der Fische veränderten sich durch die variierenden Fettgehalte im Futter dagegen nicht.

Gegenüber dem ersten Karpfenversuch bewirkte die CLA-Zulage im Karpfenversuch II keine Veränderung der Nährstoffgehalte in den einzelnen Körperfraktionen. Bei einem mittleren Gesamtfettanteil von 13% in der Diät wiesen die Karpfen unabhängig von der CLA-Zulagenhöhe von 0%, 2,5% bzw. 5,0% identische Nährstoffgehalte in allen analysierten Körperfraktionen auf. Auch die unterschiedliche Veresterung der konjugierten Linolsäureisomere (Ethylester bzw. Methylester) beeinflusste die Nährstoffzusammensetzung von Filet, Innereien und Restkörper nicht. Die Anteile der jeweiligen Körperfraktionen am Schlachtkörper waren ebenfalls bei allen Behandlungen konstant und betragen im Durchschnitt 35,1% für das Filet, 13,6% für die Innereien und 50,8% für den Restkörper.

Um die Auswirkungen von CLA-haltigen Diäten auch auf die Körperzusammensetzung von Salmoniden testen zu können, wurden im dritten Versuch der vorliegenden Versuchsreihe Forellen eingesetzt. Die Zulagenhöhe des verwendeten CLA-Präparats (ca. 60% CLA) betrug 0% , 1% oder 3% in der Diät, gleichzeitig erfolgte aufgrund des zweifaktoriellen Versuchsdesigns eine Variation des Vitamin E-Gehalts. Der Fettgehalt wurde bei allen Rationen auf 22% i. d. FS eingestellt. Um die Körperzusammensetzung der Forellen in verschiedenen Gewichtsbereichen erfassen zu können, wurden nach Beendigung der sechsten Versuchswoche (ca. 230g LM, Schlachttermin I), nach der zehnten Versuchswoche (ca.290g LM, Schlachttermin II), nach der 14. Versuchswoche (ca. 380g LM, Schlachttermin III) sowie nach der sich anschließenden Hälterungsperiode von 6 Wochen (Schlachttermin IV) eine Teilmenge der Versuchsfische geschlachtet. Wie bei den Karpfenversuchen wurde die Zerlegung der Fische in die Körperfraktionen Filet, Innereien und Restkörper vorgenommen. Die 3%ige CLA-Zulage führte bei allen Schlachtungen während der Fütterungsperiode zur Reduktion der Fetteinlagerung in den Innereien der Forellen, gleichgerichtet nahm auch der Trockenmasseanteil ab. Bei der Schlachtung nach der 14. Versuchswoche (Fütterungsende) konnte dieser Effekt zudem statistisch gesichert werden. In Abbildung 6 sind die Innereienfettgehalte der Forellen bei den vier Schlachttermin dargestellt.

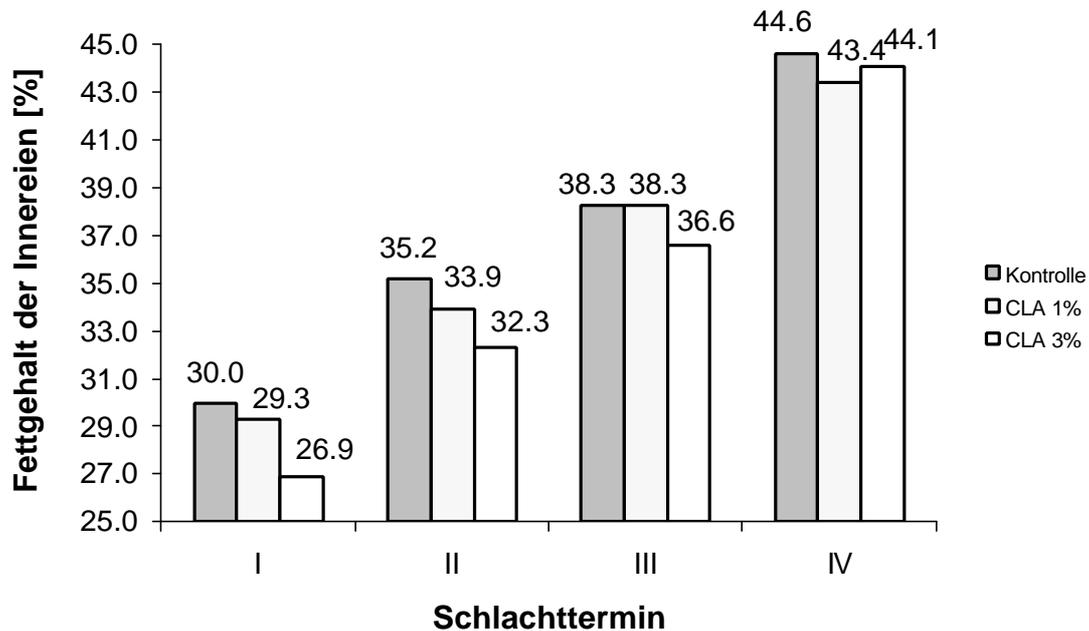


Abbildung 6: Gesamtfettgehalte in den Forelleninnereien bei den verschiedenen Schlachterminen

Die Rohasche- und Rohproteingehalte in den Innereien veränderten sich durch die CLA-Supplementierung jedoch nicht. Gegenüber den Innereien war die Nährstoffzusammensetzung im Filet und im Restkörper der Forellen von der CLA-Zulage unbeeinflusst. Weiterhin war auch die Ausprägung der Körperfraktionen am Schlachtkörper bei allen Behandlungen annähernd gleich. Betrachtet man die chemische Zusammensetzung des Ganzkörpers, die sich durch die Aufsummierung von Filet, Innereien und Restkörper ergibt, so zeigte sich aufgrund der CLA-Zulage keine grundlegende Veränderung in der Nährstoffzusammensetzung der Forellen. Ferner blieben die unterschiedlichen Vitamin E-Gehalte in der Ration bei allen Schlachtungen ohne messbaren Effekt auf die Körperzusammensetzung.

Bislang sind nur wenige weitere Arbeiten bekannt, die sich mit dem Einfluss von nutritiven CLA-Zulagen auf die Körperzusammensetzung von Fischen beschäftigt haben. Ergebnisse hierzu teilten TWIBELL et al. (2000) nach Untersuchungen an Streifenbarschhybriden (*Morone saxatilis* * *Morone chrysops*) mit. Bei diesem Versuch erhielten die Fische Diäten mit einer CLA-Zulage (67% CLA) in Höhe von 0,5%, 0,75% oder 1,0% über einen Zeitraum von acht Wochen. Zu Versuchsende

wurden die Barsche geschlachtet und entweder als Ganzkörper belassen oder filetiert. Anschließend wurden sowohl im Filet als auch im ganzen Fisch die Trockenmasse- und Rohnährstoffanteile analysiert. Darüber hinaus erfassten die Autoren als zusätzlichen Parameter den intraperitonealen Fettgehalt. Die CLA-Supplementierung der Rationen führte im Ganzkörper sowie im Filet zur verringerten Fetteinlagerung bei gleichzeitiger Abnahme des Trockenmassegehalts. Dieser Effekt war bei sämtlichen Dosierungsstufen in gleichem Umfang messbar. So betrug die relative Reduktion des Fettanteils infolge der Zufuhr an konjugierten Linol-säureisomeren im Ganzkörper durchschnittlich 8%, im Filet sogar 18%. Hierzu gleichgerichtet nahm auch der intraperitoneale Fettgehalt durch die CLA-Applikation ab. Diese Veränderung war dosisabhängig und erhöhte sich mit ansteigendem CLA-Gehalt in der Diät. Die Rohasche- und Rohproteingehalte im Filet sowie im Ganzkörper der Streifenbarsche blieben von der CLA-Zulage unbeeinflusst.

In einer neueren Studie verfütterten TWIBELL et al. (2001) Rationen mit einem CLA-Anteil von 0%, 0,5% oder 1% an Gelbbarsche (*Perca flavescens*). Im Anschluss an die 9wöchige Versuchsperiode wurden die Fische geschlachtet und filetiert. Die Rohnährstoffanalyse beschränkte sich hier auf den Trockenmasse- und Fettgehalt im Filet. Im Gegensatz zur vorausgehenden Untersuchung an Streifenbarschen führte die Zulage von CLA bei Gelbbarschen zu einem leicht ansteigenden Fettgehalt im Filet, während der Trockenmasseanteil mit etwa 22% konstant blieb. So betrug der Fettgehalt im Filet der Barsche bei fehlender CLA-Zulage 2,5%, bei 0,5%iger CLA-Zulage 2,9% und bei 1%iger CLA-Zulage 3,3% in der Trockenmasse. Demgegenüber unterlag der intraperitoneale Fettgehalt keinem Behandlungseffekt.

Betrachtet man die dargestellten Ergebnisse bei den angesprochenen Tierarten in ihrer Gesamtheit, so führte eine nutritive CLA-Zulage in vielen Studien zu einer geringeren Fettretention im Schlachtkörper bzw. in Teilstücken. Gleichlaufend war der verringerte Fettanteil stets mit einem niedrigeren Trockenmassegehalt im jeweiligen Gewebe verbunden. Die Einlagerung von Rohasche und besonders von Rohprotein in den Körper veränderte sich infolge der CLA-Supplementierung dagegen nicht. Auch blieb die Ausprägung der verschiedenen Schlachtkörperfraktionen von der CLA-Zulage unbeeinflusst. Darüber hinaus sei angemerkt, dass ein Effekt auf die Körperzusammensetzung der jeweiligen Tierart infolge der CLA-Zufuhr vielfach mit einem Effekt auf die Leistungsparameter verbunden war.

Die Wirkmechanismen für die Beeinflussung des Fettstoffwechsels durch konjugierte Linolsäureisomere sind bislang ungeklärt. AZAIN et al. (2000) beobachteten bei Ratten durch eine CLA-Zulage eine Volumenverringering der Fettzellen, während deren Anzahl unverändert blieb. Auch eine reduzierte Proliferation der Fettzellen sowie eine erhöhte Apoptose der Fettzellenvorstufen werden als Ursache für den fettreduzierenden Effekt von CLA diskutiert (EVANS et al., 2000). Allgemein scheinen aber CLA sowohl die Fettsynthese zu hemmen (PARK et al., 1999 b) als auch den Fettabbau (β -Oxidation) in den Fettzellen zu stimulieren (PARIZA et al., 2000).

Des weiteren sei angemerkt, dass in Versuchen an Mäusen bei welchen CLA-Einzelisomere zugelegt wurden, nur das t-10, c-12 Isomer zur verminderten Fettretention führte (PARK et al., 1999 b). So berichteten PARK et al. (1999 b) von einer reduzierten Lipoproteinlipaseaktivität sowie der Verminderung des intrazellulären Triglyceridgehalts infolge der Zulage des CLA-Isomers t-10, c-12. Die alleinige Verabreichung des Isomers c-9, t-11 zeigte dagegen diesbezüglich keinen Effekt. Somit könnte ein unterschiedliches Isomerenmuster in der CLA-Zulage einen Diskussionspunkt für den zum Teil fehlenden Effekt von CLA auf die Körperzusammensetzung in einigen Versuchen darstellen. In Tabelle 2 sind hierzu die Anteile und die Verhältnisse der „Hauptisomere“ c-9, t-11 und t-10, c-12 zueinander in den verwendeten CLA-Zulagen der Karpfenversuche sowie von anderen Arbeiten zusammengestellt, in welchen die Autoren Angaben zum Isomerenmuster machten. Darüber hinaus enthielten einige CLA-Präparate nicht unerhebliche Mengen an c,t / t,c - 8,10 und c,t / t,c - 11,13 sowie anderen z.T. nicht näher bestimmten Isomeren. Bislang fehlen jedoch Untersuchungen zur physiologischen Wirksamkeit dieser CLA-Isomere, so dass in diesem Zusammenhang lediglich die zwei „Hauptisomere“ angesprochen werden sollten.

Tabelle 2: Einfluss der Anteile an c-9, t-11 und t-10, c-12 Isomeren in der CLA-Zulage auf den Fettstoffwechsel bei Fisch, Broiler und Schwein – Zusammenstellung von Arbeiten, in denen das CLA-Isomerenmuster angegeben wurde

Gesamtanteil und Verhältnis der c-9, t-11 und t-10, c-12 Isomere in der CLA - Zulage				Nachgewiesene Wirkung auf Fettstoffwechsel	Tier	
c-9, t-11		t-10, c-12				
90%	1	:	1,3	TWIBELL et al. (2000)	↓	Fisch
55%	1	:	1,2	OSTROWSKA et al. (1999)	↓	Schwein
35%	1	:	1,2	SZYMCZYK et al.(2001)	↓	Broiler
43%	1	:	1,1	THIEL-COPPER et al. (2001)	↓	Schwein
88%	1	:	1,2	Karpfenversuch I	↓	(n.s.) Fisch
92%	1	:	1,0	Karpfenversuch II (EE)	=	Fisch
94%	1	:	1,0	ALETOR et al. (2002)	=	Broiler
95%	1	:	1,0	SIMON et al. (2000)	↓	Broiler
77%	1	:	1,0	TWIBELL et al. (2001)	↑	(n.s.) Fisch
56%	1	:	0,9	TISCHENDORF et al.(1999)	↓	Schwein
98%	1	:	0,9	Karpfenversuch II (ME)	=	Fisch

= unveränderte Fetteinlagerung, ↑ erhöhte Fetteinlagerung, ↓ verringerte Fetteinlagerung, (n.s.) nicht signifikant

Wie Tabelle 2 zu entnehmen ist, enthielten die CLA-Präparate die c-9, t-11 und t-10, c-12 Isomere in allen beschriebenen Studien in ähnlichen Anteilen von etwa 1:1. Nur der absolute Gehalt dieser Isomere an der CLA-Zulage variierte mit 35% bis 98% in einem weiteren Bereich. Somit kann ein differenzierender Anteil der physiologisch wirksamen Isomere c-9, t-11 und t-10, c-12 in der CLA-Zulage als alleinige Ursache für den z.T. ausbleibenden Effekt ausgeschlossen werden.

Einen weiteren Diskussionsansatz für die unterschiedliche Wirkeffektivität einer CLA-Zulage auf die Körperzusammensetzung wäre im Hinblick auf die Biosynthese des Körperfetts möglich. Betrachtet man die Rationszusammensetzung bei den angesprochenen Nutztieren so fällt auf, dass insbesondere bei Mastschweinen infolge des geringen Rationsfettgehalts von etwa 3% überwiegend Kohlenhydrate für die Fettsynthese herangezogen werden müssen. In diesem Zusammenhang vermuteten OSTROWSKA et al. (1999), dass konjugierte Linolsäureisomere die „de novo“ Fettsynthese negativ beeinflussen und somit zu einem reduzierten Fettansatz im Körper führen können. Demgegenüber stehen aus Diäten mit hohen Fettanteilen Fettsäuren bereits in großer Menge zur Verfügung, die dann direkt für den Aufbau von Körperfett verwendet werden können. Möglicherweise ist der Effekt von CLA auf

diesen Stoffwechselweg der Biosynthese von Körperfett geringer als bei der Synthese aus Kohlenhydraten. Demzufolge wäre es nachvollziehbar, dass in den Karpfenversuchen der vorliegenden Versuchsreihe die Fetteinlagerung in die Schlachtkörperfraktionen durch die CLA-Supplementierung beim Rationsfettgehalt von 9% (Karpfenversuch I) am stärksten verringert war. Dagegen fehlte der fettreduzierende Einfluss von CLA trotz vergleichbarer Rationszusammensetzung bei 13% Fettgehalt (Karpfenversuch II) bzw. 18% Fettgehalt (Karpfenversuch I) in der Diät gänzlich bzw. war weniger auffallend. Im Hinblick auf die Wirksamkeit von konjugierten Linolsäureisomeren auf die Körperzusammensetzung würde somit dem Gesamtfettanteil in der Ration eine entscheidende Bedeutung zukommen.

Insgesamt erscheint es daher für eine bessere Vergleichbarkeit zukünftiger CLA-Studien notwendig, neben den absoluten CLA-Anteilen den Focus noch mehr auf die Rationszusammensetzung bzw. auf die Nährstoffgehalte in den jeweiligen Diäten zu richten. Entscheidende Hinweise zum Wirkmechanismus von CLA auf den Stoffwechsel dürften allerdings von Versuchen mit CLA-Einzelisomeren zu erwarten sein.

4.4 Zum Einfluss der CLA-Zulage auf die Fettsäurezusammensetzung

Um den Einfluss einer nutritiven CLA-Zulage auf die Fettsäurezusammensetzung abzuklären, wurden in der vorliegenden Versuchsreihe die Fettsäuregehalte in den Filets der Karpfen im Karpfenversuch II analysiert. Daher sollte sich in diesem Diskussionsabschnitt, obwohl in einigen Studien auch die Fettsäurezusammensetzung des Fettgewebes und der Leber bestimmt wurde, die Betrachtung vergleichender Arbeiten auf das Fettsäuremuster in der Muskulatur der jeweiligen Tierart beschränken.

TISCHENDORF et al. (1999) legten einer Diät ein CLA-Präparat (54% CLA) in Höhe von 2% zu und verfütterten diese an Mastschweine (Pi * DL/DE) im Lebendmassebereich von 23 - 114kg. Nach der Schlachtung zu Versuchsende analysierten die Autoren das Fettsäuremuster im M. longissimus dorsi. Bei den Tieren welche die CLA-Zulage erhielten konnte im Muskelfett ein Gehalt an konjugierten Linolsäureisomeren von etwa 1,5% analysiert werden, während CLA bei den Kontrolltieren nur in Spuren nachweisbar waren. Durch die CLA-Applikation erhöhte

sich bei den Mastschweinen auch der Anteil an gesättigten Fettsäuren (SFA), während sich der Gehalt an einfach ungesättigten Fettsäuren (MUFA) verringerte. Des Weiteren nahm der Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren (PUFA) im Rückenmuskel durch die CLA-Supplementierung geringfügig zu. Angaben zu einzelnen Fettsäuren machten die Autoren jedoch nicht. Im gleichen Gewichtsbereich verabreichten THIEL-COOPER et al. (2001) Diäten mit ansteigenden Gehalten einer CLA-Zulage (61% CLA) von 0,2%, 0,4%, 0,8% und 1,7% an Mastschweine. Nach der Schlachtung der Tiere beobachteten die Autoren eine dosisabhängige Anreicherung von CLA in der Rückenmuskulatur. So stieg deren Anteil im Muskelfett von 0,1% über 0,4% und 0,5% auf 0,8% entsprechend der CLA-Zufuhr durch die Diät an. Ferner führte die gestaffelte CLA-Zulage zu einer stetigen Erhöhung der Gehalte an SFA (v.a. C 14:0 und C 16:0) bzw. zur Reduktion der MUFA- (v.a. C 18:1) und PUFA-Anteile (v.a. C18:2 und C 20:4). RAMSAY et al. (2001) substituierten in einer Mastschweineration Maisöl durch ein CLA-Präparat (67% CLA) in Anteilen von 0,25%, 0,5%, 1,0% und 2,0%. Nach Erreichen des Versuchsendgewichts von 55kg wurden die Tiere geschlachtet und das Fettsäuremuster im *M. longissimus dorsi* bestimmt. Auch hier stieg der CLA-Gehalt im Muskelfett kontinuierlich bis zu einem Gehalt von annähernd 2,8% bei 2%iger CLA-Dosierung im Futter an. Des Weiteren bewirkte die CLA-Zulage, in Übereinstimmung mit den zuvor beschriebenen Studien, eine sukzessive Zunahme des Gehalts an gesättigten Fettsäuren sowie eine Reduktion des Anteils an einfach- und mehrfach ungesättigten Fettsäuren. Im Einzelnen waren bei den SFA v.a. die Stearinsäure (C 18:0), bei den MUFA v.a. die Ölsäure (C 18:1) und bei den PUFA die Linolsäure- (C18:2) bzw. die Linolensäure (C 18:3) betroffen. Die Ergebnisse für die kürzer- bzw. längerkettigen Fettsäuren waren hier wenig eindeutig.

SIMON et al. (2000) mischten in eine Diät 2,9% einer CLA-Zulage (70% CLA) ein und verabreichten diese über die gesamte Mastperiode von 6 Wochen an Broiler. Im Anschluss an die Mastphase wurden die Tiere geschlachtet und das Fettsäuremuster im Muskelfett der Brust- und Schenkelmuskulatur bestimmt. Der Gehalt an konjugierten Linolsäureisomeren im Muskelfett der analysierten Teilstücke erhöhte sich infolge der CLA-Zulage im Mittel auf 13,1% gegenüber den Kontrolltieren mit durchschnittlich 0,7%. Des Weiteren beobachteten die Autoren einen signifikanten Anstieg an SFA (v.a. C 16:0 und C 18:0) sowie eine Abnahme der MUFA (v.a. 16:1 und C 18:1). Die PUFA-Fraktion im Muskelfett der Broiler veränderte sich nur

unwesentlich durch die CLA-Zulage, obgleich der Gehalt an Linol- (C 18:2), Arachidon- (C 20:4) sowie Eicosapentaensäure (C 20:5) bei den Tieren der CLA-Behandlung deutlich geringer war. Weitere Daten zum Einfluss einer nutritiven CLA-Zufuhr auf das Fettsäuremuster bei Mastgeflügel teilten SZYMCZYK et al. (2001) mit. Die Autoren verfütterten Diäten mit variierenden Anteilen eines CLA-Präparats (60% CLA) von 0,8%, 1,7% oder 2,5% an Broiler und analysierten anschließend die Fettsäuregehalte im Muskelfett der Brust- und Schenkelmuskulatur. Die gestaffelte CLA-Zufuhr über das Futter führte sowohl in der Brust als auch in den Schenkeln zu einem linearen Anstieg (im Durchschnitt $r = 0,96$) der CLA im Muskelfett. So erhöhte sich im Mittel der Körperfraktionen der Gehalt an konjugierten Linolsäureisomeren von 0% bei der Kontrolle auf 3,1% bei 0,8%iger CLA-Zulage sowie 5,4% und 9,8% bei 1,7%iger- bzw. 2,5%iger CLA-Zulage. Gleichgerichtet mit der dosisabhängigen Anreicherung der CLA erhöhte sich der Anteil an SFA (v.a. C 16:0 und C 18:0) im Fettsäuremuster. Demgegenüber reduzierte sich der Gehalt an MUFA (v.a. C 16:1 und C 18:1) und PUFA mit steigender CLA-Zufuhr stetig. Quantitativ waren bei den mehrfach ungesättigten Fettsäuren vor allem die Linol- (C18:2) und die Arachidon-säure (C20:4) von diesem Effekt betroffen.

Betrachtet man die Studien an Mastschweinen und Broilern in ihrer Gesamtheit, so wurden bei beiden Tierarten die mit dem Futter verabreichten konjugierten Linolsäureisomere in das Muskelfett eingebaut. Zusätzlich führte die nutritive CLA-Zulage zu einer tiefgreifenden Veränderung des gesamten Fettsäuremusters. Wenngleich in den verschiedenen Arbeiten unterschiedliche Einzelfettsäuren betroffen waren, konnte insgesamt ein höherer Gehalt an SFA bei gleichzeitig reduziertem Anteil an MUFA und PUFA infolge der CLA-Zulage bestimmt werden. In diesem Zusammenhang sollte die vorliegende Versuchsreihe Aufschluss geben, inwiefern eine CLA-Zulage im Futter die Fettsäurezusammensetzung im Muskelfett von Fischen beeinflusst. Da die Daten zur Fettsäureanalytik aus dem Karpfenversuch I und dem Forellenversuch in einer anderen Studie dargestellt werden, sind vorliegend nur die Ergebnisse aus dem zweiten Karpfenversuch angeführt.

Im Karpfenversuch II wurden CLA-Präparate in Anteilen von 2,5% und 5,0% im Austausch gegen Sonnenblumenöl in die Rationen eingebracht. Die CLA-Zulagen unterschieden sich bezüglich der chemischen Bindungsform der konjugierten Linolsäureisomere. So war die konjugierte Linolsäure in einem Fall mit Methanol

(ME), im anderen Fall mit Ethanol (EE) verestert. Der Anteil an CLA variierte mit 60% (ME) und 66% (EE) nur geringfügig zwischen den zwei CLA-Präparaten. Die Karpfen erhielten die Diäten während der gesamten Versuchsperiode von 14 Wochen bis zum Erreichen eines mittleren Endgewichts von etwa 1240g. Nach der Schlachtung zu Versuchsende wurde das Fettsäuremuster im Muskelfett der Karpfenfilets bestimmt. Durch die CLA-Supplementierung der Diäten stieg der Gehalt an konjugierten Linolsäureisomeren von 1,2% bei der Kontrolle auf durchschnittlich 5,9% bei 2,5%iger Zulage bzw. 11% bei 5%iger Zulage an. Die Anreicherung der CLA im Muskelfett erfolgte unabhängig von der Veresterungsart der konjugierten Linolsäure. Des Weiteren war infolge der gestaffelten CLA-Zulage eine deutliche Erhöhung des Gehalts an SFA (v.a. C 16:0 und C 18:0) von 23,7% auf 27,5% (2,5% CLA-Zulage) bzw. 29,4 % (5% CLA-Zulage) messbar. Gleichzeitig trat eine signifikante Verringerung der MUFA- (v.a. C 16:1, C 18:1 und C22:1) bzw. PUFA-Anteile ein. Innerhalb der PUFA-Fraktion waren die Anteile von Linolsäure (C 18:2), Linolensäure (C 18:3), Arachidonsäure (C 20:4) und Docosadiensäure (C 22:2) am stärksten durch die CLA-Zulage reduziert. Die Veränderungen im Fettsäuremuster waren auch hier bei den Karpfen der Methylester- und Ethylesterbehandlungen gleich.

Deutlich höhere CLA-Anteile im Muskelfett von Karpfen (*Cyprinus carpio* L.) teilten Choi et al.(1999) mit. Die Autoren verfütterten Diäten mit 0%-, 1,0%-, 2,5%-, 5%- oder 10%iger CLA-Zulage (75% CLA) über einen Versuchszeitraum von acht Wochen an Karpfen. Die Lebendmasse der Karpfen stieg während dieser Periode von 4g auf etwa 13g an. Die zu Versuchsende vorgenommene Analyse des Fettsäuremusters ergab bereits bei 1%iger CLA-Zulage zur Diät einen Gehalt an konjugierten Linolsäureisomeren im Muskelfett von über 13%. Durch die 2,5%ige CLA-Supplementierung erhöhte sich dieser Anteil nochmals sprunghaft auf 20,7%, während er sich bei einer weiteren Steigerung nur noch marginal veränderte (21,5% bzw. 21,9% bei 5%iger bzw. 10%iger CLA-Zulage). In den Karpfen der Kontrollbehandlung konnten keine CLA nachgewiesen werden.

Anhand des identischen Versuchsdesigns überprüften Choi et al. (1999) die Auswirkung einer nutritiven CLA-Zulage auch auf das Fettsäuremuster von Tilapien (*Tilapia nilotica*) und Steinfischen (*Sebastes schlegeli*) in einem ähnlichen Lebendmassebereich. Wie bei den Karpfen reicherten sich auch bei diesen Fischarten die konjugierten Linolsäureisomere dosisabhängig im Muskelfett an.

Allerdings blieben die absoluten CLA-Anteile hier deutlich unter denen der Karpfen. So betrug der mittlere Gehalt an CLA bei den Tilapien zwischen 4,1% (1% CLA-Zulage) und 18,1% (10% CLA-Zulage) bzw. 5,1% (1% CLA-Zulage) und 12,6% (10% CLA-Zulage) bei den Steinfischen. Das Muskelfett der Kontrollfische enthielt keine CLA. Weitere Angaben zum Fettsäuremuster machten die Autoren in dieser Arbeit nicht.

TWIBELL et al. (2000) legten einer Diät ein CLA-Präparat (67%) in Höhe von 0,5%, 0,75% oder 1,0% im Austausch gegen Menhadenöl zu und verfütterten diese an Streifenbarschhybriden (*Morone saxatilis* * *Morone chrysops*) über die gesamte Versuchsperiode von acht Wochen. Anschließend bestimmten die Autoren das Fettsäuremuster im Muskelfett der Fische. Der CLA-Gehalt nahm entsprechend den variierenden CLA-Gehalten in den Futterrationen von 0,5% bei den Fischen der Kontrollbehandlung auf 3,4% bei 0,5%iger CLA-Zulage und 4,4% bei 0,75%iger CLA-Zulage bzw. 8,1% bei 1,0%iger CLA-Zulage zu. Gleichzeitig verschob sich im Fettsäuremuster zumindest tendenziell die Relation der gesättigten zu den ungesättigten Fettsäuren zugunsten der SFA. Ferner war infolge der ansteigenden CLA-Zulage eine deutliche Reduktion der langkettigen mehrfach ungesättigten Fettsäuren Eicosapentaensäure (C 20:5) und Docosahexaensäure (C 22:6) im Muskelfett der Streifenbarsche messbar. Die Linolen- (C 18:3) und Arachidonsäuregehalte (C 20:4) verringerten sich dagegen nur geringfügig.

In einer weiteren Studien verfütterten TWIBELL et al. (2001) CLA-haltige Diäten an Gelbbarsche (*Perca flavescens*). Neben dem Anteil des CLA-Präparats (65%) in der Ration von 0%, 0,5% oder 1,0% variierten die Autoren auch die Art des zugelegten Fettkonzentrats in der Diät, das entweder aus Menhadenöl, aus Sojaöl oder aus einer 1:1 Mischung beider Öle bestand. Nach der 9wöchigen Mastphase war bei allen Barschen der CLA-Behandlungen eine dosisabhängige Einlagerung von konjugierten Linolsäureisomeren im Muskelfett messbar. Allerdings traten hierbei Interaktionen mit den unterschiedlichen Fettquellen auf. So betrug der CLA-Anteil im Muskelfett bei 1%iger CLA-Supplementierung in Kombination mit Menhadenöl bzw. Menhadenöl/Sojaölmischung 2,9%, in Kombination mit reinem Sojaöl hingegen nur etwa 1,9%. Die Barsche der Kontrollbehandlung enthielten ca. 0,1% CLA. Die nutritive CLA-Zulage führte ferner zu einem deutlich höheren SFA-Gehalt (v.a. C 18:0) und zugleich zu einer Verringerung der MUFA- (v.a. C 16:1 und C 18:1) und PUFA-Anteile. Innerhalb der PUFA-Fraktion waren überwiegend die Linolsäure (C

18:2), die Linolensäure (C 18:3), die Arachidonsäure (C 20:4) sowie die Docosahexaensäure (C 22:6) von dem reduzierenden Effekt durch die CLA betroffen. Die Beeinflussung der Fettsäurefraktionen im Muskelfett der Gelbbarsche erfolgte bei den verschiedenen Fettquellen gleichgerichtet.

Fasst man die dargestellten Arbeiten an Fischen zusammen, so stehen deren Ergebnisse in guter Übereinstimmung mit den vorab besprochenen Daten von Mastschweinen und Broilern. Auch bei dieser Tierart konnte eine dosisabhängige Anreicherung der konjugierten Linolsäureisomere im Muskelfett analysiert werden. Darüber hinaus führte die nutritive CLA-Zulage bei den Fischen ebenfalls zu einer deutlichen Reduktion der ungesättigten Fettsäuren zugunsten der gesättigten Fettsäuren. Welche Fettsäuren hiervon im Einzelnen betroffen waren variierte jedoch zwischen den beschriebenen Studien. Erklärungsansätze hierfür liefern sowohl das speziesspezifische Fettsäuremuster sowie die unterschiedliche Fettsäurezusammensetzung der Komponente, gegen die der Austausch der CLA-Zulage erfolgte.

Im Hinblick auf die absoluten CLA-Gehalte im Muskelfett nach Applikation von konjugierten Linolsäureisomeren über das Futter bestanden zwischen den Studien erhebliche Differenzen. In Tabelle 3 sind hierzu die nach Verabreichung von Diäten mit einem etwa 1%igen CLA-Gehalt analysierten CLA-Anteile im Muskelfett bei verschiedenen Spezies dargestellt. Zur besseren Vergleichbarkeit wurde für diese Tabelle die jeweilige Einsatzmenge des CLA-Präparats mit dessen tatsächlichem Isomergehalt multipliziert, so dass sich die Angaben auf „reine“ CLA beziehen. Zusätzlich wurde in die vorliegende Tabelle der Gesamtfettgehalt in der Muskulatur aufgenommen, soweit die Autoren hierzu Angaben machten.

Tabelle 3: CLA-Anteile im Muskelfett nach Verabreichung einer etwa 1%igen CLA-Zulage über das Futter sowie Muskelfettgehalte bei Fisch, Broiler und Schwein

CLA [%] im Futter	CLA [%] im Muskelfett	XL [%] im Muskel		Tier
0,8	2,8	-	RAMSAY et al. (2001)	Schwein
1,1	1,5	1,5	TISCHENDORF et al. (1999)	Schwein
1,0	0,8	-	THIEL-COPPER et al. (2001)	Schwein
1,0	5,4	-	SZYMCZYK et al. (2001)	Broiler
0,8	13,1	-	CHOI et al. (1999)	Fisch (K)
0,7	8,1	3,5	TWIBELL et al. (2000)	Fisch (SB)
0,8	5,1	-	CHOI et al. (1999)	Fisch (T)
0,8	4,1	-	CHOI et al. (1999)	Fisch (SF)
0,7	2,9	3,3	TWIBELL et al. (2001)	Fisch (GB)

(K) Karpfen, (SB) Streifenbarsch, (T) Tilapien, (SF) Steinfisch, (GB) Gelbbarsch, - keine Angabe

Wie aus Tabelle 3 ersichtlich ist, wurden trotz annähernd gleich hoher CLA-Einsatzmengen im Futter (0,7 bis 1,1 %) die konjugierten Linolsäureisomere in unterschiedlichsten Anteilen in das Muskelfett eingelagert. Hierbei variierten die analysierten Werte nicht nur zwischen sondern auch innerhalb der Tierarten erheblich, was vor allem die Ergebnisse der Studien an Fischen belegen. Zudem scheinen im Vergleich der Spezies Mastschweine ein relativ geringes, Fische dagegen ein auffallend hohes CLA-Aneignungsvermögen aufzuweisen. Möglicherweise besteht neben dem „Spezieseffekt“ auch ein Zusammenhang zwischen der CLA-Akkumulation im Muskelfett und dem absoluten Fettgehalt im Muskel. Beispielsweise wäre bei gleich hoher nutritiver CLA-Zufuhr ein höherer Anteil an CLA in einem Muskel mit niedrigerem Fettanteil im Vergleich zu einem fettreicheren Muskel denkbar. Aufgrund fehlender Daten in dem überwiegenden Teil der vorgestellten Arbeiten sind Angaben hierzu jedoch nicht möglich (Tabelle 3).

Weiterhin entscheidet auch die Dauer der Verfütterung des CLA-haltigen Futters über die Einlagerungsintensität der CLA in das Muskelfett. Hierzu sei noch einmal die Arbeit von CHOI et al. (1999) an Fischen erwähnt. Die Autoren beobachteten, dass insbesondere die Karpfen nach 6 Wochen der CLA-Zufuhr im Durchschnitt erst 65% der konjugierten Linolsäureisomere akkumuliert hatten, welche sie zu Versuchsende nach 8 Wochen im Muskelfett aufwiesen.

Wie TWIBELL et al. (2001) an Gelbbarschen zeigten, sind ferner Wechselwirkungen zwischen den CLA und einzelnen Rationskomponenten möglich, die wiederum zu unterschiedlichen CLA-Gehalten im Muskelfett bei gleicher Zufuhr über die Diät führen können. So war die CLA-Einlagerung der Barsche in dieser Studie bei 1%iger CLA-Supplementierung infolge der Verwendung von Sojaöl gegenüber Menhadenöl als Fettkonzentrat relativ um etwa 35% reduziert.

Am Rande seien auch noch die unterschiedlichen Gehalte von CLA im Muskelfett der Kontrolltiere bei den verschiedenen Studien am Beispiel von Fischen angesprochen. FRITSCHKE et al. (1998) analysierten in der Fischmuskulatur in Abhängigkeit der Fischart „native“ CLA-Anteile am Gesamtfett von 0,01 - 0,09 %. TWIBELL et al. (2001) fanden vergleichbare Gehalte an konjugierten Linolsäureisomeren in den Barschen der Kontrollbehandlung von 0,06%. Demgegenüber enthielten die Kontrollfische bei TWIBELL et al. (2000) mit 0,5% und im vorliegenden Karpfenversuch II mit 1,2% wesentlich höhere CLA-Anteile. Bei der vorliegenden Arbeit scheint hierfür vor allem der bereits zu Versuchsbeginn außergewöhnlich hohe CLA-Gehalt von 1,8% im Gesamtfett der Karpfenfilets sowie der native CLA-Anteil im Kontrollfutter von etwa 0,1% verantwortlich zu sein.

In Ergänzung zu den absoluten CLA-Gehalten im Muskelfett ist in Tabelle 4 das Verhältnis der c 9, t 11 und t 10, c 12 Isomere in dieser Fraktion dargestellt. Im Karpfenversuch II der vorliegenden Versuchsreihe nahmen nach Verabreichung beider CLA-Präparate (Ethyl- bzw. Methylester) diese Isomere über 90% des gesamten CLA-Anteils im Muskelfett ein. Andere CLA-Isomere waren nur noch in geringen Konzentrationen von unter 2% nachweisbar. Auch im überwiegenden Teil der übrigen Arbeiten konnten hauptsächlich die c 9, t 11 und t 10, c 12 Isomere im Muskelfett nachgewiesen werden, so dass sich die Betrachtungsweise des Isomerenmusters hier auf diese „Hauptisomere“ beschränkt.

Tabelle 4: c 9, t 11 und t 10, c 12 Verhältnisse im Muskelfett in Abhängigkeit von deren Verhältnis im Futter bei Fisch, Broiler und Schwein

CLA im Futter 9,11 : 10,12		CLA im Muskelfett 9,11 : 10,12			Tier
1	: 1,4	1	: 1,5	RAMSAY et al. (2001)	Schwein
1	: 1,3	1	: 1,2	TWIBELL et al. (2000)	Fisch (SB)
1	: 1,1	1	: 1,2	THIEL-COPPER et al. (2001)	Schwein
1	: 1	1	: 1	TWIBELL et al. (2001)	Fisch (GB)
1	: 1	1	: 0,8	SIMON (2000)	Broiler
1	: 1	1	: 0,8	Karpfenversuch II (ME)	Fisch (K)
1	: 1	1	: 0,7	TISCHENDORF et al. (1999)	Schwein
1	: 1	1	: 0,7	Karpfenversuch II (EE)	Fisch (K)

(9,11) c9,t11, (10,12) t10,c12, (K) Karpfen, (SB) Streifenbarsch, (GB) Gelbbarsch

Wie Tabelle 4 illustriert, entsprach das Verhältnis der beiden Hauptisomere im Muskelfett weitestgehend dem in der Diät. Allerdings waren in einigen Studien und insbesondere in der vorliegenden Arbeit trotz gleicher c 9, t 11 und t 10, c 12-Gehalte im Futter niedrigere Anteile des t 10, c 12-Isomers gegenüber dem c 9, t 11-Isomer messbar. Hierfür könnte eine geringere Einlagerungseffektivität oder eine schnellere Verstoffwechslung des t 10, c 12-Isomers die Ursache sein (SIMON et al., 2000, KRAFT UND JAHREIS, 2001).

Wie bereits erwähnt, führte die nutritive CLA-Zulage bei allen hier beschriebenen Tierarten neben der Anreicherung der konjugierten Linolsäureisomere im Muskelfett auch zu einer tiefgreifenden Veränderung des gesamten Fettsäuremusters. So nahm infolge der CLA-Supplementierung der Anteil der gesättigten Fettsäuren deutlich zu, während sich der Gehalt an ungesättigten Fettsäuren, insbesondere der einfach ungesättigten Fettsäuren verringerte. Als Erklärung hierfür sei die Arbeit von LEE et al. (1998) angeführt, in welcher die Autoren auf eine massive Hemmung der Δ -9 Desaturase-Aktivität durch CLA hinwiesen. Ähnliche Mechanismen scheinen auch für die Reduktion der PUFA verantwortlich zu sein. So beobachten SLOMMA et al. (2001) eine herabgesetzte Aktivität auch anderer Enzyme wie der Δ -4, Δ -5 und Δ -6 Desaturase, die für das Einfügen weiterer Doppelbindungen notwendig sind. Darüber hinaus könnte ebenfalls ein Enzymsubstratmangel zum verminderten Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren führen (SIMON et al., 2000). So war im

überwiegenden Anteil der Studien sowohl die Arachidonsäure (C 20:4), als auch die Linolsäure (C 18:2) als deren Ausgangsprodukt durch die CLA-Zufuhr im Muskelfett messbar reduziert. In diesem Zusammenhang sei noch einmal auf die besondere Bedeutung der Arachidonsäure als Ausgangssubstanz der Eicosanoidsynthese hingewiesen.

4.5 Zum Einfluss der CLA-Zulage auf die sensorische Qualität

Die sensorische Beurteilung von Fleisch erfolgt im wesentlichen anhand der Messparameter Geruch, Geschmack und Textur. Als zusätzliches Kriterium wird häufig auch die Fleischfarbe bzw. -helligkeit herangezogen. Für die sensorische Qualität von Fleisch sind eine Vielzahl von Faktoren verantwortlich. Fett scheint in diesem Zusammenhang jedoch eine entscheidende Rolle einzunehmen. In zahlreichen Arbeiten wurde belegt, dass sowohl der Fettgehalt als auch dessen Zusammensetzung die geruchliche und geschmackliche Wahrnehmung sowie die Textur des Fleisches von verschiedenen Tierarten beeinflusst (BALLESTRAZZI, 1993, KIRCHGESSNER et al., 1993, LEIBETSEDER et al., 1994, OBERLE et al., 1998). Gleichzeitig sind Fette wichtige Träger von Aromastoffen.

Anhand der vorausgehenden Kapitel wurde gezeigt, dass durch die Anreicherung des Futters mit konjugierten Linolsäureisomeren der Gehalt an Fett im Schlachtkörper sowie die Fettzusammensetzung wesentlich beeinflusst werden können. In diesem Zusammenhang erschien daher eine positive wie auch negative Veränderung der sensorischen Qualität von Fleisch denkbar, welche durch die vorliegende Versuchsreihe an Fischen überprüft werden sollte (siehe auch SCHABEL, 2002). Vergleichbare Arbeiten, die sich mit der sensorischen Evaluierung des Fleisches von Monogastriern nach einer nutritiven CLA-Zufuhr beschäftigten, sind bislang kaum vorhanden. Einige Literaturhinweise existieren lediglich von Mastschweinen. So tauschten DUGAN et al. (1999) in einer Mastschweinediät Sonnenblumenöl durch eine CLA-Zulage (50% CLA) in einem Rationsanteil von 2% aus und verfütterten diese an Mastschweine. Nach Erreichen des Mastendgewichts von 105kg wurden die Tiere geschlachtet und deren Koteletts nach der Garung von einem Sensorikpanel verkostet. Als Kriterien dienten die Textureigenschaften Zartheit und Saftigkeit, der Geruch und der Geschmack sowie der Gesamteindruck des Fleisches. Die Bewertung dieser Eigenschaften erfolgte anhand einer

neunstufigen Skale. Bei der Auswertung der Ergebnisse konnte bei keinem Messparameter eine Veränderung durch die CLA-Applikation über das Futter festgestellt werden. THIEL-COOPER et al. (1999) evaluierten die Textur (Zartheit, Saftigkeit) und Fleischhelligkeit (L) bzw. -farbe (a,b) des *M. longissimus dorsi* von Mastschweinen nach Verabreichung einer Diät mit differenzierenden CLA-Zulagen (0%, 0,12%, 0,5% oder 1%). Die Beurteilung der sensorischen Eigenschaften erfolgte einen Tag nach der Schlachtung sowie 7, 14, 28 und 56 Tage post mortem nach vorausgehender Gefrierlagerung. Am ersten Tag post mortem war eine Intensivierung der Rotfärbung (a) mit steigender CLA-Zufuhr im Kotelett messbar. Ansonsten konnte auch in dieser Studie zu keinem Untersuchungstermin eine Beeinflussung der sensorischen Qualität infolge der CLA-Zufuhr beobachtet werden. Bei einer neueren Arbeit verfütterten WIEGAND et al. (2001) eine Ration mit 1,25%iger CLA-Zulage (60% CLA) an Mastschweine in einem Lebendmassebereich von 40 - 106kg. Im Anschluss an die Mastphase wurde die sensorische Beurteilung (Zartheit, Saftigkeit, Geruch, Geschmack) der Koteletts durch ein Sensorikpanel mittels vergleichender Skale vorgenommen. Ferner erfolgte die Messung der Fleischhelligkeit (L) und der Fleischfarbe (a,b). In Anlehnung an die vorausgehenden Untersuchungen war ebenfalls in dieser Arbeit kein Effekt durch die Verfütterung von CLA auf die sensorischen Eigenschaften des Schweinefleisches vorhanden. Darüber hinaus teilten LARSEN et al. (1999) mit, dass nach Verabreichung einer Ration mit 0,75%igem CLA-Anteil an Mastschweine weder im frischen noch im gepökelten Schinken (*M. semimembranosus*) Veränderungen in den sensorischen Eigenschaften auftraten.

Betrachtet man die beschriebenen Studien an Mastschweinen im Überblick, so führte die nutritive CLA-Applikation zu keinem nennenswerten Einfluss auf die sensorischen Parameter des Fleisches. In diesem Zusammenhang sollte die vorliegende Versuchsreihe klären, welche Wirkung eine CLA-Zulage auf die Textur, den Geruch und den Geschmack von Fischfleisch ausübt. Die hierbei gewonnenen Ergebnisse wurden von Frau Schabbel, Institut für Lebensmittelchemie und Biochemie in Hamburg erhoben und zur Verfügung gestellt (siehe auch SCHABBEL, 2002).

Bei beiden Karpfenversuchen erfolgte im Anschluss an die Schlachtung zu Versuchsende eine Verkostung der hautlosen Filets durch ein Sensorikpanel. Nach der Garung der Filets im Backofen (200°C) über einen Zeitraum von 15 - 20min bewerteten die Prüfer die Eigenschaften Textur, Geruch und Geschmack des

Fleisches anhand einer sechsstufigen Skale. Das Merkmal Textur umfasste 4, der Geruch 16 und der Geschmack 19 Einzelkriterien bzw. -aromen. Um einen besseren Überblick vermitteln zu können ist in den folgenden Übersichten zusammenfassend der Gesamteindruck der jeweiligen Kategorien dargestellt. Übersicht 94 zeigt die Daten für die sensorische Evaluierung des Karpfenfleisches aus Karpfenversuch I.

Übersicht 94: Mittelwerte und Randmittelwerte der sensorischen Bewertung von Textur, Geruch und Geschmack der gegarten Karpfenfilets im Karpfenversuch I nach SCHABEL (2002)

	Kontrolle	CLA 1	CLA 3	Mittel
Textur				
Fettstufe I	2,19 ± 0,27	2,36 ± 0,36	2,53 ± 0,45	2,35 ± 0,38
Fettstufe II	2,53 ± 0,31	2,55 ± 0,28	2,39 ± 0,47	2,49 ± 0,36
Mittel	2,37 ± 0,37	2,45 ± 0,33	2,45 ± 0,46	2,42 ± 0,38
Geruch				
Fettstufe I	2,44 ± 0,58	2,41 ± 0,32	2,55 ± 0,45	2,46 ± 0,46
Fettstufe II	2,65 ± 0,55	2,77 ± 0,51	2,38 ± 0,39	2,59 ± 0,50
Mittel	2,55 ± 0,56	2,59 ± 0,46	2,45 ± 0,42	2,53 ± 0,48
Geschmack				
Fettstufe I	2,40 ± 0,50 ^{ab}	2,35 ± 0,42 ^{ab}	2,41 ± 0,41 ^{ab}	2,39 ± 0,46
Fettstufe II	2,66 ± 0,51 ^{ab}	2,79 ± 0,51 ^a	2,23 ± 0,35 ^d	2,55 ± 0,51
Mittel	2,54 ± 0,52	2,57 ± 0,51	2,30 ± 0,38	2,47 ± 0,48

Wie aus Übersicht 94 zu entnehmen ist, konnte weder infolge der 1%igen- noch der 3%igen CLA-Zulage ein Veränderung der sensorischen Merkmale der Karpfenfilets gegenüber den Kontrolltieren festgestellt werden. Erstaunlicherweise beurteilte das Sensorikpanel auch das Fleisch der Karpfen aus den Behandlungsgruppen Fettstufe I und Fettstufe II unabhängig von dem differenzierenden Fettgehalt (7,8% bzw. 11,0% im Filet) annähernd gleich.

Im Vergleich zum ersten Karpfenversuch wurde im Karpfenversuch II eine höhere CLA-Dosierung in der Diät von 2,5% bzw. 5,0% eingesetzt. Zusätzlich erfolgte die Variation der chemische Bindungsform der CLA-Zulage (Ethylester bzw. Methylester). Auch in diesem Versuch war kein Effekt durch die CLA-Supplementierung des Futters auf die sensorischen Eigenschaften des Karpfenfleisches messbar (Übersicht 95).

Übersicht 95: Mittelwerte und Randmittelwerte der sensorischen Bewertung von Textur, Geruch und Geschmack der gegarten Karpfenfilets im Karpfenversuch II nach SCHABEL (2002)

	Kontrolle	CLA 2,5	CLA 5	Mittel
Textur				
Ethylester		2,68 ± 0,63	2,81 ± 0,76	2,74 ± 0,68
Methylester	2,80 ± 0,81	3,33 ± 1,10	3,01 ± 0,60	3,15 ± 0,84
Mittel	2,80 ± 0,81	3,00 ± 0,90	2,91 ± 0,68	2,90 ± 0,78
Geruch				
Ethylester		3,15 ± 0,76	3,08 ± 1,09	3,12 ± 0,81
Methylester	3,44 ± 1,05	3,78 ± 0,63	3,24 ± 0,88	3,51 ± 0,92
Mittel	3,44 ± 1,05	3,47 ± 0,76	3,16 ± 0,97	3,36 ± 0,81
Geschmack				
Ethylester		3,00 ± 0,68	3,44 ± 0,99	3,23 ± 0,86
Methylester	3,30 ± 1,26	3,52 ± 1,05	3,17 ± 0,81	3,35 ± 0,91
Mittel	3,30 ± 1,26	3,26 ± 0,87	3,30 ± 0,90	3,29 ± 0,94

Entsprechend den Karpfenversuchen wurde auch im Forellenversuch eine sensorische Beurteilung der Fische vorgenommen. Die Durchführung der Sensorik erfolgte bis auf die Garungsmethode mit Wasserdampf (5min) analog zu den Karpfenversuchen. Zusätzlich zu der Verkostung nach der Fütterungsperiode wurden auch die Textur, der Geruch und der Geschmack der Forellen im Anschluss an eine sechswöchige Hälterungsphase erfasst. Darüber hinaus sah der Versuchsplan eine erneute sensorische Evaluierung der „gefütterten“ sowie der genücherten Forellen nach einer sechsmonatigen Gefrierlagerung bei -18°C vor. Im Forellenversuch erhielten die Fische Diäten mit einer unterschiedlichen Zulagenhöhe an CLA (0%, 1%, 3%) sowie differenzierenden Gehalten an Vitamin E (Vit. E-Stufe I = 150mg bzw. Vit. E-Stufe II = 600mg). Die sensorische Bewertung sollte sich jedoch auf die Fische der Kontrollbehandlung und der Behandlung mit 3%iger CLA-Zulage beschränken. In Übersicht 96 ist die Beurteilung von Textur, Geruch und Geschmack der Forellenfilets im Anschluss an die Fütterungsperiode sowohl im schlachtfrischen Zustand als auch nach sechsmonatiger Gefrierlagerung dargestellt.

Übersicht 96: Mittelwerte und Randmittelwerte der sensorischen Bewertung von Textur, Geruch und Geschmack der gegarten Filets im Forellenversuch zu Fütterungsende im schlachtfrischen und im gefriergelagerten Zustand nach SCHABEL (2002)

	Fütterungsende					
	schlachtfrisch			gefriergelagert		
	Kontrolle	CLA 3	Mittel	Kontrolle	CLA 3	Mittel
Textur						
Vit. E Stufe I	3,19 ± 0,62	2,96 ± 0,63	3,07 ± 0,62	2,72 ± 0,53	2,67 ± 0,62	2,69 ± 0,56
Vit. E Stufe II	2,64 ± 0,46	2,83 ± 0,42	2,74 ± 0,44	2,31 ± 0,48	2,94 ± 0,75	2,63 ± 0,70
Mittel	2,91 ± 0,60	2,90 ± 0,53	2,91 ± 0,56	2,51 ± 0,54	2,81 ± 0,69	2,66 ± 0,63
Geruch						
Vit. E Stufe I	2,56 ± 0,59	2,74 ± 0,59	2,65 ± 0,58	2,69 ± 0,61	2,72 ± 0,49	2,71 ± 0,54
Vit. E Stufe II	2,82 ± 0,50	2,67 ± 0,55	2,74 ± 0,52	2,67 ± 0,38	2,83 ± 0,77	2,75 ± 0,60
Mittel	2,69 ± 0,55	2,71 ± 0,56	2,70 ± 0,55	2,68 ± 0,50	2,78 ± 0,63	2,73 ± 0,57
Geschmack						
Vit. E Stufe I	3,19 ± 0,88	2,97 ± 0,87	3,08 ± 0,86	2,75 ± 0,62 ^b	2,47 ± 0,46 ^b	2,61 ± 0,55
Vit. E Stufe II	2,85 ± 0,76	2,74 ± 0,32	2,80 ± 0,58	2,56 ± 0,50 ^d	3,33 ± 1,04 ^a	2,94 ± 0,89
Mittel	3,02 ± 0,82	2,86 ± 0,65	2,94 ± 0,74	2,65 ± 0,56	2,90 ± 0,90	2,78 ± 0,75

Wie aus Übersicht 96 zu entnehmen ist, konnte durch den 3%igen CLA-Anteil in der Diät weder im schlachtfrischen noch im gefriergelagerten Zustand eine Veränderung der sensorischen Eigenschaften der Forellenfilets festgestellt werden. Ferner waren diesbezüglich auch keine Wechselwirkungen zwischen den CLA und dem variierenden Vitamin E-Gehalt in der Ration messbar. Die zum Ende der Fütterungsperiode ermittelten Daten bestätigten sich bei der sensorischen Evaluierung des Fleisches der gehälterten Forellen. Auch hier beobachtete das Sensorikpanel keinerlei Behandlungseffekt (Übersicht 97).

Übersicht 97: Mittelwerte und Randmittelwerte der sensorischen Bewertung von Textur, Geruch und Geschmack der gegarten Filets im Forellenversuch zu Hälterungsende im schlachtfrischen und im gefrierengelagerten Zustand nach SCHABEL (2002)

	Hälterungsende					
	schlachtfrisch			gefrierengelagert		
	Kontrolle	CLA 3	Mittel	Kontrolle	CLA 3	Mittel
Textur						
Vit. E Stufe I	2,56 ± 0,66	2,71 ± 0,49	2,64 ± 0,57	2,67 ± 0,55 ^{ab}	2,71 ± 0,47 ^{ab}	2,69 ± 0,50
Vit. E Stufe II	2,40 ± 0,73	2,68 ± 0,43	2,55 ± 0,60	2,25 ± 0,51 ^b	2,82 ± 0,53 ^a	2,53 ± 0,59
Mittel	2,49 ± 0,68	2,70 ± 0,44	2,59 ± 0,58	2,46 ± 0,86	2,76 ± 0,49	2,61 ± 0,55
Geruch						
Vit. E Stufe I	2,69 ± 0,74	2,40 ± 0,45	2,56 ± 0,74	2,79 ± 0,44	2,43 ± 0,75	2,61 ± 0,63
Vit. E Stufe II	2,72 ± 0,54	2,72 ± 0,52	2,72 ± 0,52	2,67 ± 0,62	2,92 ± 0,45	2,79 ± 0,55
Mittel	2,71 ± 0,64	2,57 ± 0,64	2,64 ± 0,64	2,73 ± 0,53	2,67 ± 0,65	2,70 ± 0,59
Geschmack						
Vit. E Stufe I	3,12 ± 1,36	2,63 ± 0,64	3,03 ± 1,08	2,61 ± 0,65	2,94 ± 0,76	2,78 ± 0,71
Vit. E Stufe II	2,70 ± 0,87	3,03 ± 0,88	2,88 ± 0,87	2,74 ± 0,74	3,33 ± 0,74	3,03 ± 0,78
Mittel	2,92 ± 1,15	2,99 ± 0,81	2,96 ± 0,98	2,67 ± 0,68	3,14 ± 0,76	2,91 ± 0,78

Zusätzlich zu den genannten Parametern wurden im Forellenversuch zu jedem Schlachtttermin die Fleischhelligkeit (L) und die Fleischfarbe (a,b) am frischen Filet gemessen. Bei den ersten beiden Schlachtungen (230g bzw. 290g LM) konnte eine deutliche Reduktion der durch das Astaxanthin induzierten Rotfärbung (a) infolge der 3%igen CLA-Zulage festgestellt werden. Im Rahmen der folgenden Schlachtungen trat dieser Effekt jedoch nicht mehr auf. Die Helligkeit sowie die Gelbfärbung (b) der Forellenfilets blieben von der CLA-Zulage unbeeinflusst. Der unterschiedliche Vitamin E-Gehalt zeigte keine Auswirkungen auf die Fleischhelligkeit und Fleischfarbe.

Fasst man die dargestellten Untersuchungen an Mastschweinen und Fischen zusammen, so sind nach Verfütterung CLA-haltiger Diäten keine Veränderungen der sensorischen Qualität des Fleisches zu erwarten. Lediglich die Ausprägung der Rotfärbung (a) des Fleisches scheint im Einzelfall Wechselwirkungen mit CLA zu unterliegen.

5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Aufgrund der zur Verfügung stehenden Literatur und den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit ist noch keine eindeutige Bewertung der Bedeutung von nutritiven CLA-Zulagen bei Fischen möglich. So waren in einigen Studien infolge der CLA-Zulage negative Effekte auf Wachstum, Futteraufnahme und Futtermittelverwertung der Fische messbar (CHOI et al., 1999, TWIBELL et al., 2000), während in anderen Untersuchungen (TWIBELL et al., 2001) und in vorliegender Versuchsreihe an Karpfen und Forellen eine CLA-Supplementierung des Futters zu keiner deutlichen Veränderung der Wachstumsparameter führte. Für eine mögliche Leistungsminderung scheint einerseits die absolute Höhe der CLA-Zulage andererseits aber auch die jeweilige Fischart verantwortlich zu sein. Die chemische Bindungsform der CLA-Isomere – entweder als freie Fettsäuren oder als Ester – sowie das CLA : Gesamtfettverhältnis in der Ration ließ diesbezüglich keinen Einfluss erkennen.

Die Wirkung einer nutritiven CLA-Zulage auf die Körperzusammensetzung von Fischen kann als eher gering eingestuft werden. In den vorliegenden Versuchen blieb die Ausprägung der Körperfraktionsanteile Filet, Innereien und Restkörper am gesamten Schlachtkörper von der CLA-Supplementierung der Diät unbeeinflusst. Allerdings lassen die Ergebnisse zu den Nährstoffgehalten der Schlachtkörperfraktionen und vorausgehende Studien (TWIBELL et al., 2000) erkennen, dass CLA im Einzelfall zu einer fettreduzierenden Wirkung im Schlachtkörper bzw. in Schlachtkörperteilstücken führen können. Gleichlaufend war hier der verringerte Fettanteil stets mit einem geringeren Trockenmassegehalt im jeweiligen Gewebe verbunden. Die Rohasche- und Rohproteingehalte aller Körperfraktionen veränderten sich durch die CLA-Zufuhr nicht. Möglicherweise ist bezüglich der Wirksamkeit von CLA auf die Körperzusammensetzung der Gesamtfettgehalt in der Diät von entscheidender Bedeutung. Demzufolge wäre es nachvollziehbar, dass in den vorliegenden Versuchen bei 9% Fettanteil in der Ration der Fettansatz am stärksten vermindert war. Dagegen fehlte der fettreduzierende Effekt von CLA trotz vergleichbarer Rationszusammensetzung bei 13% Fettgehalt (Karpfenversuch II), bei 18% Fettgehalt (Karpfenversuch I) sowie bei 22% Fettgehalt (Forellenversuch) bzw.

war weniger auffallend. Eine abschließende Betrachtung würde aber auch hier eine Erweiterung der Datenbasis erfordern.

Deutliche, einheitlich gerichtete Effekte zeigte die CLA-Zulage auf die Fettsäurezusammensetzung des Muskelfetts. Infolge der nutritiven CLA-Zulage konnte in allen Arbeiten eine dosisabhängige Anreicherung der CLA im Muskelfett der Fische festgestellt werden. In der vorliegenden Studie nahmen nach 2,5- bzw. 5%iger CLA-Applikation über das Futter die konjugierten Linolsäureisomere 5,9% bzw. 11,0% der Gesamtfettsäuren im Karpfenfilet (Karpfenversuch II) ein. Im Hinblick auf die absolute Höhe der CLA-Gehalte zeigte sich, dass die Einlagerungsintensität wesentlich vom CLA-Anteil im Futter abhängig ist. Darüber hinaus scheint aber auch der Dauer der Verabreichung des CLA-haltigen Futters (CHOI et al., 1999) sowie der Fischart eine wichtige Bedeutung zuzukommen. Die unterschiedliche chemische Bindungsform der CLA im Karpfenversuch II – entweder als Ethyl- oder als Methylester – blieb diesbezüglich ohne Einfluss. In der Mehrzahl der Studien reflektierte das Muster der CLA-Hauptisomere cis 9, trans 11 und trans 10, cis 12 im Muskelfett die Anteile dieser Isomere im Futterfett. Demgegenüber konnten im Karpfenversuch II, trotz gleicher Gehalte im Futter, höhere Anteile des cis 9, trans 11 Isomers im Vergleich zum trans 10, cis 12 Isomer beobachtet werden. Des Weiteren führte die CLA-Zulage stets zu einem signifikanten Anstieg der gesättigten Fettsäuren und gleichzeitig zur deutlichen Reduktion von einfach ungesättigten- und mehrfach ungesättigten Fettsäuren im Muskelfett, woraus eine geringere Anfälligkeit des Lebensmittels Fisch für oxidativen Verderb resultieren könnte.

Die sensorische Evaluierung am Institut für Lebensmittelchemie und Biochemie in Hamburg (SCHABBEL, 2002) zeigte, dass durch die Verabreichung CLA-haltiger Diäten sowohl bei Karpfen als auch bei Forellen keinerlei Veränderungen der sensorischen Eigenschaften Geruch, Geschmack und Textur weder im schlachtfrischen noch im gefriergelagerten Zustand zu erwarten sind. Diese Erkenntnisse dürften eine entscheidende Voraussetzung bei der Herstellung CLA-angereicherter Fischprodukte für die menschliche Ernährung darstellen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass mit CLA-haltigen Diäten gefütterte Fische einen wesentlichen Beitrag zur Ergänzung der menschlichen Ernährung mit

konjugierten Linolsäureisomeren leisten könnten. Unterstellt man eine täglich notwendige CLA-Zufuhr von 2,0g bei der Frau bzw. 2,5g beim Mann (FRITSCHKE UND STEINHART, 1998a), die als ausreichend für einen besonders positiven Gesundheitseffekt angesehen wird, so wäre dieser anhand der vorliegenden Ergebnisse mit 200g bzw. 250g des hautlosen Karpfenfilets (bei 5%iger CLA-Zulage) umfassend gedeckt. Eine vergleichbare Versorgung mit „natürlichen“ CLA-Quellen würde dagegen eine mittlere tägliche Aufnahme von z.B. etwa 6,5kg Milch bzw. 5,5kg Wiederkäuerfleisch erfordern.

Bevor jedoch mit CLA angereicherte Fische als „functional food“ in der menschlichen Ernährung Verwendung finden, müsste zunächst in einer weiteren Arbeit deren ernährungsphysiologische Relevanz beim Menschen verfestigt werden. Weiterhin wäre eine Klärung der Frage nach dem physiologisch aktiven Isomer sowie nach der erforderlichen Dosierung notwendig. Darüber hinaus müssten im Rahmen des Verbraucherschutzes toxikologische Untersuchungen einen unbedenklichen Einsatz im Lebensmittel garantieren.

6 Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war die Untersuchung des Einflusses von nutritiven CLA-Zulagen auf zootechnische Parameter und das Lebensmittel Fisch am Beispiel von Karpfen und Forellen. Zu diesem Zweck wurden zwei Fütterungsversuche mit Karpfen und ein Fütterungsversuch mit Forellen durchgeführt. Den Versuchen lag jeweils ein zweifaktorielles Versuchsdesign zugrunde. Die Versuchsperiode umfasste einen Zeitraum von 16 Wochen im Karpfenversuch I bzw. 14 Wochen im Karpfenversuch II und 20 Wochen im Forellenversuch. Als Messkriterien dienten am lebenden Fisch die Gewichtsentwicklung, die Futterverwertung und bei den Karpfenversuchen die Nährstoffverdaulichkeiten. Am geschlachteten Fisch wurden die Anteile von Filet, Innereien und Restkörper sowie deren Trockenmasse-, Rohasche-, Gesamtfett- und Rohproteingehalte erfasst. Darüber hinaus erfolgte die Analyse des Fettsäuremusters des hautlosen Filets im Karpfenversuch II. Ferner wurde bei allen drei Versuchen eine sensorische Evaluierung der Fischfilets am Institut für Biochemie und Lebensmittelchemie in Hamburg durchgeführt (SCHABBEL, 2002).

Karpfenversuch I

Im Karpfenversuch I erhielten die Fische sechs unterschiedliche Diäten, die sowohl in der Höhe des eingesetzten CLA-Präparats von 0%, 1% oder 3%, als auch in der Menge des zugesetzten Fetts (Fettstufe I = 9% XL i. d. FS, Fettstufe II = 18% XL i. d. FS) variierten. Das CLA-Präparat beinhaltete 63% konjugierte Linolsäureisomere und lag in Form von freien Fettsäuren vor. In der Aquarienanlage konnten den Behandlungen drei Becken bzw. den Fütterungsvarianten Fettstufe II mit 0% und 3% CLA-Zulage je ein zusätzliches Becken zufällig zugeteilt werden. Jedes Becken war mit acht Karpfen besetzt. Nach der 12. Versuchswoche wurden drei Karpfen, nach der 16. Versuchswoche die verbleibenden fünf Karpfen pro Becken geschlachtet. Das mittlere Lebendgewicht der Fische betrug bei der Zwischenschlachtung 1200g, bei der Schlachtung zu Versuchsende im Durchschnitt 1478g.

Die Verdaulichkeit der Rationen blieb durch die unterschiedliche CLA-Zulagenhöhe unbeeinflusst. Dagegen verdauten die Karpfen der Behandlungsgruppe Fettstufe I das Gesamtfett und das Rohprotein deutlich besser als die Vergleichstiere der Fettstufe II. Die CLA-Zulage führte zu einer tendenziellen Reduktion der Lebendmasse der Karpfen. So nahm das mittlere Gewicht der Karpfen am Ende des

Versuchs von 1509g bei den Kontrollfischen auf 1479g bei 1%iger CLA-Zulage und 1449g bei 3%iger CLA-Zulage, unabhängig von der Höhe der Fettversorgung ab. Die Daten der Futtermittelverwertung (im Mittel 1,1 g Futter T je g Zuwachs) ließen keinen Behandlungseffekt erkennen. Interaktionen zwischen dem Gesamtfettgehalt der Ration und dem CLA-Gehalt traten bei keinem der gemessenen Parameter auf.

Die relativen Anteile von Filet, Innereien und Restkörper am gesamten Schlachtkörper der Karpfen veränderten sich durch die CLA-Zulage nicht und betragen im Mittel 34,5%, 13,5% und 51,2% (Zwischenschlachtung) bzw. 36,8%, 13,0% und 49,2% (Schlachtung Versuchsende). Auch die Variation des Fettanteils in der Ration hatte keinen deutlichen Einfluss auf die Schlachtkörperanteile. Demgegenüber waren sowohl bei der Zwischenschlachtung als auch bei der Schlachtung zu Versuchsende die Trockensubstanz- und Gesamtfettanteile in den Körperfraktionen Filet und Innereien von der CLA-Zulage beeinflusst. So konnte bei den Karpfen der Behandlungsgruppe mit geringerem Fettgehalt infolge der 3%igen CLA-Supplementierung eine Reduktion des Fettanteils im Filet und in den Innereien bei beiden Schlachtungen beobachtet werden. Gleichzeitig war der Trockenmassegehalt um annähernd den gleichen Betrag verringert. Bei den Karpfen, welche die Rationen der höheren Fettstufe erhielten, war dieser tendenzielle Effekt nur im Filet messbar. Bezüglich der Rohasche- und Rohproteingehalte war dagegen bei beiden Fettstufen kein Einfluss durch die CLA-Zulage vorhanden. Ferner führten die Rationen mit 18% Fettgehalt zu einer wesentlich stärkeren Fetteinlagerung in den einzelnen Körperfraktionen der Karpfen sowie im Gesamtkörper. Gleichzeitig mit dem Fettanteil erhöhte sich auch der Trockenmassegehalt, während sich der Rohasche- und Rohproteingehalt signifikant verringerte.

Bei der sensorischen Bewertung der Karpfenfilets war weder aufgrund der 1%- bzw. 3%igen CLA-Zulage noch durch die unterschiedlich hohen Fettgehalte ein Effekt auf die Textur, den Geruch und den Geschmack der Karpfen festzustellen.

Karpfenversuch II

Für den Karpfenversuch II wurden fünf Diäten konzipiert, welche sich einerseits durch eine im Vergleich zum Karpfenversuch I gesteigerte CLA-Zulagenhöhe von 2,5% bzw. 5,0%, andererseits durch eine andere chemische Bindungsform der CLA-Zulage unterschieden. So wurden in diesem Versuch die konjugierten Linolensäureisomere in Form von Fettsäuremethylester (66% CLA) bzw. -ethylester (60%

CLA) zugelegt. Der Fettgehalt war bei allen Rationen identisch und betrug im Durchschnitt 13% i. d. FS. In der Aquarienanlage konnten allen Behandlungen je vier Becken zufällig zugeteilt werden. Jedes Becken war mit sechs Karpfen besetzt. Im Anschluss an die 14wöchige Versuchsperiode wurden sämtliche Karpfen geschlachtet. Das mittlere Lebendgewicht der Fische betrug hierbei 1248g.

Die Ergebnisse der Verdaulichkeitsbestimmung ließen keinen Effekt durch die Höhe der CLA-Zulage erkennen. Allerdings verdauten die Karpfen der Behandlungsgruppe Ethylester die organische Substanz, das Rohprotein, das Gesamtfett sowie die Bruttoenergie deutlich schlechter als die Karpfen der Behandlungsgruppe Methylester. Bezüglich des Wachstums konnte jedoch weder ein Einfluss durch die CLA-Zulagenhöhe, noch durch deren chemische Bindungsform festgestellt werden. Unabhängig von der Behandlung erreichten alle Karpfen im Versuchsdurchschnitt ein Zunahmenniveau von 7,5g pro Tag. Die Futtermittelverwertung der Fische betrug im Mittel 1,2 g Futter T je g Zuwachs und war ebenfalls bei allen Behandlungen gleich.

Auch die relativen Anteile von Filet (im Mittel 35,1%), Innereien (im Mittel 13,4%) und Restkörper (im Mittel 50,9%) am gesamten Schlachtkörper sowie die Nährstoffgehalte in diesen Fraktionen veränderten sich infolge der Verfütterung der verschiedenen Diäten nicht.

Durch die CLA-Supplementierung der Diäten stieg der CLA-Anteil im Muskelfett der Karpfen von 1,2% bei der Kontrolle auf durchschnittlich 5,9% bei 2,5%iger Zulage bzw. 11,0% bei 5%iger Zulage an. Die Anreicherung der CLA im Muskelfett erfolgte unabhängig von der Veresterungsart der konjugierten Linolsäureisomere. Das Isomerenmuster im Muskelfett entsprach weitgehend dem der Diät. So nahmen die CLA-Isomere c9,t11 und t10,c12, unabhängig von der chemischen Bindungsform der CLA, insgesamt über 90% der CLA-Fraktion im Muskelfett ein. Allerdings war das Verhältnis der beiden Hauptisomere im Muskelfett gegenüber der Diät zugunsten des c9, t11 Isomers verschoben. Ferner erhöhte sich infolge der gestaffelten CLA-Zulage der Gehalt an SFA im Fettsäuremuster signifikant, während sich der Anteil an MUFA und PUFA deutlich verringerte.

Weder die CLA-Zulagenhöhe von 2,5% bzw. 5,0% noch die unterschiedliche Veresterung der CLA veränderte die sensorische Qualität der Karpfen.

Forellenversuch

Im Rahmen des Forellenversuchs wurden sechs Fütterungsgruppen zusammengestellt, welche sich sowohl in der Zulagenhöhe des CLA-Präparats (0%, 1%, 3%), als auch in den Vitamin E-Gehalten (Vit. E-Stufe I = 150mg Vit. E i. d. FS, Vit. E-Stufe II = 600mg Vit. E i. d. FS) differenzierten. Das CLA-Präparat beinhaltet etwa 60% konjugierte Linolsäureisomere und lag in Form von Methylester vor. Der mittlere Gesamtfettanteil war in allen Diäten mit 21% i. d. FS gleich hoch. Für sämtliche Behandlungen standen jeweils zwei Langstrombecken zur Verfügung. Jedes Becken war mit 500 Forellen besetzt. Nach der 6. Versuchswoche (ca. 230g LM), nach der 10. Versuchswoche (ca. 290g LM), nach der 14. Versuchswoche (ca. 380g LM, Fütterungsende) sowie nach der sich anschließenden Hälterungsperiode von sechs Wochen wurde jeweils eine Teilmenge der Fische geschlachtet. Weiterhin erfolgte im Anschluss an die Schlachtung zu Fütterungs- und zu Hälterungsende die Gefrierlagerung von Forellenfilets der Behandlung Kontrolle und 3% CLA-Zulage beider Vitamin E- Stufen über einen Zeitraum von sechs Monaten bei -18°C.

Sowohl das Wachstum als auch die Futtermittelverwertung der Forellen veränderte sich infolge der CLA-Zulage nicht und betrug im Versuchsmittel 2,7g/d bzw. 0,8 g Futter T je g Zuwachs. Auch im Hinblick auf die unterschiedlichen Vitamin E-Gehalte im Futter und der CLA-Zulage waren diesbezüglich keine synergetischen Effekte messbar.

Die Anteile der Körperfraktionen Filet, Innereien und Restkörper am gesamten Schlachtkörper sowie deren Nährstoffgehalte unterlagen zu keinem Schlachtzeitpunkt einem deutlichen Einfluss durch die unterschiedlichen Behandlungen. Lediglich in den Innereien der Forellen führte die 3%ige CLA-Zulage zu einem tendenziell reduzierten Fettanteil.

Bei der sensorischen Evaluierung der Forellen konnte aufgrund des 3%igen CLA-Anteils in der Diät weder im schlachtfrischen Filet zu Fütterungs- und zu Hälterungsende noch im gefriergelagerten Zustand eine Veränderung von Textur, Geruch und Geschmack festgestellt werden. Ferner waren diesbezüglich auch keine Wechselwirkungen zwischen den CLA und dem variierenden Vitamin E-Gehalt in der Ration messbar.

7 Literaturverzeichnis

- ADOLF, T., EBERHARDT, W., HESEKER, H., HARTMANN, S. (1994): Lebensmittel und Nährstoffaufnahme in der Bundesrepublik Deutschland. VERA-Schriftenreihe 12, Fachverlag Dr. Fleck, Niederkleen
- ALETOR, V., ROTH, F., PAULICKS, B., ROTH-MAIER, D. (2002): Wachstum, Körperfettansatz, Stickstoffausscheidung und Nährstoffverwertung von Broilern bei Niedrig-Energie-Diäten mit Ergänzung von Aminosäuren, konjugierter Linolsäure oder einem α -Glukosidase-Inhibitor. Archiv für Geflügelkunde 66, in press
- AZAIN, M., HAUSMAN, D., SISK, M., FLATT, W., JEWELL, D. (2000): Dietary conjugated linoleic acid reduces rat adipose tissue cell size rather than cell number. J. Nutr. 130, 1548-1554
- BALLESTRAZZI, R., MION, A. (1993): I lipidi nell'alimentazione dei pesci teleostei. Rivista Italiana Acquacoltura 28, 155-173
- BANNI, S., ANGIONI, E., CASU, V., MELIS, M.P., IP, C. (1999 a): An increase in Vit. A status by the feeding of conjugated linoleic acid. Nutr. Cancer 33, 53-57
- BANNI, S., ANGIONI, E., CASU, V., MELIS, THOMPSON, H. (1999 b): Decrease in linoleic acid metabolites as a potential mechanism in cancer risk reduction by conjugated linoleic acid. Carcinogenesis 20, 1019-1024
- BELURY, M.A., BIRD, C., WU, B. (1995): Dietary conjugated dienoic linoleate modulation of phorbol ester-elicited tumor promotion in mouse skin. Proc. Am. Assoc. Cancer Res. 16, 189-196
- BELURY, M.A., KEMPA-STECZKO, A. (1997): Conjugated linoleic acid modulates hepatic lipid composition in mice. Lipids 32, 199-204

- CARTER, C.A., IP, M.M., IP, C. (1989): A comparison of the prostaglandin synthesis inhibitors indomethacin and carprofen on 7,12-dimethylbenz(a)-anthracene-induced mammary tumorigenesis in rats fed different amounts of essential fatty acid. *Carcinogenesis* 10, 1369-1374
- CHEN, Z.Y., CHAN, P.T., KWAN, K.Y., ZHANG, A. (1997): Reassessment of the antioxidant activity of conjugated linoleic acids. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 74, 749-753
- CHIN, S.F., STORKSON, J.M., ALBRIGHT, K.J., COOK, M.E., PARIZA, M.W. (1994): Conjugated linoleic acid is a growth factor for rats as shown by enhanced weight gain and improved feed efficiency. *J. Nutr.* 124, 2344-2349
- CHOI, B.-D., KANG, S.-J., HA, Y.-L., ACKMAN, R.G. (1999): Accumulation of conjugated linoleic acid (CLA) in tissues of fish fed diets containing various levels of CLA. *Quality Attributes of Muscle Foods* 61-71
- COOK, M.E., MILLER, C.C., PARK, Y., PARIZA, M. (1993): Immune modulation by altered nutrient metabolism: nutritional control of immune-induced growth depression. *Poultry Sci.* 72, 1301-1305
- DELANY, J.P., BLOHM, F., TRUETT, A.A., SCIMECA, J.A., WEST, D.B. (1999): Conjugated linoleic acid rapidly reduces body fat content in mice without affecting energy intake. *A. J. Physiol.* 363, 1172-1179
- DUGAN, M.E.R., AALHUS, J.L., SCHAEFER, J.K., KRAMER, J.K.G. (1997): The effect of conjugated linoleic acid on fat to lean repartitioning and feed conversion in pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 723-725
- DUGAN, M.E.R., AALHUS, J.L., JEREMIAH, L.E., KRAMER, J.K.G. (1999): The effects of feeding conjugated linoleic acid on subsequent pork quality. *Can. J. Anim. Sci.* 79, 45-51

- DUNSHEA, F.R., OSTROWSKA, E., MURALITHARAN, M., CROSS, R., BAUMAN, D., PARIZA, M. (1998): Dietary conjugated linoleic acid decreases back fat in finisher gilts. *J. Dairy Sci.* 81, Suppl. 1, 131
- EGGERT, J.M., CARROLL, B.T., RICHERT, B.T., GERRARD, D.E., SCHINCKEL, A.P. (1999): Effects of conjugated linoleic acid on the growth, carcass composition and pork quality of two genotypes of lean gilts. *J. Anim. Sci.* 77, 178
- EVANS, M., GEIGERMAN, C., COOK, J., CURTIS, L., KUEBLER, B., MCINTOSH, M. (2000): Conjugated linoleic acid suppresses triglyceride accumulation and induces apoptosis in 3T3-L1 preadipocytes. *Lipids* 35, 899-910
- FREMANN, D. (2000): Konjugierte Linolsäuren: Zufuhr und Verteilung in den Plasmalipidfraktionen beim Menschen. Dissertation Universität München
- FRITSCHÉ J., STEINHART H. (1998a): Amounts of conjugated linoleic acid (CLA) in German foods and evaluation of daily intake. *Z. Lebensm. Unters. Forsch. A.* 206, 77-82
- FRITSCHÉ J., STEINHART H. (1998b): Analysis, occurrence and physiological properties of trans fatty acids (TFA) with particular emphasis on conjugated linoleic acid isomers (CLA) - a review. *Lipid* 100, 190-210
- GAVINO, V., GAVINO, G., LEBLANC, M., TUCHWEBER, B. (2000): an isomeric mixture of conjugated linoleic acids but not pure cis-9,trans-11octadecadienoic acid affects body weight gain and plasma lipids in hamsters. *J. Nutr.* 130, 27-29
- Gläser, K., Scheeder, M.R., Wenk, C. (2000): Dietary trans fatty acids increase CLA content in backfat of pigs. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 9, 24
- GNÄDIG, S., RICKERT, R., SEBADIO, J.L., STEINHART, H. (2001): Conjugated linoleic acid (CLA): physiological effects and production. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 103, 56-61

- GRIINARI, J.M, CORL, B.A., LACY, S.H. (2000): Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating cows by Δ^9 -desaturase. J. Nutr. 130, 2285-2291
- HA, Y.L., GRIMM, N.K., PARIZA, M.W. (1987): Anticarcinogens from fried ground beef: heat altered derivatives of linoleic acid. Carcinogenesis 8, 1881-1887
- HA, Y.L., STORKSON, J., PARIZA, M.W. (1990): Inhibition of benzo(a)pyrene-induced mouse forestomach neoplasia by conjugated dienoic derivatives of linoleic acid. Cancer Res. 50, 1097-1101
- HOUSEKNECHT, K.L., VANDEN HEUVEL, J.P., MOYA-CAMARENA, S.Y., BELURY, M. (1998): Dietary conjugated linoleic acid normalizes impaired glucose tolerance in the Zucker diabetic fatty fa/fa rat. Biochem. Biophys. Res. Commun. 244, 678-682
- HUGHES, P.E., HUNTER, W.J., TOVE, S.B. (1982): Biohydrogenation of unsaturated fatty acids, purification and properties of cis-9,trans-11-octadecadienoate reductase. J. Biol. Chem. 257, 3643-3649
- IP, C. LISK, D.J., SCIMECA, J.A., PARIZA, M.W. (1991): Mammary cancer prevention by conjugated dienoic derivatives of linoleic acid. Cancer res. 51, 6118-6124
- IP, C., LISK, D.J., SCIMECA, J.A. (1994): Potential of food modification in cancer prevention. Cancer Res. 54, 1957-1959
- IP, C., SCIMECA, J.A., THOMPSON H. (1995): Effect of timing and duration of dietary conjugated linoleic acid on mammary cancer prevention. Nutr. Cancer 24, 241-247
- IP, C., BANNI, E., ANGIONI, E., CARTA, G., BAUMAN, D. (1999): Conjugated linoleic acid -enriched butter fat alters mammary gland morphogenesis and reduces cancer risk in rats. J. Nutr. 129, 2135-2142

- JAHREIS, G. (1997): Krebshemmende Fettsäuren in Milch und Rindfleisch. Ernährungsumschau 44, 168-172
- JAHREIS, G., FRITSCHKE, J., MÖCKEL, P., STEINHART, H. (1999): The potential anticarcinogenic conjugated linoleic acid, cis-9, trans-11 C18:2, in milk of different species: cow, goat, ewe, sow, mare, woman. Nutr. Res. 19, 1541-1549
- JAHREIS, G., KRAFT, J., TISCHENDORF, F., SCHÖNE, F., v. LOEFFELHOLZ, C. (2000): Conjugated linoleic acids: Physiological effects in animal and man with special regard to body composition. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 102, 695-703
- JIANG, J., BJOERCK, L., FONDEN, R., EMANUELSON, M. (1996): Occurrence of conjugated cis-9, trans-11-octadecadienoic acid in bovine milk: effects of feed and dietary regimen. J. Dairy Sci. 79, 438-445
- KEPLER, C.R., TOVE, S.B. (1967): Biohydrogenation of unsaturated fatty acids. III, purification and properties of a linoleate Δ^{12} -cis, Δ^{11} -trans-isomerase from *Butyrivibrio fibrisolvens*. J. Biol. Chem. 242, 5686-5692
- KEULS, M. (1952): The use of the "studentized range" in connection with analysis of variance. Euphytica 1, 112
- KIRCHGESSNER, M., RISTIC, M., KREUZER, M., ROTH, F.X. (1993): Einsatz von Fetten mit hohen Anteilen an freien Fettsäuren in der Broilermast. 2. Wachstum sowie Qualität von Schlachtkörper, Fleisch und Fett bei stufenweisem Austausch von gesättigten durch ungesättigte Fettsäuren. Arch. Geflügelk. 57, 265-274
- KRAFT J., JAHREIS, G. (2001): Konjugierte Linolsäuren: Genese und metabolische Wirkungen. Ernährung-Umschau 48 (9), 348-355

- KRAMER, J.K.G., FELLNER, V., DJGAN, M., YURAWECZ, M.P. (1997): Evaluating acid and base catalysts in the methylation of milk and rumen fatty acids with special emphasis on conjugated dienes and total trans fatty acids. *Lipids* 32, 1219-1227
- KRAMER, J.K.G., PARODI P.W., JENSEN, R.G., MOSSOBA, M.M., YURAWECZ, M.P. (1998): Rumenic acid: a proposed common name for the major conjugated linoleic acid found in natural products. *Lipids* 33, 835
- KRITCHEVSKY, D., TEPPER, S., WRIGHT, S., TSO, P., CZARNECKI, S. (2000): Influence of conjugated linoleic acid (CLA) on establishment and progression of atherosclerosis in rabbits. *J. Am. Coll. Nutr.* 19, 472-477
- LARSEN, S.T., WEGAND, B.R., PARRISH, F.C, SPARKS, J.C. (1999): Effects of CLA supplementation on ham quality characteristics of crossbred growing-finishing barrows. *J. Anim. Sci.* 77, Suppl. 1, 47 (Abstract 92)
- LEE, K.N., KRITCHEVSKY, D., PARIZA, M.W. (1994): Conjugated linoleic acid and atherosclerosis in rabbits. *Atherosclerosis* 108, 19-25
- LEE, K.N., PARIZA, M.W., NTAMBI, J.M. (1998): Conjugated linoleic acid decreases hepatic stearoyl-CoA desaturase mRNA expression. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 248, 817-821
- LEIBETSEDER, J., GRUBER-NOGGLER, E., BÖHM, J. (1994): Einfluss der Fütterung auf das Fettsäuremuster beim Schwein. *Das wirtschaftseigene Futter* 40, 170-179
- LEMKE, P.J., TAYLOR, S.L. (1994): Allergic reactions and food intolerances. In: *Nutritional Toxicology* 117-137, Raven Press, New York

- LIEW, C., SCHUT, H.A., CHIN, S.F., PARIZA, M.W., DASHWOOD, R.H. (1995): Protection of conjugated linoleic acids against 2-amino-3-methylimidazol [4,5-] quinoline-induced colon carcinogenesis in the F344 rat; a study of inhibitory mechanism. *Carcinogenesis* 16, 3037-3043
- MARTIN, J.T., REANEY, YA-DONG, L., WESTCOTT, D. (2000): Commercial Production of conjugated linoleic acid. *Adv. CLA Res. Vol. I*, 5
- MILO, C. (1995): Aromastoffe von gekochter Forelle, gekochtem Kabeljau und Lachs vor und nach Tiefkühlagerung des Rohmaterials. Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie Garching, Dissertation
- MÜLLER, H.L., KIRCHGESSNER, M., ROTH, F.X., STANGL, G. (2000): Effect of conjugated linoleic acid on energy metabolism in growing-finishing pigs. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 83, 85-94
- MUNDAY, J., THOMPSON, K., JAMES, K. (1999): Dietary conjugated linoleic acids promote fatty streak formation in the C57BL/6 mouse arteriosclerosis model. *Br. J. Nutr.* 81, 251-255
- NATARAJAN, R., NADLER, J. (1998): Role of lipoxygenases in breast cancer. *Front. Biosc.* 3, 81-88
- NICOLOSI, R.J., ROGERS, E.J., KRITCHEVSKY, D. SCIMECA, J.A., HUTH, P.J. (1997): Dietary conjugated linoleic acid reduces plasma lipoproteins and early aortic atherogenesis in Hypercholesterolemic Hamsters. *Artery* 22, 266-277
- OBERLE, M., SCHWARZ, F.J., KIRCHGESSNER, M. (1998): Schlachtkörper- und Fleischqualität von Karpfen mit unterschiedlichem Fettgehalt und Fettsäuremuster. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 7, 32

- OSTROWSKA, E., MURALITHARAN, M., CROSS, R., BAUMAN, D.E., DUNSHEA, F.R. (1999): Dietary conjugated linoleic acids increase lean tissue and decrease fat deposition in growing pigs. *J. Nutr.* 129, 2037-2042
- PARIZA, M.W., HA, Y.L., BENJAMIN, H. (1991): Formation and action of anticarcinogenic fatty acids. *Adv. Experim. Med. Biol.* 189, 269-272
- PARIZA, M.W., PARK, Y., COOK, M.E. (2000): Mechanisms of action of conjugated linoleic acid: Evidence and speculation. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 223, 8-13
- PARK, Y., ALBRIGHT, K.J., LIU, W., STORKSON, J.M. (1997): Effect of conjugated linoleic acid on body composition of mice. *Lipids* 32, 853-858
- PARK, Y., ALBRIGHT, K.J., STORKSON, J.M., LIU, W., COOK, M.E., ARIZA, M.W. (1999a): Changes in body composition in mice during feeding and withdrawal of conjugated linoleic acid. *Lipids* 34, 243-248
- PARK, Y., ALBRIGHT, K.J., STORKSON, J.M., LIU, W., COOK, M.E., ARIZA, M.W. (1999b): Evidence that the t-10,c-12 isomer of conjugated linoleic acid induces body composition changes in mice. *Lipids* 34, 235-241
- PETRY, H., RAPP, W. (1970): Zur Problematik der Chromoxidbestimmung in Verdauungsversuchen. *Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde.* 27, 181-189
- RAHMAN, S., WANG, Y., YOTSUMOTO, H., CHA, J., YANAGITA, T. (2001): Effects of conjugated linoleic acid on serum leptin concentration, body-fat accumulation, and β -oxidation of fatty acid in OLETF rats. *Nutr.* 17, 385-390
- RAMSAY, T.G., EVOCK-CLOVER, C.M., STEELE, N.C., AZAIN, M.J. (2001): Dietary conjugated linoleic acid alters fatty acid composition of pig skeletal muscle and fat. *J. Anim. Sci.* 79, 2152-2161

- RICKERT, R., STEINHART, H., FRITSCH, J., SEHAR, N., YURAWECZ, M.P., KRAMER, J.K.. (1999): Enhanced resolution of conjugated linoleic acid isomers by tandem-column silver ion high-performance liquid chromatography. *J. High Resol. Chromatogr.* 22, 144-148
- SAEBO, A. (2000): Commercial production of CLA. In: *Workshop-CLA : What's going on* 5, p.2, Paris
- SANTORA J.E., PALMQUIST, D.L., ROEHRIG K.L. (2000): Trans-vaccenic acid is desaturated to conjugated linoleic acid in mice. *J. Nutr.* 130, 208-215
- SCHABBEL W. (2000): Analytik von Eicosanoiden und die Bestimmung von ausgewählten Prostaglandinen, Thromboxan und konjugierten Linolsäureisomeren (CLA) in Humangewebeproben. Diplomarbeit Universität Hamburg
- SCHABBEL W. (2002): Dissertation Universität Hamburg, in Vorbereitung
- SCHLÜTER, S., STEINHART, H., SCHWARZ, F.J., KIRCHGESSNER, M. (1999): Changes in the odorants of boiled carp fillet (*Cyprinus carpio* L.) as affected by increasing methionine levels in feed. *J. Agri. Food Chem.* 12, 5146-5150
- SCHMIDT, G.W. (1997): Forellenteichwirtschaft. In: *Lehrbuch der Teichwirtschaft* 4. Auflage, Parey - Verlag
- SCHWARZ, F.J., KIRCHGESSNER, M. (1982a): Zur Bestimmung der Nährstoffverdaulichkeit beim Karpfen, 1. Mitteilung: Aquarienaufbau und Versuchsmethodik. *Bayer. Landwirt. Jahrbuch* 59, 79-84
- SCHWARZ, F.J., KIRCHGESSNER, M., STEINHART, H., RUNGE, G. (1988) Influence of different fats with varying additions of α -tocopherol acetate on growth and body composition of carp. *Aquaculture* 69, 57-67

- SCHWARZ, F.J. (1997): Fischernahrung. In: Lehrbuch der Teichwirtschaft 4. Auflage, Parey - Verlag
- SEBEDIO, J.L., JUANEDA, P., DOBSON, G., CHRISTIE, W.W. (1997): Metabolites of conjugated isomers of linoleic acid (CLA) in the rat. *Biochem. Biophys. Acta* 1345, 5-10
- SHANTHA, N.C., RAM, L.N., DECKER, E.A. (1994): Conjugated linoleic acid concentrations in dairy products as affected by processing and storage. *J. Food Sci.* 60, 695-697
- SHEPPARD, A.J., IVERSON, J.L. (1989): Esterification of fatty acids for gas-liquid chromatographic analysis. *J. Chromatogr. Sci.* 13, 448-452
- SHULTZ, T.D., CHEW, B.P., SEAMAN, W.R. (1992): Differential stimulatory and inhibitory responses of human MCF-7 breast cancer cells to linoleic acid and conjugated linoleic acid in culture. *Anticancer Res.* 12, 2143
- SIMON, O., MÄNNER, K., SAGREDOS, A., EDER, K. (2000) : Effects of conjugated linoleic acids on protein to fat proportions, fatty acids, and plasma lipids in broilers. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 102, 402-410
- SLOMMA, N., BECKER, K., EDER, K. (2001): The effect of conjugated linoleic acid isomers on the arachidonic acid cascade in hepatocytes. 8th Symp. Vit. Add. Nutr. of man and anim., Abstract 34
- SPARKS, J.C., WIEGAND, B.R., PARRISH, F.C., ZIMMERMAN, D.R. (1999): Effects of feeding conjugated linoleic acid on growth and body composition of pigs. *J. Anim. Sci.* 77, 178
- STEFFENS, W. (1985): Grundlagen der Fischernahrung 1. Auflage, Gustav Fischer Verlag Jena

- SUGANO, M., TSUJITSA, A., YAMASAKI, M., YAMADA, K., KRITCHEVSKY, D. (1997): Lymphatic recovery, tissue distribution and metabolic effects of conjugated linoleic acid in rats. *J. Nutr. Biochem.* 8, 38-43
- SUGANO, M., TSUJITA, A., YAMASAKI, M., NOGUCHI, M., YAMADA, K. (1998) : Conjugated linoleic acid modulates tissue levels of chemical mediators and immunoglobulins in rats. *Lipids* 33, 521-527
- SZYMCZYK, B., PISULEWSKI, P., SZCZUREK, W., HANCZAKOWSKI, P. (2001): Effects of conjugated linoleic acid on growth performance, feed conversion efficiency, and subsequent carcass quality in broiler chickens. *Brit. J. Nutr.* 85, 465-473
- THIEL-COOPER, R.L., WEIGAND, B.R., PARRISH, F.C., LOVE J.A. (1999): Effects of CLA supplementation on quality and sensory characteristics. *J. Anim. Sci.* 77, Suppl. 1, 47 (Abstract 93)
- THIEL-COOPER, R.L., PARRISH, F.C., SPARKS, J.C., WIEGAND, B.R., EWAN, R.C. (2001): Conjugated linoleic acid changes swine performance and carcass composition. *J. Anim. Sci.* 79, 1821-1828
- TISCHENDORF, F., SCHÖNE, F., MÖCKEL, P., JAHREIS, G. (1999): The effect of conjugated linoleic acid on porcine growth, body composition and fatty acid distribution in backfat, muscle and liver. *Proc. 7th Symp. Vitamins and Additives in the Nutrition of Man and Animal* 244-249, Jena
- TRUITT, A., MCNEILL, G., VANDERHOEK, J.K. (1999): Antiplatelet effects of conjugated linoleic acid isomers. *Biochem. Biophys. Acta.* 1438, 239-246
- TÜLSNER, M. (1994): *Fischverarbeitung: Rohstoffeigenschaften von Fisch und Grundlagen der Verarbeitungsprozesse.* Behr's - Verlag, Hamburg

- TUREK, J.J., LI, Y., SCHOENLEIN, I.A., ALLEN, G.D., WATKINS, B.A. (1998): Modulation of macrophage cytokine production by conjugated linoleic acids is influenced by the dietary n-6:n-3 fatty acid ratio. *J. Nutr. Biochem.* 9, 258-266
- TWIBELL, R., WATKINS, B., ROGERS, L., BROWN, P. (2000): Effects of conjugated linoleic acids on hepatic and muscle lipids in hybrid striped bass. *Lipids* 35, 2
- TWIBELL, R., WATKINS, B., ROGERS, L., BROWN, P. (2001): Dietary conjugated linoleic acid and lipid source alter fatty acid composition of juvenile yellow perch, (*Perca flavescens*). *J. Nutr.* 131, 2322 - 2328
- WEST, D.B., DELANY, J.P., CAMET, P.M., BLOHM, F., TRUETT, A.A., SCIMECA, J. (1998): Effects of conjugated linoleic acid on body fat and energy metabolism in the mouse. *Am. J. Physiol.-Reg. I* 44, 667-672
- WIEGAND, B.R., PARRISH F.C, SWAN, J.E., LARSEN, S.T., BAASS, T.J. (2001): Conjugated linoleic acid improves feed efficiency, decreases subcutaneous fat, and improves certain aspects of meat quality in stress-genotyp pigs. *J. Anim. Sci.* 79, 2187-2195

8 Tabellenanhang

Tabelle 5: Zusammensetzung je kg Mineralstoffvormischung in Karpfenversuch I und II [g]

380,00 g	CaCO ₃	= 152,20 g Ca
353,11 g	Na ₂ HPO ₄ * 2H ₂ O	= 61,44 g P / = 91,21g Na
260,00 g	Ca ₅ (PO ₄) ₃ (OH)	= 103,70 g Ca / = 47,70 g P
3,38 g	ZnSO ₄ * 7H ₂ O	= 0,77 g Zn
0,51 g	CuSO ₄ * 5H ₂ O	= 0,13 g Cu
2,70 g	MnSO ₄ * H ₂ O	= 0,88 g Mn
0,30 g	KJ	= 0,01 g J

Tabelle 6: Zusammensetzung je kg Vitaminvormischung in Karpfenversuch I und II [mg]

Vit. A (Rovimix A 500)	2300 mg
1 g = 500 000 I.E.	
Vit. D ₃ (Rovimix D ₃ 500)	230 mg
1 g = 500 000 I.E.	
Vit. E (Rovimix E 50 AS)	43000 mg
1 g = 500 mg Vit. E-Acetat	
Vit. K ₃ (51 %-ig)	843 mg
Vit. C (Reinsubstanz)	38333 mg
L (+)-Ascorbinsäure	
Thiamin-mononitrat (B ₁ , Reinsubstanz)	2800 mg
Riboflavin (mind. 80 % Vit. B ₂)	5375 mg
Pyridoxin - hydrochlorid	2100 mg
(B ₆ , Reinsubstanz)	
Ca-D-Pantothenat (Reinsubstanz)	8000 mg
Nicotinsäure (Reinsubstanz)	14300 mg
Folsäure (80 %-ig)	887,5 mg
Cyanocobalamin (B ₁₂)	15 mg
1 g = 1 mg Vit. B ₁₂	
Inosit (myo-Inosit)	28500 mg
Cholinchlorid (50 %-ig)	143000 mg
Biotin 1 g = 20 mg D-Biotin	70 mg
	<hr/>
	289753,5 mg

(Das Defizit auf 1 kg Vitaminvormischung wurde mit teilverzuckerter Maisquellstärke ausgeglichen)

Tabelle 7: Lebendgewichte in Karpfenversuch I [g] - Versuchsbeginn

B : Becken
 Be : Behandlung
 I : Fettstufe I Kontrolle
 II : Fettstufe I CLA 1%
 III : Fettstufe I CLA 3%
 IV : Fettstufe II Kontrolle
 V : Fettstufe II CLA 1%
 VI : Fettstufe II CLA 3%

B	Be	Fisch 1	Fisch 2	Fisch 3	Fisch 4	Fisch 5	Fisch 6	Fisch 7	Fisch 8
1	I	440	375	570	487	378	436	608	431
2	V	398	464	597	392	467	516	408	370
3	IV	528	419	489	486	351	326	428	610
4	II	516	575	425	321	353	477	415	644
5	III	436	598	469	549	382	403	339	362
6	VI	439	387	483	540	554	362	341	447
7	II	649	428	366	397	455	434	542	341
8	VI	536	459	397	562	392	395	358	649
9	IV	694	476	544	429	387	352	379	399
10	VI	414	381	597	504	353	388	680	349
11	I	537	501	420	427	364	456	377	343
12	V	475	542	451	413	345	417	390	598
13	VI	457	368	391	575	415	490	378	373
14	II	509	350	600	469	418	407	357	413
15	III	644	365	535	484	404	400	396	349
16	IV	630	478	534	396	455	382	328	333
17	IV	490	534	369	406	460	382	600	358
18	III	484	533	434	616	389	443	380	320
19	V	431	522	445	492	409	382	387	620
20	I	516	466	559	448	408	351	316	505

Fortsetzung Tabelle 7: Lebendgewichte in Karpfenversuch I [g] - 4. Versuchswoche

B	Be	Fisch 1	Fisch 2	Fisch 3	Fisch 4	Fisch 5	Fisch 6	Fisch 7	Fisch 8
1	I	582	521	803	699	564	646	838	648
2	V	568	662	763	602	661	704	550	537
3	IV	716	598	659	652	466	406	580	783
4	II	712	690	598	440	519	659	571	882
5	III	602	770	566	698	509	561	454	506
6	VI	605	606	654	676	678	541	503	667
7	II	830	580	552	538	660	615	683	464
8	VI	736	651	567	725	585	549	509	786
9	IV	840	624	727	562	548	488	453	565
10	VI	608	538	816	661	510	546	864	478
11	I	670	664	636	597	514	680	523	443
12	V	655	800	641	526	488	635	535	745
13	VI	601	405	504	777	520	633	558	520
14	II	611	447	756	641	496	426	425	509
15	III	805	503	711	621	524	496	550	503
16	IV	750	687	773	590	722	492	428	476
17	IV	619	741	566	514	625	600	790	522
18	III	648	709	573	851	519	595	465	469
19	V	612	781	667	630	644	508	548	811
20	I	768	694	699	623	602	462	476	682

Fortsetzung Tabelle 7: Lebendgewichte in Karpfenversuch I [g] - 8. Versuchswoche

B	Be	Fisch 1	Fisch 2	Fisch 3	Fisch 4	Fisch 5	Fisch 6	Fisch 7	Fisch 8
1	I	741	818	1194	1049	865	876	1200	922
2	V	922	1072	1036	927	980	972	816	816
3	IV	1149	783	901	951	659	582	803	1233
4	II	1020	920	869	666	822	893	865	1222
5	III	862	999	791	902	734	811	618	729
6	VI	957	932	831	876	1029	855	747	974
7	II	1189	786	745	802	942	841	934	654
8	VI	1123	860	712	1131	949	918	802	1024
9	IV	1201	990	1122	894	763	587	682	811
10	VI	832	759	1153	973	706	829	1144	790
11	I	883	950	902	841	799	951	772	602
12	V	946	1146	907	866	766	1026	874	946
13	VI	849	499	758	1068	748	915	886	847
14	II	781	536	925	861	579	524	552	639
15	III	1036	674	927	885	755	602	841	703
16	IV		1000	1251	876	1119	635	712	750
17	IV	863	1134	948	637	822	894	1003	784
18	III	899	984	807	1129	732	786	616	652
19	V	773	1120	885	807	986	807	733	1189
20	I	982	1057	823	879	883	604	678	896

Fortsetzung Tabelle 7: Lebendgewichte in Karpfenversuch I [g] - 12. Versuchswoche

B	Be	Fisch 1	Fisch 2	Fisch 3	Fisch 4	Fisch 5	Fisch 6	Fisch 7	Fisch 8
1	I	900	1240	1690	1422	1230	1110	1640	1275
2	V	1090	1390	1130	1050	1120	1050	1017	960
3	IV	1580	960	1150	1330	920	850	1050	1710
4	II	1420	1100	1250	950	1140	1250	1130	1570
5	III	1200	1370	1060	1140	1080	1070	826	1040
6	VI	1180	970	940	1020	1150	1070	920	1230
7	II	1700	1065	997	1189	1320	1070	1265	990
8	VI	1570	1080	880	1410	1265	1200	1218	1180
9	IV	1600	1382	1680	1249	1060	610	940	1070
10	VI	1094	990	1555	1340	942	1194	1507	1150
11	I	1099	1303	1216	1152	1133	1172	1078	844
12	V	1290	1397	1191	1318	953	1483	1145	1125
13	VI	980	518	900	1315	892	1060	1160	1056
14	II	1033	672	1215	1193	710	732	785	850
15	III	1344	872	1212	1181	1010	784	1175	1072
16	IV		1349	1559	1083	1500	726	1143	1072
17	IV	1036	1483	1310	761	985	1172	1216	1058
18	III	1274	1383	1186	1486	877	1123	934	971
19	V	1051	1480	1120	1071	1516	1319	984	1728
20	I	1330	1555	1080	1211	1242	877	984	1218

Fortsetzung Tabelle 3: Lebendgewichte in Karpfenversuch I [g] - Versuchsende

B	Be	Fisch 2	Fisch 3	Fisch 4	Fisch 5	Fisch 6	Fisch 7	Fisch 8
1	I	1775		1922	1590	1321		1710
2	V			1362	1448	1463	1384	
3	IV	1172	1480	1593	1192		1395	
4	II	1308	1660		1602	1810	1380	
5	III		1274	1408				
6	VI	1105	1163	1413	1328	1463		
7	II	1358	1305	1669		1366	1738	
8	VI	1368			1670	1526	1616	1487
9	IV	1815		1686	1561		1228	1281
10	VI	1259		1626		1599		1572
11	I		1512	1625	1642		1490	
12	V		1616	1819			1333	1401
13	VI		1107			1362	1598	1439
14	II			1563		1004	1070	1074
15	III		1585	1599	1289		1567	1558
16	IV	1783		1348	1771		1587	1426
17	IV		1715		1359	1600		1386
18	III		1568			1518	1260	1263
19	V		1264	1410		2045		2248
20	I		1298	1546	1679		1200	1532

Tabelle 8: Verdaulichkeiten im Karpfenversuch I [%]

B	: Becken	I	: Fettstufe I Kontrolle
Be	: Behandlung	II	: Fettstufe I CLA 1%
XL	: Gesamtfett	III	: Fettstufe I CLA 3%
OS	: Organische Substanz	IV	: Fettstufe II Kontrolle
XP	: Rohprotein	V	: Fettstufe II CLA 1%
GE	: Bruttoenergie	VI	: Fettstufe II CLA 3%

B	Be	XL	OS	XP	GE
1	I	85.01	79.54	98.03	82.09
2	V	83.79	84.98	97.48	84.75
3	IV	73.92	80.11	95.56	74.09
4	II	87.18	75.73	97.93	82.16
5	III	76.95	74.44	96.29	76.58
6	VI	70.73	78.64	95.22	72.11
7	II	81.46	77.03	97.34	78.63
8	VI	71.91	77.73	95.99	75.41
9	IV	82.63	82.85	97.28	83.71
10	VI	86.03	81.74	97.51	85.36
11	I	84.90	81.36	98.07	82.90
12	V	73.41	77.53	96.15	75.90
13	VI	78.80	78.49	96.59	79.68
14	II	81.93	77.39	97.43	80.29
15	III	85.45	83.03	98.24	84.83
16	IV	80.45	81.89	96.66	81.59
17	IV	81.88	82.35	96.95	83.29
18	III	83.79	82.13	98.05	83.45
19	V	75.05	80.36	96.27	77.98
20	I	84.03	79.70	97.81	81.99

Tabelle 9: Futteraufnahme je Becken in Karpfenversuch I [g Futter -T/d]

B : Becken
W : Versuchswoche
Be : Behandlung
I : Fettstufe I Kontrolle
II : Fettstufe I CLA 1%
III : Fettstufe I CLA 3%
IV : Fettstufe II Kontrolle
V : Fettstufe II CLA 1%
VI : Fettstufe II CLA 3%

B	Be	W 1	W 2	W 3	W 4	W 5	W 6	W 7	W 8	W 9	W 10	W 11	W 12	W 13	W 14	W 15	W 16
1	I	52.2	56.8	75.2	82.0	90.1	98.2	107.1	116.7	107.3	117.0	127.5	135.1	87.9	93.2	95.9	101.7
2	V	50.6	55.1	72.9	79.5	85.8	93.5	101.9	111.1	105.6	115.1	125.4	133.0	74.6	79.1	81.4	86.3
3	IV	50.9	55.5	73.5	80.1	82.6	90.1	98.2	107.0	98.9	107.8	117.4	124.5	75.7	80.3	82.7	87.7
4	II	52.2	56.9	75.3	82.0	86.2	94.0	102.4	111.6	101.9	111.0	121.0	128.3	82.2	87.1	89.7	95.1
5	III	49.5	54.0	71.5	77.9	79.3	86.5	94.2	102.7	90.2	98.4	107.2	113.6	75.5	80.0	33.9	36.0
6	VI	49.7	54.2	71.8	78.2	83.8	91.4	99.6	108.5	100.8	109.9	119.8	127.0	72.1	76.4	78.7	83.4
7	II	50.6	55.1	72.9	79.5	76.0	82.9	90.3	98.5	96.5	105.2	114.7	121.5	78.2	82.9	85.4	90.5
8	VI	52.5	57.2	75.7	82.5	86.8	94.7	103.2	112.5	105.3	114.7	125.1	132.6	83.2	88.2	90.8	96.3
9	IV	51.2	55.8	73.9	80.6	81.7	89.1	97.1	105.8	98.7	107.6	117.3	124.3	79.8	84.6	87.1	92.4
10	VI	51.3	55.9	74.1	80.7	85.4	93.0	101.4	110.5	100.6	109.7	119.5	126.7	80.8	85.6	88.2	93.5
11	I	48.0	52.3	69.2	75.4	80.4	87.6	95.5	104.1	93.8	102.2	111.4	118.1	79.5	84.3	86.8	92.0
12	V	50.8	55.4	73.3	79.9	85.4	93.1	101.5	110.6	104.7	114.1	124.4	131.8	85.0	90.1	92.8	98.3
13	VI	48.3	52.6	69.6	75.9	76.8	83.7	91.3	99.5	92.0	100.3	109.3	115.8	72.2	76.5	78.8	83.5
14	II	49.3	53.8	71.2	77.6	73.3	79.9	87.1	94.9	75.6	82.4	89.8	95.2	64.3	68.2	70.2	74.4
15	III	50.1	54.6	72.3	78.8	80.1	87.3	95.2	103.8	89.9	98.0	106.8	113.2	79.1	83.8	86.4	91.5
16	IV	49.5	54.0	71.4	77.8	83.6	91.1	99.3	108.3	88.8	96.8	105.5	111.8	86.1	91.2	94.0	99.6
17	IV	50.4	54.9	72.7	79.2	84.6	92.2	100.5	109.6	99.2	108.1	117.9	124.9	77.9	82.5	85.0	90.1
18	III	50.4	54.9	72.7	79.2	82.1	89.5	97.5	106.3	92.5	100.8	109.9	116.4	76.8	81.4	83.9	88.9
19	V	51.6	56.3	74.5	81.2	88.4	96.4	105.0	114.5	102.2	111.4	121.4	128.7	88.0	93.3	96.1	101.9
20	I	50.0	54.5	72.1	78.6	85.1	92.8	101.1	110.2	95.2	103.8	113.1	119.9	80.3	85.1	87.7	92.9

Tabelle 10: Schlachtgewichte [g] und Anteile der Schlachtkörperfraktionen [%] im Karpfenversuch I

SG : Schlachtgewicht
 R : Anteil Restkörper
 I : Anteil Innereien
 F : Anteil Filet
 Be : Behandlung

I : Fettstufe I Kontrolle
 II : Fettstufe I CLA 1%
 III : Fettstufe I CLA 3%
 IV : Fettstufe II Kontrolle
 V : Fettstufe II CLA 1%
 VI : Fettstufe II CLA 3%

Versuchsbeginn					Zwischenschlachtung											
Fisch	SG	R	I	F	Fisch	Be	SG	R	I	F	Fisch	Be	SG	R	I	F
1	429	48.6	16.9	32.3	11	I	865	54.0	10.3	35.1	112	I	1245	48.4	12.0	39.0
2	501	46.8	16.2	34.3	13	I	1604	49.8	12.3	36.2	116	I	1123	51.2	11.0	37.7
3	355	53.3	15.7	30.4	17	I	1543	50.6	12.5	36.2	118	I	807	47.0	15.4	35.2
4	643	50.7	17.6	35.8	22	V	1323	49.4	10.7	38.5	122	V	1360	50.4	13.2	36.4
5	496	49.8	17.2	33.1	23	V	1078	53.0	10.8	34.6	125	V	929	51.6	11.0	37.2
6	376	52.0	14.9	30.7	28	V	895	50.1	10.8	39.0	126	V	1441	46.5	12.1	40.9
7	415	48.4	15.2	32.9	31	IV	1527	48.8	12.0	37.6	132	VI	504	53.4	13.5	32.3
8	429	46.5	13.1	27.7	36	IV	819	51.0	13.4	33.7	134	VI	1294	44.4	18.7	36.4
9	490	50.5	12.5	24.4	38	IV	1631	48.6	13.3	36.8	135	VI	879	48.8	13.9	36.1
10	630	47.5	16.8	35.7	41	II	1354	48.8	12.0	37.4	142	II	652	51.2	21.9	25.6
11	459	52.7	16.3	31.5	44	II	914	53.3	9.3	35.9	143	II	1156	55.7	13.8	29.3
12	477	50.7	16.3	35.3	48	II	1494	48.9	11.3	39.4	145	II	684	51.6	14.0	33.9
13	467	51.0	15.0	29.7	51	III	1149	50.7	11.7	37.3	151	III	1323	50.8	17.2	29.3
14	418	54.2	15.1	28.9	52	III	1292	42.4	24.1	32.7	152	III	850	60.8	10.6	25.6
15	497	57.1	13.9	27.2	57	III	797	50.9	15.1	32.5	156	III	751	58.1	14.0	28.1
16	469	55.3	14.5	28.7	61	VI	1133	49.1	13.3	37.7	163	IV	1496	51.9	11.2	35.5
17	480	50.7	15.9	31.2	67	VI	894	49.6	14.7	34.5	166	IV	699	52.8	22.6	23.9
18	399	55.0	16.0	29.6	68	VI	1172	47.7	17.3	34.2	172	IV	1482	59.2	9.5	31.2
19	382	56.2	11.3	23.1	71	II	1590	49.6	13.5	35.7	174	IV	752	52.8	15.6	32.6
20	421	51.7	14.2	28.2	75	II	1251	47.6	13.6	37.6	177	IV	1192	50.3	19.1	30.5
21	396	52.3	15.5	30.5	78	II	941	50.6	11.7	36.5	182	III	1331	58.8	10.3	29.4
22	429	49.6	15.0	30.9	81	VI	1506	52.1	11.2	36.8	184	III	1441	52.0	14.6	33.4
23	455	55.3	15.8	31.2	83	VI	843	51.8	17.7	31.2	185	III	845	64.6	8.3	25.0
24	460	51.9	16.0	32.1	84	VI	1402	52.9	11.1	36.4	192	V	1422	50.8	12.2	35.4
25	450	54.0	16.3	32.0	91	IV	1552	50.5	12.0	37.1	195	V	1459	54.1	14.1	29.8
26	364	48.6	14.0	28.8	93	IV	1609	47.4	13.3	38.8	197	V	949	52.1	9.9	37.4
27	350	54.9	12.1	25.8	96	IV	597	57.1	10.9	31.3	201	I	1272	45.6	18.9	35.2
28	404	55.1	16.3	32.2	103	VI	1503	48.2	15.6	35.6	202	I	1481	52.9	8.7	37.5
29	338	54.0	16.7	31.7	105	VI	925	51.5	12.6	35.2	206	I	817	47.4	13.3	38.1
30	428	50.6	14.6	25.9	107	VI	1448	46.8	13.3	39.0						

Fortsetzung Tabelle 10: Schlachtgewichte [g] und Anteile der Schlachtkörperfraktionen [%] im Karpfenversuch I [g]

Versuchsende																	
Fisch	Be	SG	R	I	F	Fisch	Be	SG	R	I	F	Fisch	Be	SG	R	I	F
12	I	1685	52.6	10.2	36.4	82	VI	1276	43.7	17.6	39.4	153	III	1518	52.3	10.1	36.9
14	I	1836	51.0	12.3	35.7	85	VI	1559	48.5	12.0	38.0	154	III	1499	50.0	11.2	38.0
15	I	1503	55.2	10.0	37.6	86	VI	1438	49.0	12.8	37.1	155	III	1238	51.1	11.6	35.5
16	I	1241	49.6	9.9	35.8	87	VI	1526	47.2	13.8	37.5	157	III	1485	51.0	10.8	36.0
18	I	1620	47.2	15.1	36.3	88	VI	1395	47.6	13.8	37.4	158	III	1463	50.5	12.4	33.3
21	V	1429	52.4	11.1	34.4	92	IV	1688	46.3	12.9	39.6	162	IV	1712	48.5	12.3	37.6
24	V	1288	51.4	11.7	35.3	94	IV	1605	50.4	9.5	38.4	164	IV	1305	48.6	13.7	36.4
25	V	1368	49.5	11.6	37.6	95	IV	1495	46.5	14.6	37.7	165	IV	1703	48.2	15.0	36.1
26	V	1384	50.4	12.4	36.0	97	IV	1169	46.8	14.5	39.2	167	IV	1502	48.6	10.1	39.7
27	V	1305	54.3	11.3	32.0	98	IV	1226	49.9	12.8	37.0	168	IV	1344	49.3	12.8	36.1
32	IV	1126	43.1	21.7	33.7	102	VI	1214	47.9	17.9	33.2	171	IV	1240	48.0	12.6	40.2
33	IV	1412	49.4	14.4	34.9	104	VI	1619	46.4	13.0	39.6	173	IV	1623	45.9	10.7	41.7
34	IV	1512	46.1	14.5	38.0	111	I	1239	49.7	12.8	35.7	175	IV	1282	47.2	13.7	38.1
35	IV	1125	51.2	11.5	35.2	113	I	1430	47.6	12.2	39.2	176	IV	1509	49.6	14.3	34.3
37	IV	1306	46.2	16.2	35.9	114	I	1512	46.8	14.5	37.6	178	IV	1275	46.3	12.3	38.8
42	II	1224	50.1	13.2	35.5	115	I	1527	47.3	12.6	37.9	181	III	1617	47.6	12.4	39.9
43	II	1556	45.4	13.8	39.8	117	I	1380	47.3	12.0	39.6	183	III	1473	52.6	10.9	36.1
45	II	1477	50.3	12.1	36.6	121	V	1493	49.4	13.9	35.4	186	III	1428	48.7	13.6	36.8
46	II	1648	51.5	10.2	37.5	123	V	1549	43.8	16.7	38.2	187	III	1184	47.8	12.6	38.7
47	II	1301	49.2	13.1	36.0	124	V	1726	48.2	12.5	38.1	188	III	1189	50.0	12.6	36.8
53	III	1200	50.6	11.3	36.7	127	V	1298	48.2	13.2	37.1	191	V	1287	48.6	15.5	34.9
54	III	1332	47.7	14.6	36.7	128	V	1337	47.0	15.6	36.5	193	V	1202	48.8	12.8	39.0
62	VI	1055	49.4	11.2	40.3	131	VI	1292	50.1	14.1	34.8	194	V	1298	49.1	14.6	35.7
63	VI	1092	45.3	19.1	34.5	133	VI	1069	52.1	13.8	38.6	196	V	1900	47.8	12.9	38.0
64	VI	1333	49.4	15.8	33.5	136	VI	1287	45.6	10.8	38.5	198	V	2109	41.9	16.5	41.2
65	VI	1248	52.5	13.7	33.1	137	VI	1488	52.2	9.7	36.5	203	I	1204	45.9	16.5	36.6
66	VI	1383	50.9	12.6	35.4	138	VI	1361	47.2	14.3	37.0	204	I	1448	49.0	10.4	39.0
72	VI	1257	49.6	12.6	36.8	141	II	1192	50.4	12.2	35.9	205	I	1560	50.9	11.9	36.1
73	II	1224	49.8	15.0	34.9	144	II	1486	49.9	12.5	36.5	207	I	1134	50.2	11.7	37.5
74	II	1566	56.9	9.1	33.5	146	II	950	50.9	12.4	37.7	208	I	1451	48.3	16.6	34.2
76	II	1285	53.2	12.5	32.8	147	II	1022	55.2	8.9	34.3						
77	II	1615	50.9	10.0	38.2	148	II	1029	51.4	10.7	36.3						

Tabelle 11: Trockenmasse - und Rohnährstoffgehalte der Schlachtkörperfraktionen im Karpfenversuch I [%]

T : Trockenmasse
 XA : Rohasche
 XL : Gesamtfett
 XP : Rohprotein
 Be : Behandlung
 B : Becken
 I : Fettstufe I Kontrolle
 II : Fettstufe I CLA 1%
 III : Fettstufe I CLA 3%
 IV : Fettstufe II Kontrolle
 V : Fettstufe II CLA 1%
 VI : Fettstufe II CLA 3%

Zwischenschlachtung													
B	Be	Restkörper				Innereien				Filet			
		T	XA	XL	XP	T	XA	XL	XP	T	XA	XL	XP
1	I	37.69	3.32	19.33	15.16	37.39	1.29	20.88	14.50	25.69	1.03	7.14	17.25
2	V	41.17	2.94	23.24	14.95	41.34	1.44	25.41	13.92	27.63	1.02	9.03	17.40
3	IV	40.15	2.86	22.52	15.23	42.90	1.91	27.99	12.23	29.03	1.05	10.73	17.00
4	II	40.00	3.42	21.18	14.71	42.94	0.95	28.34	12.55	27.00	1.05	8.81	17.13
5	III	36.39	3.19	16.73	14.89	32.18	1.35	10.26	20.63	24.38	1.08	5.23	17.50
6	VI	40.75	2.76	23.52	14.51	37.09	1.01	20.11	14.85	26.53	1.06	7.00	18.13
7	II	36.89	3.34	18.97	14.82	34.27	1.06	17.09	15.69	25.86	1.03	6.50	17.94
8	VI	40.80	3.11	23.11	14.67	39.71	1.10	24.12	13.53	29.70	1.00	10.79	17.69
9	IV	40.19	2.81	22.48	14.05	39.66	1.71	23.67	13.37	28.86	1.00	9.96	17.19
10	VI	41.33	2.85	23.83	14.86	37.93	1.40	19.56	15.90	28.44	1.04	10.01	17.31
11	I	38.10	3.75	19.44	15.74	35.77	1.29	17.98	15.91	28.97	1.02	10.09	17.23
12	V	41.01	3.07	23.35	14.38	46.56	0.86	32.17	12.75	29.17	1.01	10.12	17.31
13	VI	37.92	2.93	20.62	14.05	35.79	1.20	16.80	17.78	28.55	0.93	9.69	17.31
14	II	37.41	2.78	18.66	14.37	32.19	1.68	10.58	19.28	26.13	1.00	7.14	17.45
15	III	34.19	2.67	16.82	14.83	31.61	1.49	10.03	19.45	24.57	1.02	5.85	17.13
16	IV	39.75	2.54	21.86	14.59	39.33	1.29	18.69	18.35	27.64	1.03	8.16	17.69
17	IV	39.17	2.49	21.74	14.97	41.53	1.01	22.34	16.93	28.14	1.06	9.23	17.63
18	III	38.70	3.48	18.93	16.40	38.18	1.24	21.12	15.37	27.46	1.14	8.03	17.67
19	V	40.28	2.73	22.54	14.92	51.60	0.83	37.12	12.69	30.05	1.08	11.03	17.44
20	I	36.88	3.32	18.82	15.06	37.85	1.30	18.97	16.65	28.72	1.06	9.11	18.06

Fortsetzung Tabelle 11: Trockenmasse - und Rohnährstoffgehalte der Schlachtkörperfraktionen im Karpfenversuch I [%]

Versuchsende													
B	Be	Restkörper				Innereien				Filet			
		T	XA	XL	XP	T	XA	XL	XP	T	XA	XL	XP
1	I	37.46	3.51	18.73	14.55	36.03	1.59	18.72	15.56	26.54	1.01	7.81	18.00
2	V	40.02	3.11	20.72	14.67	37.58	1.28	20.63	14.56	27.95	1.00	9.55	17.90
3	IV	42.51	3.30	24.42	14.54	37.67	1.95	17.41	17.82	29.74	0.99	10.96	17.56
4	II	39.16	3.76	19.92	15.60	33.49	1.47	15.44	15.49	26.67	0.90	7.60	18.31
5	III	38.60	3.32	20.20	15.62	33.03	1.70	12.38	17.92	26.17	0.94	7.51	17.94
6	VI	40.72	3.18	22.05	14.32	39.34	1.48	20.89	16.74	28.69	1.00	10.12	17.81
7	II	39.20	3.44	21.30	15.11	35.45	1.64	16.73	16.41	26.34	0.92	8.20	17.06
8	VI	42.01	3.14	23.82	14.35	40.85	1.89	23.20	15.15	29.96	0.89	11.03	18.00
9	IV	42.32	3.62	23.02	14.93	38.17	1.68	21.12	14.85	30.46	0.93	11.96	17.69
10	VI	41.44	3.24	23.91	14.18	38.99	1.65	20.30	16.37	28.56	0.85	10.72	17.00
11	I	37.76	3.52	19.20	14.75	32.92	2.34	13.79	16.80	27.24	0.97	8.52	17.50
12	V	40.89	3.37	21.73	14.70	38.93	1.70	19.58	17.76	30.32	1.01	11.37	17.61
13	VI	40.96	3.42	23.20	14.81	37.56	1.52	21.22	14.50	28.37	0.78	9.57	17.48
14	II	39.48	3.53	20.36	15.40	34.93	1.48	18.12	15.06	28.28	1.32	9.12	17.75
15	III	37.18	3.79	17.60	16.54	33.78	1.97	16.98	15.28	25.47	0.99	6.34	18.00
16	IV	42.05	3.10	23.99	14.35	42.46	1.09	26.35	14.46	28.96	0.78	10.98	17.25
17	IV	43.20	3.45	25.70	14.25	39.51	2.31	20.99	15.84	31.81	0.81	13.53	17.49
18	III	36.36	3.54	17.35	15.36	31.22	1.69	13.50	15.98	25.19	0.95	6.46	17.83
19	V	42.80	3.29	25.85	14.42	40.27	1.89	21.27	16.61	29.44	0.97	11.49	17.06
20	I	38.54	3.65	19.40	15.29	37.08	1.36	17.30	17.04	27.75	0.96	8.35	17.99

Tabelle 12: Lebendgewichte in Karpfenversuch II [g] - Versuchsbeginn

B : Becken
 Be : Behandlung
 I : Kontrolle
 II : CLA-Ethylester 2,5%
 III : CLA-Ethylester 5,0%
 IV : CLA-Methylester 2,5%
 V : CLA-Methylester 5,0%

B	Be	Fisch 1	Fisch 2	Fisch 3	Fisch 4	Fisch 5	Fisch 6
1	I	500	578	587	383	514	459
2	II	675	439	523	461	358	482
3	III	562	576	488	487	426	448
4	IV	518	373	621	397	461	478
5	II	520	550	364	444	573	434
6	IV	533	492		512	406	618
7	V	560	472	598	383	448	543
8	I	460	487	551	603	393	534
9	III	554	574	463	474	518	427
10	I	563	496	540	476	428	614
11	II	604	556	465	580	473	412
12	V	440	572	400	544	455	534
13	IV	388	645	430	580	492	580
14	I	628	500	461	450	403	477
15	V	446	573	630	447	356	538
16	III	571	534	486	499	396	589
17	III	400	501	638	484	457	550
18	II	622	580	480	447	430	443
19	IV	449	570	570	457	456	526
20	V	594	548	502	451	415	499

Fortsetzung Tabelle 12: Lebendgewichte in Karpfenversuch II [g] - 4. Versuchswoche

B	Be	Fisch 1	Fisch 2	Fisch 3	Fisch 4	Fisch 5	Fisch 6
1	I	707	906	815	659	770	657
2	II	995	642	740	640	548	688
3	III	772	846	744	754	605	638
4	IV	754	545	917	564	668	646
5	II	740	797	570	735	753	649
6	IV	742	724		731	592	884
7	V	841	628	941	557	701	770
8	I	648	676	783	844	541	742
9	III	834	871	654	756	767	630
10	I	867	710	763	729	639	900
11	II	786	742	717	800	667	661
12	V	550	810	584	860	688	784
13	IV	516	920	656	778	728	785
14	I	902	704	656	620	523	715
15	V	698	842	854	676	521	746
16	III	843	769	745	745	691	848
17	III	570	674	823	631	651	756
18	II	900	874	727	707	665	653
19	IV	584	823	830	781	661	786
20	V	897	802	685	659	643	758

Fortsetzung Tabelle 12: Lebendgewichte in Karpfenversuch II [g] - 8. Versuchswoche

B	Be	Fisch 1	Fisch 2	Fisch 3	Fisch 4	Fisch 5	Fisch 6
2	II	1207	902	998	892	752	940
3	III	1057	1178	1027	1050	829	879
4	IV	992	749	1250	808	900	894
5	II	942	1105	785	1038	956	912
6	IV	931	996		936	725	1197
7	V	1076	792	1170	751	911	1028
8	I	873	914	1000	943	700	982
9	III	1143	1136	876	989	1074	871
10	I	1172	940	1044	923	896	1280
11	II	1003	1015	1111	991	844	892
12	V	670	1035	772	1101	890	1060
13	IV	698	1265	898	992	1013	1020
14	I	1165	965	874	830	690	947
15	V	928	1090	970	886	748	1002
16	III	1107	995	972	975	880	1105
17	III	658	790	1050	775	873	960
18	II	1108	1064	934	925	857	820
19	IV	740	1112	1078	1077	922	1033
20	V	1187	1041	905	893	915	1031

Fortsetzung Tabelle 12: Lebendgewichte in Karpfenversuch II [g] - 12. Versuchswoche

B	Be	Fisch 1	Fisch 2	Fisch 3	Fisch 4	Fisch 5	Fisch 6
2	II	1378	1099	1234	1060	874	1102
3	III	1256	1352	1203	1330	956	1044
4	IV	1069	905	1600	904	1079	869
5	II	1146	1047	980	1206	1141	1111
6	IV	1048	1215		1138	871	1428
7	V	1340	881	1346	954	1100	1252
8	I	1032	1190	1209	967	842	1253
9	III	1346	1344	1062	1192	1305	1093
10	I	1440	1150	1319	1086	1141	1515
11	II	1049	1154	1260	1086	955	1057
12	V	743	1181	928	1262	1050	1303
13	IV	859	1543	1017	1133	1292	1274
14	I	1318	1160	1010	1006	794	1142
15	V	1091	1319	1076	1049	959	1254
16	III	1329	1160	1138	1179	1070	1292
17	III	755	902	1255	952	988	1192
18	II	1301	1266	1121	1160	1044	1001
19	IV	863	1337	1233	1286	1114	1201
20	V	1384	1193	1026	1088	1134	1208

Fortsetzung Tabelle 12: Lebendgewichte in Karpfenversuch II [g] - Versuchsende

B	Be	Fisch 1	Fisch 2	Fisch 3	Fisch 4	Fisch 5	Fisch 6
2	II	1488	1197	1307	1150	965	1215
3	III	1136	1426	1295	1485	1003	1372
5	II	1249	1134	1096	1283	1203	1200
6	IV	1130	1338		1258	958	1549
7	V	1531	979	1449	1087	1235	1366
8	I	1147	1339	1323	1047	920	1400
9	III	1428	1410	1155	1273	1424	1170
10	I	1586	1285	1460	1138	1279	1695
11	II	1104	1225	1410	1191	1049	1144
12	V	795	1295	1045	1376	1174	1466
13	IV	940	1623	1055	1183	1399	1380
14	I	1421	1302	1118	1114	868	1240
15	V	1123	1388	1109	1117	1072	1364
16	III	1501	1247	1269	1295	1239	1400
17	III	800	976	1411	1084	1075	1298
18	II	1415	1428	1225	1343	1135	1134
19	IV	951	1489	1315	1404	1263	1261
20	V	1496	1318	1101	1192	1259	1333

Tabelle 13: Verdaulichkeiten im Karpfenversuch II [%]

B : Becken
 Be : Behandlung
 XL : Gesamtfett
 OS : Organische Substanz
 XP : Rohprotein
 GE : Bruttoenergie
 I : Kontrolle
 II : CLA-Ethylester 2,5%
 III : CLA-Ethylester 5,0%
 IV : CLA-Methylester 2,5%
 V : CLA-Methylester 5,0%

B	Be	XL	OS	XP	GE
2	II	91.81	92.43	90.28	91.86
3	III	87.02	91.25	89.32	90.71
4	IV	91.40	92.41	89.00	91.34
5	II	81.89	89.85	85.65	88.84
6	IV	91.49	92.85	92.37	93.30
7	V	89.63	92.68	91.16	92.41
8	I	89.73	90.31	88.87	90.65
9	III	88.80	92.05	92.11	92.31
10	I	93.53	93.69	94.13	92.73
11	II	85.19	89.71	85.89	88.73
12	V	91.12	94.29	93.46	93.85
13	IV	90.04	92.70	90.93	91.44
14	I	94.37	94.23	92.56	93.84
15	V	88.05	91.63	89.30	91.14
16	III	83.96	90.38	87.75	89.28
17	III	82.57	90.72	89.13	89.48
18	II	86.85	91.91	89.71	91.48
19	IV	91.93	93.68	91.82	93.01
20	V	88.58	92.62	91.13	92.07

Tabelle 14: Futteraufnahme je Becken in Karpfenversuch II [g Futter -T/d]

B : Becken
 Be : Behandlung
 W : Versuchswoche

B	Be	W 1	W 2	W 3	W 4	W 5	W 6	W 7	W 8	W 9	W 10	W 11	W 12	W 13	W 14
1	I	51.4	56.0	67.8	73.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	II	49.9	54.4	65.9	71.9	78.8	64.9	69.6	74.6	79.7	85.4	76.7	81.3	81.0	85.8
3	III	50.8	55.3	67.0	73.1	80.8	66.5	71.3	76.4	84.3	90.3	81.2	86.0	85.7	90.8
4	IV	48.4	52.8	63.9	69.7	75.9	62.5	67.0	71.8	78.3	83.9	-	-	-	-
5	II	49.0	53.5	64.7	70.6	78.6	64.8	69.4	74.4	80.3	86.1	77.4	82.0	79.6	84.3
6	IV	43.5	47.5	57.5	62.6	68.1	56.0	60.1	64.4	67.0	71.8	64.5	68.4	68.4	72.5
7	V	51.1	55.7	67.4	73.5	82.2	67.7	72.6	77.8	80.2	86.0	77.2	81.9	82.5	87.4
8	I	51.5	56.1	68.0	74.1	78.5	64.6	69.3	74.2	75.8	81.2	73.0	77.3	77.9	82.6
9	III	51.2	55.8	67.6	73.6	83.6	68.9	73.8	79.1	85.2	91.4	82.1	87.0	88.1	93.4
10	I	53.0	57.8	70.0	76.2	85.4	70.3	75.4	80.8	87.6	93.9	84.3	89.4	91.8	97.3
11	II	52.5	57.3	69.3	75.6	81.0	66.7	71.5	76.7	82.0	87.9	79.0	83.7	78.7	83.5
12	V	50.1	54.6	66.1	72.0	79.2	65.3	69.9	75.0	77.4	83.0	74.5	79.0	77.6	82.3
13	IV	53.0	57.7	69.9	76.2	81.2	66.9	71.7	76.9	82.4	88.3	79.4	84.1	85.4	90.5
14	I	49.6	54.1	65.5	71.4	76.3	62.9	67.4	72.3	76.6	82.1	73.8	78.2	77.2	81.8
15	V	50.8	55.4	67.1	73.1	80.4	66.2	70.9	76.1	78.7	84.4	75.8	80.4	81.0	85.8
16	III	52.3	57.0	69.0	75.2	86.0	70.8	75.9	81.4	84.5	90.6	81.4	86.2	86.0	91.2
17	III	51.5	56.1	68.0	74.1	76.1	62.6	67.2	72.0	71.5	76.6	68.8	73.0	72.5	76.9
18	II	51.0	55.6	67.4	73.4	83.9	69.1	74.0	79.4	79.9	85.7	77.0	81.6	82.7	87.7
19	IV	51.5	56.1	68.0	74.1	82.7	68.1	73.0	78.3	83.5	89.5	80.4	85.2	84.4	89.5
20	V	51.2	55.8	67.5	73.6	82.3	67.8	72.7	77.9	83.6	89.6	80.5	85.4	84.4	89.5

Tabelle 15: Schlachtgewichte [g] und Anteile der Schlachtkörperfraktionen [%] im Karpfenversuch II

Be : Behandlung
 SG : Schlachtgewicht
 R : Anteil Restkörper
 I : Anteil Innereien
 F : Anteil Filet

Versuchsbeginn														
Fisch	SG	R	I	F	Fisch	SG	R	I	F	Fisch	SG	R	I	F
1	594	58.4	10.6	30.5	8	492	52.9	14.8	32.6	15	433	59.1	12.2	27.7
2	492	57.8	10.0	31.8	9	424	58.5	9.9	31.6	16	422	62.3	11.6	26.7
3	618	57.0	9.7	33.2	10	437	58.1	10.1	31.5	17	521	55.1	14.2	29.9
4	486	55.0	13.1	31.4	11	418	53.1	13.4	34.0	18	456	57.2	11.0	28.9
5	567	52.2	10.9	34.9	12	510	55.4	12.9	31.2	19	518	54.2	14.9	30.7
6	562	50.5	14.9	34.2	13	496	55.1	14.7	30.2	20	517	56.6	11.0	32.4
7	488	54.1	11.9	34.0	14	447	56.3	10.0	32.5					

Fortsetzung Tabelle 15: Schlachtgewichte [g] und Anteile der Schlachtkörperfraktionen [%] im Karpfenversuch II

Versuchsende																	
Fisch	Be	SG	R	I	F	Fisch	Be	SG	R	I	F	Fisch	Be	SG	R	I	F
21	II	1424	45.6	19.2	33.8	92	III	1362	47.7	16.7	34.7	153	V	1080	49.1	17.0	32.5
22	II	1150	49.8	12.2	36.8	93	III	1115	51.2	13.0	35.4	154	V	1081	52.5	13.3	32.7
23	II	1247	52.5	11.0	35.7	94	III	1229	49.8	15.9	33.8	155	V	1050	52.8	11.0	35.8
24	II	1114	51.4	12.2	35.0	95	III	1373	51.4	12.5	35.7	156	V	1373	51.4	11.7	35.5
25	II	928	51.7	15.1	32.3	96	III	1129	50.6	10.5	37.3	161	III	1416	53.0	12.1	34.5
26	II	1156	51.1	12.4	35.4	101	I	1511	51.7	14.8	33.2	162	III	1214	53.5	10.0	36.1
31	III	1300	50.8	13.5	35.5	102	I	1237	48.1	14.9	36.6	163	III	1205	51.7	9.5	38.3
32	III	1369	46.4	19.1	33.7	103	I	1405	52.3	12.0	34.9	164	III	1239	51.6	10.9	37.8
33	III	1235	48.2	16.9	34.2	104	I	1103	49.7	12.8	36.3	165	III	1182	53.2	10.0	36.5
34	III	1412	51.3	10.1	38.0	105	I	1221	51.8	10.9	36.5	166	III	1349	50.0	13.7	36.3
35	III	971	48.7	18.7	31.8	106	I	1637	49.7	10.5	39.2	171	III	774	50.8	13.4	35.9
36	III	1077	52.8	11.4	34.9	111	II	1071	53.4	11.4	35.4	172	III	960	50.1	11.7	37.1
51	II	1199	51.4	13.3	34.2	112	II	1176	53.7	12.2	34.0	173	III	1352	50.7	12.0	36.6
52	II	1074	49.4	13.3	36.2	113	II	1362	50.1	12.6	36.5	174	III	1046	53.7	13.1	33.0
53	II	1036	50.3	13.6	34.8	114	II	1141	53.4	14.5	33.0	175	III	1032	47.4	21.1	30.5
54	II	1231	50.3	15.6	33.8	115	II	1007	49.7	13.6	36.3	176	III	1233	54.6	10.1	35.2
55	II	1170	48.4	14.5	36.4	116	II	1114	51.7	13.3	35.0	181	II	1353	47.5	19.2	32.9
56	II	1149	49.3	13.4	36.1	122	V	1232	49.4	14.0	34.9	182	II	1349	52.6	10.5	35.7
61	IV	1093	47.7	16.5	35.2	123	V	992	51.2	11.3	35.8	183	II	1166	51.8	11.3	36.3
62	IV	1275	50.1	11.6	38.4	124	V	1304	49.7	13.3	36.9	184	II	1268	53.6	11.8	33.5
64	IV	1211	50.6	14.4	35.2	125	V	1110	48.8	13.8	36.6	185	II	1095	48.2	19.5	31.3
65	IV	916	49.3	13.4	37.8	126	V	1396	50.6	12.7	35.8	186	II	1078	51.0	11.3	37.6
66	IV	1486	49.4	12.5	37.2	131	IV	895	52.7	10.1	36.0	191	IV	919	50.7	14.0	34.1
71	V	1440	51.9	12.0	35.8	132	IV	1556	52.1	13.8	33.7	192	IV	1424	50.1	10.7	38.5
72	V	920	54.0	11.6	33.8	133	IV	1027	53.2	14.7	32.3	193	IV	1285	44.7	25.1	29.5
73	V	1383	45.7	22.3	31.7	134	IV	1148	48.2	21.9	30.5	194	IV	1358	45.7	16.9	37.0
74	V	1028	56.1	11.1	34.3	135	IV	1339	49.2	13.9	35.0	195	IV	1211	53.3	12.5	33.5
75	V	1172	50.2	12.2	35.2	136	IV	1319	49.7	13.3	36.8	196	IV	1227	48.8	17.2	33.2
76	V	1296	48.4	13.8	37.5	141	I	1375	54.6	12.0	34.7	201	V	1433	49.3	15.8	34.9
81	I	1083	50.5	14.0	35.4	142	I	1246	53.3	11.2	34.6	202	V	1271	48.9	12.8	38.0
82	I	1270	51.3	11.8	36.2	143	I	1084	52.0	14.0	33.7	203	V	1069	53.0	14.1	32.4
83	I	1269	51.5	13.5	34.3	144	I	1076	52.3	11.1	36.7	204	V	1142	50.0	11.8	38.1
84	I	1006	51.1	16.3	32.0	145	I	845	53.8	13.7	32.2	205	V	1215	51.8	10.6	38.1
85	I	892	53.1	13.5	33.6	146	I	1210	52.9	12.5	34.5	206	V	1279	51.2	13.6	35.8
86	I	1339	50.5	12.5	36.7	151	V	1101	53.7	11.6	33.4						
91	III	1382	50.9	11.7	36.8	152	V	1359	49.4	17.9	31.6						

Tabelle 16: Trockenmasse - und Rohnährstoffgehalte der Schlachtkörperfraktionen im Karpfenversuch II [%]

B : Becken
 Be : Behandlung
 T : Trockenmasse
 XA : Rohasche
 XL : Gesamtfett
 XP : Rohprotein
 I : Kontrolle
 II : CLA-Ethylester 2,5%
 III : CLA-Ethylester 5,0%
 IV : CLA-Methylester 2,5%
 V : CLA-Methylester 5,0%

Versuchsende													
B	Be	Restkörper				Innereien				Filet			
		T	XA	XL	XP	T	XA	XL	XP	T	XA	XL	XP
2	II	40.44	3.60	23.17	13.03	40.12	1.11	23.76	15.19	29.30	0.99	10.50	17.33
3	III	39.18	3.80	21.83	13.48	38.20	1.05	20.02	16.74	27.66	1.06	8.32	17.73
5	II	40.32	3.83	22.93	13.49	38.25	1.15	20.12	16.86	28.62	0.98	9.36	17.64
6	IV	41.05	3.54	23.86	13.34	36.67	1.60	19.12	15.33	28.87	0.90	9.61	17.68
7	V	40.53	3.30	23.36	13.43	39.24	1.19	22.00	15.92	28.12	0.98	8.52	17.90
8	I	40.60	3.36	22.88	13.96	34.32	1.61	18.12	14.36	28.42	1.05	8.87	17.72
9	III	40.29	3.48	22.66	13.69	36.51	1.12	18.86	16.13	28.06	1.02	8.77	17.65
10	I	40.29	3.39	22.47	13.73	38.52	1.17	20.85	16.14	28.59	1.02	9.27	17.83
11	II	40.84	3.30	23.09	13.66	37.27	1.38	20.44	14.76	28.18	1.03	8.95	17.53
12	V	40.26	3.72	21.98	13.82	37.91	1.41	21.48	14.50	29.49	1.03	10.36	17.61
13	IV	40.42	3.43	23.03	13.67	35.80	1.23	16.42	18.02	27.88	1.02	8.68	17.50
14	I	41.03	3.49	23.44	13.61	43.70	1.29	29.70	12.17	28.22	1.03	8.51	18.17
15	V	38.38	3.51	21.12	13.40	38.33	1.23	20.88	15.83	27.06	1.05	8.32	17.39
16	III	39.90	3.28	22.03	14.35	40.70	1.16	25.98	13.03	27.83	1.01	8.55	17.95
17	III	39.98	3.83	21.77	14.20	37.02	1.31	18.61	17.17	27.70	1.02	8.90	17.76
18	II	39.57	3.37	22.64	13.46	38.49	1.02	20.89	16.03	26.96	1.04	8.12	17.64
19	IV	40.99	3.74	22.99	14.00	39.02	1.15	20.77	16.75	27.66	1.03	8.89	17.58
20	V	40.72	3.66	23.22	13.60	41.88	1.09	23.69	16.62	28.34	1.03	9.45	17.70

Tabelle 17: Fettsäurezusammensetzung des Muskelfetts im Karpfenversuch II [%]

B : Becken
 Be : Behandlung
 VSB : Versuchsbeginn

I : Kontrolle
 II : CLA-Ethylester 2,5%
 III : CLA-Ethylester 5,0%
 IV : CLA-Methylester 2,5%
 V : CLA-Methylester 5,0%

	VSB	B 2	B 3	B 5	B 6	B 7	B 8	B 9	B 10
Be		II	III	II	IV	V	I	III	I
C 12	0.05	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04
C 13	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C 14	3.89	1.76	1.81	1.83	1.80	1.80	1.71	1.79	1.69
C 14:1	0.08	0.04	0.02	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.06
C 15	0.37	0.16	0.16	0.17	0.16	0.16	0.16	0.16	0.15
C 16	17.87	16.98	18.01	18.01	17.10	17.33	16.13	17.11	16.10
C 16:1	5.86	4.02	3.18	3.84	3.61	3.03	4.45	3.22	4.71
C 17:1	0.28	0.17	0.14	0.18	0.17	0.14	0.18	0.14	0.20
C 18	4.12	7.65	9.38	7.57	8.03	9.52	5.03	9.09	4.91
C 18:1 t9	0.38	0.73	0.81	0.80	0.73	0.86	0.59	0.72	0.54
C 18:1 c9	27.85	35.92	35.66	37.75	35.93	35.93	36.84	36.15	37.09
C 18:2 t,t	0.06	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.05	0.06	0.04
C 18:2 c,c	13.32	16.63	10.86	17.52	16.84	11.48	23.31	11.54	22.95
CLA	1.82	5.65	10.68	6.25	5.76	11.20	1.08	10.13	1.19
C 18:3 n3	2.68	2.76	2.07	2.20	2.50	2.12	2.46	2.32	2.40
C 18:3 n6	0.14	0.16	0.12	0.21	0.15	0.12	0.24	0.12	0.25
C 20	0.18	0.20	0.22	0.20	0.22	0.22	0.16	0.23	0.15
C 20:1	5.24	0.58	0.66	0.71	0.85	0.57	0.85	0.70	0.76
C 20:2 n6	0.44	0.49	0.61	0.56	0.52	0.61	0.47	0.58	0.47
C 20:3 n3	0.16	0.18	0.08	0.09	0.10	0.08	0.10	0.10	0.09
C 20:3 n6	0.19	0.34	0.10	0.10	0.09	0.10	0.07	0.08	0.11
C 20:4	0.60	0.51	0.27	0.36	0.28	0.26	0.40	0.26	0.38
C 20:5	3.92	1.40	1.46	1.55	1.63	1.42	1.65	1.62	1.61
C 21	0.00	0.07	0.06	0.03	0.02	0.06	0.00	0.13	0.00
C 22	0.03	0.05	0.02	0.12	0.17	0.10	0.16	0.19	0.16
C 22:1	0.29	0.09	0.23	0.36	0.31	0.22	0.46	0.24	0.45
C 22:2	0.43	0.07	0.13	0.08	0.06	0.12	0.34	0.12	0.33
C 22:6	9.05	3.17	2.51	2.67	2.67	2.29	2.96	2.97	3.06
C 23	0.06	0.01	0.02	0.00	0.03	0.04	0.00	0.05	0.04
C 24:1	0.26	0.11	0.10	0.10	0.09	0.10	0.10	0.10	0.08

Fortsetzung Tabelle 17: Fettsäurezusammensetzung des Muskelfetts im Karpfen-
versuch II [%]

	B 11	B 12	B 13	B 14	B 15	B 16	B 17	B 18	B 19
Be	II	V	IV	IV	V	III	III	II	IV
C 12	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
C 13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C 14	1.76	1.61	1.75	1.61	1.75	1.85	1.86	1.85	1.73
C 14:1	0.05	0.03	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
C 15	0.16	0.14	0.15	0.15	0.16	0.16	0.17	0.16	0.16
C 16	17.23	17.05	16.97	16.72	17.81	17.89	17.68	17.45	17.07
C 16:1	3.75	2.98	3.63	4.53	3.12	3.25	3.20	3.47	3.57
C 17:1	0.17	0.14	0.17	0.20	0.14	0.14	0.15	0.15	0.14
C 18	7.42	9.88	8.04	5.56	9.32	9.28	9.38	8.05	8.06
C 18:1 t9	0.69	0.62	0.66	0.58	0.72	0.78	0.75	0.66	0.64
C 18:1 c9	36.24	36.00	35.56	37.02	34.09	35.66	35.58	34.94	35.90
C 18:2 t,t	0.02	0.03	0.06	0.04	0.05	0.04	0.06	0.05	0.04
C 18:2 c,c	16.47	11.09	17.18	21.93	11.53	10.75	11.03	17.34	17.45
CLA	5.67	11.36	6.05	1.18	11.57	10.89	10.40	5.88	5.79
C 18:3 n3	2.34	2.29	2.28	2.39	2.15	2.31	2.37	2.24	2.22
C 18:3 n6	0.20	0.14	0.18	0.23	0.13	0.11	0.12	0.16	0.16
C 20	0.20	0.25	0.21	0.17	0.23	0.23	0.23	0.21	0.22
C 20:1	0.75	0.67	0.70	0.87	0.64	0.75	0.77	0.69	0.66
C 20:2 n6	0.52	0.66	0.53	0.45	0.08	0.59	0.60	0.51	0.53
C 20:3 n3	0.10	0.08	0.09	0.08	0.09	0.10	0.10	0.10	0.09
C 20:3 n6	0.08	0.09	0.09	0.06	0.10	0.07	0.07	0.09	0.10
C 20:4	0.34	0.27	0.33	0.33	0.31	0.25	0.28	0.34	0.31
C 20:5	1.72	1.45	1.58	1.54	1.63	1.55	1.70	1.73	1.55
C 21	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C 22	0.18	0.10	0.18	0.14	0.52	0.11	0.02	0.19	0.18
C 22:1	0.35	0.23	0.34	0.43	0.25	0.22	0.23	0.34	0.34
C 22:2	0.07	0.15	0.07	0.32	0.14	0.12	0.11	0.06	0.07
C 22:6	3.35	2.54	3.00	2.73	3.22	2.67	2.90	3.19	2.87
C 23	0.02	0.04	0.00	0.00	0.05	0.05	0.04	0.00	0.00
C 24:1	0.09	0.08	0.09	0.08	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10

*Tabelle 18: Isomerenverteilung der CLA - Fraktion im Muskelfett im Karpfenversuch
II [%]*

B : Becken I : Kontrolle
 Be : Behandlung II : CLA-Ethylester 2,5%
 VSB : Versuchsbeginn III : CLA-Ethylester 5,0%
 IV : CLA-Methylester 2,5%
 V : CLA-Methylester 5,0%

	VSB	B 2	B 3	B 5	B 6	B 7	B 8	B 9	B 10
Be		II	III	II	IV	V	I	III	I
C18:2 t13,t15	0.00	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00
C18:2 t12,t14	0.00	0.16	0.15	0.27	0.04	0.03	0.00	0.15	0.00
C18:2 t11,t13	0.00	2.21	2.01	2.71	1.32	1.04	0.00	1.98	0.00
C18:2 t10,t12	0.00	1.33	1.28	1.81	0.50	0.33	1.28	1.28	0.97
C18:2 t9,t11	0.00	0.27	0.25	0.45	0.10	0.07	0.00	0.24	0.17
C18:2 t8,t10	9.30	0.32	0.20	0.39	0.25	0.09	2.53	0.21	1.54
C18:2 t7,t9	31.19	0.52	0.23	0.47	0.55	0.21	7.82	0.25	4.04
C18:2 t12,c14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
C18:2 t11,c13	2.65	0.09	0.20	0.08	0.11	0.12	0.00	0.40	4.15
C18:2 c11,t13	2.60	0.74	0.72	0.82	0.91	0.67	0.00	1.00	4.62
C18:2 t10,c12	19.66	37.95	39.45	37.07	39.21	41.18	26.97	39.52	30.47
C18:2 c9,t11	33.38	52.92	52.18	52.77	54.11	53.37	50.15	51.68	44.11
C18:2 t8,c10	1.22	1.76	1.72	1.71	1.41	1.59	3.08	1.75	2.47
C18:2 t7,c9	0.00	0.17	0.13	0.12	0.11	0.09	1.18	0.14	1.83
C18:2 c11,c13	0.00	0.02	0.01	0.03	0.04	0.02	0.00	0.03	0.00
C18:2 c10,c12	0.00	0.61	0.61	0.35	0.40	0.47	1.19	0.57	1.15
C18:2 c9,c11	0.00	0.86	0.82	0.92	0.92	0.68	3.41	0.78	4.04
C18:2 c8,c10	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	2.39	0.00	0.44

Tabelle 19: Zusammensetzung je kg Mineralstoffvormischung im Forellenversuch [g]

170,00 g	CaCO ₃	= 68,07 g Ca
146,60 g	Na ₂ CO ₃	= 63,60 g Na
635,00 g	CaHPO ₄ * 2 H ₂ O	= 147,90 g Ca / = 114,30 g P
24,20 g	MgO	= 12,84 g Mg
3,38 g	ZnSO ₄ * 7H ₂ O	= 0,77 g Zn
0,51 g	CuSO ₄ * 5H ₂ O	= 0,13 g Cu
2,00 g	MnSO ₄ * H ₂ O	= 0,65 g Mn
0,30 g	KJ	= 0,23 g J
0,014 g	Na ₂ SeO ₃ * 5 H ₂ O	= 0,0042 g Se

Tabelle 20: Zusammensetzung je kg Vitaminvormischung im Forellenversuch [mg]

	mg / kg
Vit. A (Rovimix A 500) 1 g = 500 000 I.E.	2300
Vit. D ₃ (Rovimix D ₃ 500) 1 g = 500 000 I.E.	600
Vit. E (Rovimix E 50 AS) 1 g = 500 mg Vit. E-Acetat	
Vit. K ₃ (51 %-ig)	4000
Vit. C (Reinsubstanz) L (+)-Ascorbinsäure	42000
Thiamin-mononitrat (B ₁ , Reinsubstanz)	2800
Riboflavin (mind. 80 % Vit. B ₂)	5375
Pyridoxin - hydrochlorid (B ₆ , Reinsubstanz)	2100
Ca-D-Pantothenat (Reinsubstanz)	8000
Nicotinsäure (Reinsubstanz)	14300
Folsäure (80 %-ig)	887,5
Cyanocobalamin (B ₁₂) 1 g = 1 mg Vit. B ₁₂	15
Inosit (myo-Inosit)	57000
Cholinchlorid (50 %-ig)	286000
Biotin 1 g = 20 mg D-Biotin	140
	<hr/>
	195324,5

(Das Defizit auf 1 kg Vitaminvormischung wurde mit teilverzuckerter Maisquellstärke ausgeglichen)

Tabelle 21: Lebendgewichte im Forellenversuch [g] - Versuchsbeginn

B	: Becken	III	: Vit. E I CLA 3%
Be	: Behandlung	IV	: Vit. E II Kontrolle
E	: 50 Forellen - Einheit	V	: Vit. E II CLA 1%
I	: Vit. E I Kontrolle	VI	: Vit. E II CLA 3%
II	: Vit. E I CLA 1%	:	:

B	Be	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9	E 10
1	V	122	124	120	119	124	126	117	120	122	114
2	II	121	124	118	123	120	126	125	121	114	107
3	VI	121	125	122	123	121	128	121	119	109	122.8
4	III	125	123	121	119	125	129	119	118	114	111
5	IV	117	123	119	122	123	129	117	121	120	118
6	II	122	125	123	122	124	130	118	119	119	114
7	VI	121	123	127	124	114	118	123	117	115	118
8	I	120	121	118	122	123	116	126	125	110	120
9	IV	121	122	122	122	123	117	120	121	113	115
10	III	121	126	120	122	125	116	120	127	114	105
11	I	125	121	123	122	124	118	120	119	116	119
12	V	120	121	118	119	124	118	125	124	113	118

Fortsetzung Tabelle 21: Lebendgewichte im Forellenversuch [g] ,2.-12. Versuchswoche

B	Be	W 2		W 4		W 6		W 8		W 10		W 12	
		E 1	E 2	E 1	E 2	E 1	E 2	E 1	E 2	E 1	E 2	E 1	E 2
1	V	145	151	176	173	206	220	244	248	269	271	324	330
2	II	148	150	178	184	219	221	249	248	291	278	332	354
3	VI	151	147	179	181	211	213	244	249	270	272	315	324
4	III	149	141	180	175	211	216	248	246	283	276	331	325
5	IV	147	154	181	182	215	207	247	237	272	263	333	325
6	II	154	147	183	184	214	207	256	253	285	293	326	324
7	VI	145	152	179	181	209	211	246	244	275	278	319	333
8	I	149	148	177	182	209	209	245	249	268	283	305	332
9	IV	149	148	175	175	211	211	243	248	277	284	324	336
10	III	152	147	183	182	213	218	248	239	289	275	322	339
11	I	146	148	183	175	207	218	242	241	274	276	310	312
12	V	146	146	171	175	209	207	247	251	276	280	324	322

Fortsetzung Tabelle 21: Lebendgewichte im Forellenversuch [g] - Versuchsende

B	Be	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9	E 10
1	V	386	387	398	396	387	374	381	376	362	366
2	II	391	380	395	399	393	395	392	395	390	383
3	VI	397	377	376	382	377	384	374	380	385	379
4	III	387	390	380	386	388	379	377	384	372	367
5	IV	375	380	381	378	370	393	368	390	381	372
6	II	387	379	380	385	385	387	381	405	400	396
7	VI	391	386	377	388	376	382	379	377	401	395
8	I	391	380	395	399	393	395	392	395	390	383
9	IV	397	377	376	382	377	384	374	380	385	379
10	III	393	389	382	390	384	381	375	382	374	380
11	I	367	384	370	370	385	388	361	382	372	367
12	V	393	380	380	375	385	371	384	401	383	395

Tabelle 22: Futteraufnahme je Becken im Forellenversuch [g Futter -T/d]

B : Becken
 Be : Behandlung
 W : Versuchswoche
 I : Vit. E I Kontrolle
 II : Vit. E I CLA 1%
 III : Vit. E I CLA 3%
 IV : Vit. E II Kontrolle
 V : Vit. E II CLA 1%
 VI : Vit. E II CLA 3%

B	Be	W 1	W 2	W 3	W 4	W 5	W 6	W 7	W 8	W 9	W 10	W 11	W 12	W 13	W 14
1	V	720	763	876	955	1038	1131	1248	1360	1245	1335	1390	1490	1615	1731
2	II	724	768	882	961	1074	1171	1275	1390	1208	1294	1375	1474	1555	1667
3	VI	718	761	897	978	1095	1194	1293	1409	1218	1305	1410	1512	1653	1771
4	III	718	761	891	971	1050	1145	1266	1380	1228	1316	1403	1503	1650	1769
5	IV	721	764	891	971	1077	1174	1254	1367	1235	1324	1378	1477	1593	1707
6	II	720	763	891	971	1080	1177	1260	1373	1225	1313	1383	1482	1630	1747
7	VI	730	773	903	984	1101	1200	1263	1377	1273	1364	1445	1549	1625	1742
8	I	725	769	903	984	1089	1187	1266	1380	1210	1297	1338	1434	1645	1763
9	IV	722	766	870	948	1065	1161	1281	1396	1235	1324	1398	1498	1640	1758
10	III	727	771	894	974	1080	1177	1272	1386	1233	1321	1355	1453	1598	1713
11	I	719	763	894	974	1086	1184	1320	1439	1243	1332	1423	1525	1715	1838
12	V	725	768	888	968	1047	1141	1278	1393	1230	1319	1350	1447	1635	1753

Tabelle 23: Schlachtgewichte [g] und Anteile der Schlachtkörperfraktionen [%] im Forellenversuch [g]

B : Becken I : Anteil Innereien III : Vit. E I CLA 3%
 Be : Behandlung F : Anteil Filet IV : Vit. E II Kontrolle
 SG : Schlachtgewicht I : Vit. E I Kontrolle V : Vit. E II CLA 1%
 R : Anteil Restkörper II : Vit. E I CLA 1% VI : Vit. E II CLA 3%

Zwischenschlachtung I (6. Versuchswoche)																	
B	Be	SG	R	I	F	B	Be	SG	R	I	F	B	Be	SG	R	I	F
3	V	232	43.3	15.4	41.2	7	IV	226	48.5	11.7	37.2	11	IV	239	41.6	15.5	43.7
3	V	248	41.0	13.8	44.7	7	IV	250	43.3	13.4	41.4	11	IV	237	43.4	11.8	45.5
3	V	206	42.2	13.0	44.3	7	IV	207	43.3	12.5	43.4	11	IV	226	42.1	15.3	42.4
3	V	238	44.0	12.9	41.9	7	IV	250	43.8	10.2	44.1	11	IV	229	43.5	14.9	41.3
3	V	235	44.6	11.2	44.0	7	IV	227	43.9	12.9	42.5	11	IV	259	43.2	15.5	40.8
3	V	228	44.5	12.2	43.5	7	IV	207	45.4	15.3	39.4	11	IV	261	41.8	13.4	44.9
3	V	214	43.4	11.5	44.1	7	IV	194	46.6	14.0	40.6	11	IV	250	43.9	12.7	43.3
3	V	223	44.0	11.9	43.7	7	IV	216	37.9	11.7	44.7	11	IV	205	43.1	12.9	45.1
3	V	248	41.6	13.0	44.9	7	IV	245	43.0	12.2	43.1	11	IV	232	44.9	13.4	42.1
3	V	261	41.6	12.4	44.3	7	IV	260	40.2	13.8	44.7	11	IV	224	43.1	12.2	45.3
4	II	255	43.3	9.9	45.3	8	II	267	43.3	13.1	41.8	12	III	224	38.7	14.2	44.3
4	II	250	41.3	13.6	44.6	8	II	238	41.4	13.5	43.8	12	III	251	39.3	12.4	46.9
4	II	207	40.7	15.4	43.6	8	II	247	43.6	15.1	40.6	12	III	257	42.6	17.1	39.9
4	II	212	43.0	14.1	42.7	8	II	243	42.7	10.5	45.3	12	III	207	40.6	15.0	44.6
4	II	229	42.0	14.0	40.3	8	II	252	40.0	13.7	46.7	12	III	282	39.0	14.8	45.8
4	II	172	42.4	13.3	44.1	8	II	251	41.2	14.1	43.9	12	III	246	42.5	15.8	41.9
4	II	201	44.9	13.2	40.8	8	II	206	43.2	14.8	42.2	12	III	262	38.0	13.0	47.5
4	II	289	41.7	16.3	42.1	8	II	215	41.8	13.5	42.0	12	III	235	40.4	14.0	45.3
4	II	206	43.4	12.0	45.2	8	II	210	42.7	12.9	46.3	12	III	209	40.2	15.1	44.5
4	II	261	42.3	15.2	43.0	8	II	213	42.1	13.6	42.5	12	III	286	40.6	11.9	47.3
5	VI	233	43.7	9.4	46.7	9	VI	224	39.5	14.3	45.0	13	I	191	44.4	13.8	42.2
5	VI	235	41.3	12.4	45.2	9	VI	250	40.6	15.8	41.1	13	I	204	43.9	13.5	43.5
5	VI	247	40.7	13.9	44.6	9	VI	221	37.1	13.5	47.4	13	I	225	42.8	14.0	44.1
5	VI	232	41.1	13.7	44.3	9	VI	233	40.2	16.7	42.1	13	I	228	44.2	12.4	44.3
5	VI	266	40.6	14.7	44.2	9	VI	215	43.6	13.9	40.9	13	I	258	39.9	14.2	46.6
5	VI	236	40.5	15.5	43.9	9	VI	223	39.6	13.5	45.8	13	I	222	45.4	13.9	45.2
5	VI	349	39.4	10.9	49.2	9	VI	299	39.9	14.5	42.6	13	I	226	41.9	14.2	44.0
5	VI	215	39.8	16.2	43.6	9	VI	246	39.9	12.0	46.3	13	I	200	44.1	15.0	41.4
5	VI	241	41.1	14.6	44.1	9	VI	260	37.1	15.7	44.2	13	I	217	43.9	13.5	44.8
5	VI	212	41.8	12.7	46.1	9	VI	208	42.3	11.8	44.3	13	I	215	43.0	15.5	41.9
6	III	223	39.8	14.2	43.3	10	I	237	42.3	13.5	42.2	14	V	269	40.0	15.0	43.7
6	III	248	39.8	16.8	42.0	10	I	272	42.7	13.9	41.5	14	V	238	41.8	13.1	43.8
6	III	260	40.7	14.9	44.4	10	I	221	40.2	13.6	42.8	14	V	239	42.0	13.6	43.3
6	III	240	39.8	12.8	47.1	10	I	228	42.5	15.8	40.6	14	V	236	39.8	15.7	43.0
6	III	235	41.1	14.3	42.9	10	I	243	42.2	13.8	42.2	14	V	181	43.3	11.7	44.8
6	III	221	40.1	13.6	45.1	10	I	225	43.8	14.6	40.2	14	V	198	43.8	13.1	43.2
6	III	249	40.4	13.8	44.8	10	I	237	43.1	12.2	43.6	14	V	214	43.7	13.2	40.8
6	III	238	44.0	11.1	45.6	10	I	290	44.4	13.4	41.9	14	V	214	43.8	15.3	40.6
6	III	216	40.7	14.2	43.6	10	I	217	40.9	10.6	47.4	14	V	227	43.2	13.8	43.3
6	III	198	44.3	12.4	43.3	10	I	222	45.0	12.5	42.7	14	V	261	41.7	13.1	44.1

Fortsetzung Tabelle 23: Schlachtgewichte [g] und Anteile der Schlachtkörperfraktionen [%] im Forellenversuch [g]

Zwischenschlachtung II (10. Versuchswoche)																	
B	Be	SG	R	I	F	B	Be	SG	R	I	F	B	Be	SG	R	I	F
3	V	308	43.0	12.0	43.1	7	IV	322	41.2	12.6	44.3	11	IV	269	42.5	12.2	43.9
3	V	261	41.4	12.1	44.2	7	IV	314	40.8	14.8	42.5	11	IV	342	40.3	14.5	43.3
3	V	301	41.8	14.8	42.3	7	IV	319	40.9	14.2	43.4	11	IV	286	44.8	9.9	43.5
3	V	271	40.6	13.7	45.4	7	IV	383	38.9	16.0	43.2	11	IV	288	40.2	13.8	44.2
3	V	248	44.1	12.4	43.9	7	IV	249	37.9	13.9	47.6	11	IV	287	40.4	14.2	43.7
3	V	285	42.0	15.2	42.0	7	IV	266	42.4	10.1	46.8	11	IV	265	41.4	16.4	40.3
3	V	274	40.6	14.7	44.0	7	IV	225	43.1	9.3	47.7	11	IV	294	39.6	15.6	44.1
3	V	312	40.9	12.4	45.6	7	IV	256	42.4	11.9	45.2	11	IV	308	42.6	11.9	44.3
3	V	272	43.5	9.9	40.8	7	IV	274	42.6	16.3	40.5	11	IV	321	43.1	14.3	41.7
3	V	238	43.7	11.3	45.6	7	IV	420	39.2	11.9	47.1	11	IV	277	39.5	11.4	46.8
4	II	300	42.1	13.6	42.7	8	II	299	43.6	11.5	44.0	12	III	334	36.8	16.1	46.4
4	II	272	41.8	13.0	44.2	8	II	313	40.4	12.4	46.7	12	III	290	41.5	13.1	44.7
4	II	279	39.0	13.3	45.7	8	II	280	42.7	14.1	42.5	12	III	317	38.8	17.7	43.1
4	II	268	43.2	11.7	44.3	8	II	306	42.9	14.8	41.1	12	III	320	40.5	17.4	41.4
4	II	230	42.0	13.3	43.8	8	II	321	37.0	14.7	46.5	12	III	316	40.3	16.7	42.1
4	II	279	39.8	11.3	47.1	8	II	320	39.7	10.6	48.3	12	III	267	39.3	15.4	44.5
4	II	282	41.3	12.8	45.0	8	II	300	40.9	14.1	44.2	12	III	305	40.0	18.0	40.6
4	II	293	42.7	11.8	44.5	8	II	239	40.0	17.5	40.8	12	III	300	41.7	12.4	45.3
4	II	320	39.9	13.5	45.8	8	II	306	45.6	14.6	38.2	12	III	314	41.2	13.2	44.8
4	II	295	37.4	13.4	47.9	8	II	281	46.4	16.0	37.5	12	III	316	40.2	17.8	41.0
5	VI	274	39.0	13.7	45.8	9	VI	346	36.6	14.4	47.5	13	I	311	44.6	12.0	41.3
5	VI	240	41.9	12.5	45.1	9	VI	296	41.2	15.0	43.1	13	I	246	40.1	13.3	44.8
5	VI	242	42.6	12.5	43.9	9	VI	247	42.6	15.7	41.8	13	I	343	44.4	13.3	41.9
5	VI	238	41.2	14.8	43.6	9	VI	282	40.1	14.8	44.4	13	I	344	43.6	14.2	42.5
5	VI	273	42.5	13.8	44.4	9	VI	307	40.6	13.7	45.6	13	I	234	43.3	13.0	43.3
5	VI	328	45.5	10.5	42.2	9	VI	264	39.8	16.0	43.2	13	I	315	40.8	15.6	42.6
5	VI	332	41.8	15.4	40.3	9	VI	258	42.4	14.9	42.9	13	I	284	40.5	15.9	42.0
5	VI	255	41.0	13.6	44.5	9	VI	273	41.4	16.0	42.2	13	I	262	41.6	11.9	45.6
5	VI	228	39.6	14.3	44.9	9	VI	249	41.3	11.5	46.4	13	I	344	42.3	15.0	41.1
5	VI	245	38.8	13.1	46.7	9	VI	275	42.9	18.8	37.2	13	I	278	42.6	12.6	44.5
6	III	302	37.6	12.7	47.6	10	I	275	44.3	10.1	43.7	14	V	254	40.3	13.5	44.3
6	III	226	42.2	14.9	41.0	10	I	348	38.2	13.5	46.5	14	V	309	38.5	13.9	45.9
6	III	303	41.0	14.1	43.1	10	I	292	40.7	12.3	45.4	14	V	331	42.3	13.3	42.6
6	III	255	41.0	16.0	42.5	10	I	246	41.2	13.2	43.8	14	V	324	37.4	14.4	46.5
6	III	311	37.7	14.7	45.4	10	I	352	40.1	13.8	46.3	14	V	291	39.8	14.0	44.8
6	III	356	40.7	16.0	42.4	10	I	364	41.0	13.1	43.5	14	V	251	41.4	16.5	41.2
6	III	365	41.1	14.3	43.0	10	I	322	40.0	12.3	46.0	14	V	305	40.5	14.8	43.5
6	III	273	41.5	13.8	42.9	10	I	290	42.4	12.3	44.4	14	V	322	40.5	13.3	45.1
6	III	213	41.1	13.7	43.6	10	I	391	40.5	12.4	44.6	14	V	262	40.2	13.9	45.6
6	III	258	43.2	11.8	45.7	10	I	263	41.2	13.5	44.1	14	V	252	43.1	11.9	44.7

Fortsetzung Tabelle 19: Schlachtgewichte [g] und Anteile der Schlachtkörperfraktionen [%] im Forellenversuch [g]

Schlachtung zu Fütterungsende (14. Versuchswoche)																	
B	Be	SG	R	I	F	B	Be	SG	R	I	F	B	Be	SG	R	I	F
3	V	378	36.9	15.2	46.7	7	IV	267	41.2	13.9	43.9	11	IV	465	39.3	14.7	44.2
3	V	438	39.4	13.3	45.2	7	IV	374	39.8	14.9	43.1	11	IV	456	39.6	15.5	42.9
3	V	336	40.2	13.7	44.3	7	IV	342	43.1	13.5	43.0	11	IV	313	40.1	11.9	46.0
3	V	355	40.2	14.6	44.2	7	IV	412	37.3	15.4	46.6	11	IV	375	42.3	12.6	44.4
3	V	464	40.6	12.9	45.4	7	IV	409	39.5	14.0	45.4	11	IV	266	42.3	13.7	42.9
3	V	283	45.0	10.3	44.2	7	IV	457	39.4	15.7	43.4	11	IV	335	41.8	10.7	46.2
4	II	429	41.0	15.1	42.2	7	IV	310	40.5	11.6	47.5	11	IV	423	39.0	14.5	45.8
4	II	445	40.9	15.8	41.8	7	IV	333	40.1	12.1	47.4	11	IV	391	42.4	16.8	40.0
4	II	537	37.2	16.2	46.3	8	II	340	42.2	14.3	42.8	11	IV	342	41.3	14.6	43.5
4	II	389	38.8	13.9	45.3	8	II	353	39.3	11.9	48.2	11	IV	399	38.6	13.8	46.3
4	II	363	39.3	11.9	48.3	8	II	432	37.5	13.6	47.5	12	III	351	38.4	15.4	44.3
4	II	483	36.4	16.1	45.4	8	II	394	38.1	14.3	46.8	12	III	449	39.0	15.1	44.2
5	VI	361	38.0	14.1	46.3	8	II	506	39.1	11.3	48.7	12	III	360	40.3	14.9	42.5
5	VI	313	38.7	13.6	47.1	8	II	308	41.8	12.0	45.4	12	III	380	38.3	14.5	45.7
5	VI	509	37.2	15.9	46.2	9	VI	409	46.6	15.7	38.5	12	III	410	42.6	16.0	40.1
5	VI	367	36.8	14.0	48.0	9	VI	317	38.0	13.8	46.7	12	III	422	39.5	16.7	42.3
5	VI	375	39.1	15.4	44.1	9	VI	465	38.6	14.4	46.0	12	III	266	40.6	13.2	44.4
5	VI	430	39.3	16.0	43.0	9	VI	338	38.3	14.0	43.5	12	III	280	38.6	14.9	44.1
5	VI	334	38.8	12.2	48.7	9	VI	405	38.7	15.4	45.0	12	III	409	40.7	12.8	44.9
5	VI	356	39.9	16.4	43.3	9	VI	368	39.7	15.8	43.7	12	III	482	36.5	15.1	46.8
5	VI	429	40.1	14.3	45.8	9	VI	411	38.6	13.9	47.3	12	III	327	42.5	9.4	48.6
5	VI	404	36.2	14.7	47.7	9	VI	397	39.4	14.8	45.6	12	III	370	38.4	15.3	44.5
5	VI	361	41.2	17.8	40.1	9	VI	413	38.2	15.8	44.6	13	I	276	38.8	13.1	46.3
5	VI	374	39.4	13.4	45.7	9	VI	344	37.5	14.9	46.5	13	I	333	37.8	11.8	48.6
6	III	368	40.3	9.6	48.0	9	VI	420	39.6	14.4	44.8	13	I	402	37.6	14.3	45.6
6	III	494	36.8	16.5	45.4	9	VI	398	38.1	16.1	45.6	13	I	284	41.8	9.3	47.2
6	III	415	37.6	16.5	44.6	10	I	515	39.2	14.4	45.1	13	I	337	40.4	10.9	46.8
6	III	427	40.2	14.4	44.3	10	I	320	37.8	13.1	47.5	13	I	328	38.1	12.7	47.3
6	III	311	39.4	14.0	46.0	10	I	400	38.9	15.2	43.9	13	I	369	38.5	10.0	50.1
6	III	314	40.8	13.7	44.5	10	I	321	38.7	11.8	48.1	13	I	378	40.5	11.9	46.2
6	III	291	40.6	15.3	43.6	10	I	329	40.0	13.6	44.4	13	I	494	38.2	14.3	46.0
6	III	423	37.6	15.4	45.6	10	I	277	41.6	12.9	44.1	13	I	318	39.2	11.6	47.8
6	III	342	39.2	14.6	45.2	10	I	286	47.1	9.9	44.6	13	I	371	39.3	14.7	45.3
6	III	346	39.6	14.4	46.0	10	I	396	41.7	15.8	41.7	13	I	340	40.8	14.1	43.2
6	III	361	39.8	16.1	43.4	10	I	273	39.1	14.2	45.9	14	V	478	38.1	14.4	45.0
6	III	294	40.9	15.1	43.2	10	I	317	39.6	15.1	45.3	14	V	299	40.8	13.0	43.5
7	IV	522	38.8	14.6	45.2	10	I	433	39.5	13.5	45.8	14	V	487	38.3	14.1	45.7
7	IV	431	38.9	16.6	40.9	10	I	366	41.6	13.9	43.4	14	V	413	39.2	13.1	45.9
7	IV	419	41.1	14.8	42.4	11	IV	571	37.1	15.5	45.9	14	V	420	39.5	14.3	44.2
7	IV	300	39.9	14.2	45.0	11	IV	476	40.5	12.9	44.3	14	V	398	38.1	16.2	44.5

Fortsetzung Tabelle 23: Schlachtgewichte [g] und Anteile der Schlachtkörperfraktionen [%] im Forellenversuch [g]

Schlachtung zu Hälterungsende (20. Versuchswoche)																	
B	Be	SG	R	I	F	B	Be	SG	R	I	F	B	Be	SG	R	I	F
3	V	317	41.5	9.4	47.6	7	IV	309	42.3	9.6	48.1	11	IV	383	38.8	12.0	47.0
3	V	417	40.6	10.8	47.0	7	IV	425	42.1	11.2	45.5	11	IV	337	41.7	10.3	45.5
3	V	407	40.7	9.5	48.1	7	IV	393	42.9	9.8	45.1	11	IV	318	41.3	10.0	47.1
3	V	356	41.3	11.0	46.8	7	IV	383	41.1	9.3	48.6	11	IV	371	40.7	9.0	48.7
3	V	351	43.0	9.5	45.3	7	IV	273	43.3	10.7	44.9	11	IV	346	41.9	10.3	45.7
3	V	363	42.0	13.1	44.1	7	IV	366	42.1	10.2	47.1	11	IV	312	44.1	7.5	46.8
4	II	381	44.6	9.1	44.5	7	IV	264	43.0	10.7	45.6	11	IV	317	44.4	8.4	45.6
4	II	321	42.6	10.1	46.4	7	IV	347	42.2	10.8	47.4	11	IV	311	41.5	9.3	47.0
4	II	410	42.0	11.8	45.4	8	II	409	44.8	10.6	42.4	11	IV	326	43.2	9.8	45.8
4	II	265	44.7	6.4	46.7	8	II	404	45.1	9.5	44.0	11	IV	464	44.1	9.5	45.4
4	II	287	41.6	7.9	48.7	8	II	345	42.2	11.8	44.8	12	III	400	42.5	9.9	45.7
4	II	354	42.8	10.5	46.5	8	II	400	43.4	9.9	46.0	12	III	419	43.3	12.7	43.1
5	VI	313	40.3	12.6	45.4	8	II	376	45.0	10.3	43.9	12	III	408	42.7	11.9	43.2
5	VI	295	44.4	7.4	47.6	8	II	352	42.3	11.0	45.1	12	III	355	40.3	11.6	46.8
5	VI	325	42.2	10.0	48.0	9	VI	401	41.0	11.5	45.0	12	III	275	43.3	8.8	46.5
5	VI	401	40.9	10.0	48.2	9	VI	226	43.5	10.1	46.1	12	III	331	43.7	10.5	44.2
5	VI	393	41.6	9.4	48.3	9	VI	401	41.6	11.0	45.8	12	III	315	41.2	12.1	45.0
5	VI	359	41.6	12.3	44.9	9	VI	301	41.8	10.1	46.0	12	III	273	44.8	11.7	42.5
5	VI	418	40.9	9.0	48.8	9	VI	384	40.3	11.5	46.1	12	III	302	42.8	11.1	45.0
5	VI	354	42.5	8.2	48.5	9	VI	468	41.4	9.6	45.2	12	III	331	42.7	9.6	46.2
5	VI	370	39.9	12.3	45.9	9	VI	361	42.0	11.2	45.0	12	III	368	40.2	10.2	48.7
5	VI	358	41.4	11.6	46.2	9	VI	325	39.9	10.1	45.2	12	III	352	43.0	10.8	44.8
5	VI	401	44.3	9.6	45.9	9	VI	315	45.9	9.6	46.5	13	I	387	43.8	8.5	46.8
5	VI	330	41.8	10.3	47.3	9	VI	328	42.4	10.7	46.1	13	I	248	44.3	8.3	45.3
6	III	448	39.8	11.3	47.4	9	VI	291	45.5	9.2	44.5	13	I	257	43.2	8.2	47.6
6	III	434	44.0	10.1	47.5	9	VI	311	43.4	10.9	45.0	13	I	398	41.3	8.5	47.7
6	III	331	42.0	11.1	45.9	10	I	268	46.6	7.7	43.9	13	I	256	42.9	6.7	48.3
6	III	397	40.4	11.7	42.5	10	I	364	40.4	9.3	49.4	13	I	342	42.5	9.4	46.9
6	III	391	43.7	11.1	43.8	10	I	327	44.3	8.4	46.1	13	I	307	41.3	8.6	47.6
6	III	339	42.3	9.9	46.6	10	I	275	46.7	10.5	44.5	13	I	436	42.1	11.1	44.7
6	III	394	40.2	11.2	47.1	10	I	412	40.6	9.5	47.4	13	I	306	46.2	8.0	43.7
6	III	278	43.1	11.4	44.3	10	I	411	43.9	11.1	44.1	13	I	316	43.1	7.0	48.3
6	III	424	40.5	13.6	43.8	10	I	428	42.4	13.0	43.6	13	I	437	42.7	10.8	44.8
6	III	371	38.0	10.7	49.4	10	I	403	43.9	11.6	43.0	13	I	339	47.3	10.7	41.0
6	III	341	42.5	11.1	46.0	10	I	228	47.6	8.8	43.0	14	V	350	42.7	8.7	45.9
6	III	372	41.4	9.8	48.4	10	I	288	45.9	9.4	44.5	14	V	368	40.5	9.1	48.1
7	IV	354	45.1	9.4	43.5	10	I	330	42.4	8.5	47.9	14	V	335	43.0	7.7	47.7
7	IV	409	43.8	9.9	45.8	10	I	336	42.8	9.3	46.2	14	V	350	41.0	11.5	46.7
7	IV	344	42.8	10.4	45.8	11	IV	322	45.0	6.4	46.9	14	V	355	40.2	7.6	50.3
7	IV	338	43.9	7.7	48.0	11	IV	346	42.7	10.4	45.7	14	V	377	41.1	9.9	48.4

Tabelle 24: Trockenmasse - und Rohnährstoffgehalte der Schlachtkörperfraktionen im Forellenversuch [%]

B : Becken I : Kontrolle
 Be : Behandlung II : CLA-Ethylester 2,5%
 T : Trockenmasse III : CLA-Ethylester 5,0%
 XA : Rohasche IV : CLA-Methylester 2,5%
 XL : Gesamtfett V : CLA-Methylester 5,0%
 XP : Rohprotein

Zwischenschlachtung I (6. Versuchswoche)

B	Be	Restkörper				Innereien				Filet			
		T	XA	XL	XP	T	XA	XL	XP	T	XA	XL	XP
1	V	33.29	3.87	12.99	16.47	42.89	0.98	29.12	12.11	24.54	1.32	4.21	19.06
2	II	34.01	3.75	13.36	17.16	44.24	0.88	31.76	11.22	25.20	1.32	4.18	19.50
3	VI	33.78	3.88	12.76	17.46	44.46	0.93	31.08	11.93	24.50	1.31	4.52	18.31
4	III	35.56	3.87	14.34	17.93	39.80	0.89	27.35	11.34	24.60	1.20	4.44	18.88
5	IV	33.49	3.94	12.79	16.59	40.06	0.97	26.51	12.24	24.35	1.25	4.56	18.94
6	II	33.06	3.73	12.73	17.24	43.51	0.90	30.39	11.55	24.25	1.18	4.87	18.25
7	VI	33.16	3.66	12.71	17.12	36.62	1.04	22.12	12.77	24.19	1.29	4.50	18.06
8	I	33.64	3.78	13.14	16.94	43.12	0.85	30.41	11.77	24.71	1.34	4.48	18.81
9	IV	33.01	3.63	13.25	17.15	43.80	0.94	31.46	11.17	24.36	1.32	4.99	18.31
10	III	34.10	3.72	13.88	16.99	39.98	0.95	27.00	11.39	24.67	1.17	4.96	18.31
11	I	32.67	3.66	12.51	17.22	43.94	0.88	31.51	11.27	24.39	1.14	4.58	18.81
12	V	33.28	3.84	13.07	16.60	39.30	0.96	25.98	11.78	24.05	1.13	4.66	18.25

Zwischenschlachtung II (10. Versuchswoche)

B	Be	Restkörper				Innereien				Filet			
		T	XA	XL	XP	T	XA	XL	XP	T	XA	XL	XP
1	V	36.10	3.32	16.25	17.25	46.36	0.95	34.36	11.23	25.30	1.22	5.30	18.94
2	II	34.88	3.52	14.59	16.60	46.70	0.97	34.99	11.05	25.32	1.21	5.19	19.00
3	VI	33.95	3.51	14.06	16.38	44.93	1.01	32.12	12.15	24.28	1.24	4.60	18.52
4	III	35.62	3.62	15.05	17.46	44.06	0.89	32.17	11.29	24.71	1.22	4.77	19.06
5	IV	35.93	3.62	16.08	16.96	48.16	0.81	36.54	11.32	25.23	1.32	5.30	18.76
6	II	35.08	3.52	15.17	16.92	47.54	0.98	36.13	11.12	24.44	1.26	4.77	18.50
7	VI	34.55	3.44	14.79	17.06	43.22	0.91	31.45	11.67	24.59	1.23	4.52	18.66
8	I	35.60	3.85	15.25	17.05	47.90	0.96	35.69	11.32	24.82	1.25	5.01	18.56
9	IV	34.48	3.50	14.47	16.78	48.66	1.01	36.55	11.76	24.75	1.26	5.06	18.88
10	III	35.88	3.54	14.61	17.20	44.55	0.88	33.44	10.82	25.31	1.24	5.58	18.55
11	I	34.30	3.46	14.62	16.69	44.28	1.05	32.13	11.23	24.48	1.28	4.99	18.34
12	V	34.82	3.47	15.03	17.05	42.17	1.07	30.02	11.17	24.50	1.24	4.65	19.00

Fortsetzung Tabelle 24: Trockenmasse - und Rohnährstoffgehalte der Schlachtkörperfraktionen im Forellenversuch [%]

Schlachtung Fütterungsende (14. Versuchswoche)													
B	Be	Restkörper				Innereien				Filet			
		T	XA	XL	XP	T	XA	XL	XP	T	XA	XL	XP
1	V	38.74	3.65	17.44	17.80	50.85	0.83	38.22	11.37	26.75	1.23	6.02	19.22
2	II	36.79	3.62	16.20	17.41	50.94	0.81	38.72	11.05	25.97	1.23	5.62	19.13
3	VI	35.78	3.39	16.66	16.33	49.99	1.00	36.79	11.80	27.08	1.12	6.15	19.75
4	III	38.67	3.80	17.22	17.72	48.64	1.05	35.96	11.29	27.73	1.14	6.77	19.47
5	IV	37.68	3.82	17.00	17.41	51.19	1.01	38.10	12.00	28.69	1.05	7.43	19.63
6	II	36.13	3.20	17.36	16.13	51.05	0.95	37.12	12.02	26.24	1.06	6.02	19.11
7	VI	37.73	3.44	17.12	17.43	49.21	1.03	36.33	11.54	28.42	1.17	7.40	19.60
8	I	37.12	3.72	17.05	16.66	51.00	0.98	37.98	11.88	26.22	1.33	5.39	19.21
9	IV	38.67	3.83	17.61	17.55	51.95	0.97	38.99	11.11	29.02	1.22	7.61	19.81
10	III	37.64	3.27	16.89	17.56	50.13	1.13	37.30	11.62	26.99	1.25	6.30	19.11
11	I	37.58	3.95	16.48	17.38	50.87	0.99	38.00	11.96	26.30	1.30	6.02	19.13
12	V	38.44	3.59	18.38	16.85	52.40	0.91	38.99	11.62	27.11	1.27	6.70	19.22

Schlachtung zu Hälterungsende (20. Versuchswoche)													
B	Be	Restkörper				Innereien				Filet			
		T	XA	XL	XP	T	XA	XL	XP	T	XA	XL	XP
1	V	36.23	3.47	14.89	18.12	54.15	0.72	43.83	9.50	25.52	1.26	4.50	19.55
2	II	36.58	4.23	15.56	17.36	51.96	0.87	41.22	9.03	24.40	1.28	3.89	19.33
3	VI	38.98	4.40	15.83	19.22	50.74	0.77	40.56	8.88	25.36	1.18	4.62	19.38
4	III	38.30	4.37	15.58	18.36	56.73	0.88	46.72	8.50	24.99	1.18	4.32	19.44
5	IV	37.91	4.38	15.11	18.89	55.91	0.79	45.54	9.27	25.07	1.19	4.61	18.88
6	II	37.91	3.85	16.64	17.44	53.90	0.94	44.14	8.15	25.56	1.36	4.73	19.22
7	VI	35.45	4.15	14.44	17.18	55.97	0.72	46.39	8.61	24.73	1.34	3.69	19.88
8	I	36.88	4.31	14.54	18.77	53.75	0.71	44.44	8.64	24.36	1.31	4.05	18.75
9	IV	36.08	4.59	13.60	18.62	55.89	0.76	45.96	8.91	24.38	1.27	3.94	19.19
10	III	39.23	4.17	16.68	19.21	53.29	0.80	42.86	9.26	25.30	1.24	4.81	18.81
11	I	35.56	4.36	14.19	17.62	52.30	1.04	42.29	8.90	23.71	1.28	3.42	18.81
12	V	36.78	4.44	14.83	18.37	55.58	0.83	44.30	9.84	24.17	1.26	3.96	18.92

Tabelle 25: Fleischhelligkeit und Fleischfarbe der Filets im Forellenversuch

B	: Becken	I	: Kontrolle
Be	: Behandlung	II	: CLA-Ethylester 2,5%
L	: Helligkeit	III	: CLA-Ethylester 5,0%
a	: Rotfärbung	IV	: CLA-Methylester 2,5%
b	: Gelbfärbung	V	: CLA-Methylester 5,0%

Zwischenschlachtung I (6. Versuchswoche)														
B	Be	L	a	b	B	Be	L	a	b	B	Be	L	a	b
3	V	45.05	5.71	9.52	7	IV	48.46	8.84	13.97	11	IV	47.50	9.11	12.30
3	V	46.42	7.99	11.78	7	IV	48.07	9.53	14.44	11	IV	44.01	8.44	12.05
3	V	46.02	5.59	8.82	7	IV	47.00	7.85	11.59	11	IV	45.60	7.33	10.92
3	V	45.02	9.42	13.63	7	IV	44.87	7.19	11.76	11	IV	43.31	9.93	13.21
3	V	44.06	9.49	12.95	7	IV	45.31	7.50	10.39	11	IV	42.43	8.99	11.81
3	V	45.30	6.04	9.02	7	IV	46.64	9.88	14.78	11	IV	44.21	7.66	11.99
3	V	43.33	9.04	12.70	7	IV	45.99	7.76	11.41	11	IV	47.05	10.59	16.15
3	V	43.28	8.27	12.08	7	IV	42.38	9.54	13.36	11	IV	45.90	10.69	17.12
3	V	45.25	9.33	13.05	7	IV	41.97	9.74	13.68	11	IV	46.11	8.80	12.16
3	V	42.18	7.16	11.00	7	IV	43.23	9.29	11.02	11	IV	45.24	9.58	12.98
4	II	41.84	8.51	11.58	8	II	44.17	8.81	12.21	12	III	47.79	9.38	15.21
4	II	44.72	9.81	13.45	8	II	45.68	8.64	13.62	12	III	47.49	5.04	10.53
4	II	44.57	7.27	11.07	8	II	45.28	9.72	13.80	12	III	46.96	10.32	15.26
4	II	42.59	8.73	12.63	8	II	42.26	7.45	11.10	12	III	44.06	7.09	9.75
4	II	42.86	9.06	11.32	8	II	44.11	7.53	11.11	12	III	45.43	6.67	9.54
4	II	45.46	6.62	11.39	8	II	44.99	9.42	12.57	12	III	42.18	6.22	9.36
4	II	47.61	8.44	12.62	8	II	44.48	6.92	10.04	12	III	45.34	8.04	11.69
4	II	46.95	8.43	13.15	8	II	45.21	8.30	11.89	12	III	43.88	7.38	9.14
4	II	45.14	5.85	11.68	8	II	45.22	8.27	12.06	12	III	46.59	7.48	10.08
4	II	43.66	9.28	13.46	8	II	45.69	8.19	13.79	12	III	43.57	8.48	10.33
5	VI	43.91	7.25	9.59	9	VI	44.37	7.48	8.97	13	I	47.23	5.87	10.45
5	VI	45.16	6.42	10.92	9	VI	47.74	8.48	11.57	13	I	46.58	9.42	14.21
5	VI	46.73	7.14	11.51	9	VI	45.55	5.57	9.56	13	I	46.45	7.87	12.61
5	VI	45.65	6.26	10.11	9	VI	44.73	7.93	10.38	13	I	44.12	9.77	13.44
5	VI	44.62	6.18	10.95	9	VI	44.08	7.70	9.69	13	I	48.06	7.55	14.30
5	VI	46.85	6.86	10.33	9	VI	48.32	8.25	12.43	13	I	45.61	8.38	13.14
5	VI	44.02	6.87	11.88	9	VI	44.43	5.39	8.77	13	I	48.77	8.14	13.07
5	VI	46.23	6.78	10.12	9	VI	45.99	7.50	11.25	13	I	47.24	9.74	15.49
5	VI	48.42	7.36	12.66	9	VI	47.36	6.28	10.33	13	I	45.15	7.35	10.50
5	VI	46.74	5.81	10.39	9	VI	46.85	5.54	8.79	13	I	45.89	9.29	13.67
6	III	46.87	7.57	11.52	10	I	44.02	8.73	11.79	14	V	47.40	10.19	14.75
6	III	44.56	8.73	11.84	10	I	44.24	8.24	11.99	14	V	47.00	10.94	15.48
6	III	46.31	8.07	10.70	10	I	46.33	7.98	11.63	14	V	49.34	8.26	12.60
6	III	44.96	6.40	11.26	10	I	42.42	9.66	13.03	14	V	47.45	8.45	12.79
6	III	47.58	7.94	12.13	10	I	44.62	8.82	12.43	14	V	45.49	8.43	11.09
6	III	45.32	7.99	10.57	10	I	46.69	7.12	11.60	14	V	46.42	10.28	14.95
6	III	45.87	6.83	10.37	10	I	46.69	7.91	12.76	14	V	49.19	8.51	15.46
6	III	47.80	8.12	11.19	10	I	43.31	9.90	13.45	14	V	47.33	7.42	12.22
6	III	45.98	7.28	10.56	10	I	44.96	7.02	9.63	14	V	49.49	4.95	9.64
6	III	44.42	8.99	12.88	10	I	45.56	7.20	12.17	14	V	45.18	9.53	13.17

Fortsetzung Tabelle 25: Fleischhelligkeit und Fleischfarbe der Filets im Forellenversuch

Zwischenschlachtung I (10. Versuchswoche)														
B	Be	L	a	b	B	Be	L	a	b	B	Be	L	a	b
3	V	42.31	9.98	12.46	7	IV	41.72	10.78	14.04	11	IV	44.32	8.58	11.32
3	V	40.93	8.95	10.50	7	IV	41.15	11.44	14.51	11	IV	41.88	11.92	13.60
3	V	38.97	12.48	13.58	7	IV	39.96	11.38	12.62	11	IV	40.53	10.77	12.76
3	V	40.43	9.44	11.14	7	IV	42.81	11.58	14.29	11	IV	39.50	14.73	15.42
3	V	40.44	9.34	10.00	7	IV	40.23	9.52	10.11	11	IV	39.69	13.42	13.75
3	V	40.70	9.50	11.66	7	IV	41.13	9.57	10.45	11	IV	38.89	14.23	15.84
3	V	38.22	10.43	11.78	7	IV	40.38	8.81	9.93	11	IV	38.88	9.62	11.33
3	V	38.44	12.18	12.26	7	IV	41.72	8.46	9.15	11	IV	42.11	10.15	12.09
3	V	38.83	9.73	11.20	7	IV	39.84	10.85	12.24	11	IV	40.21	13.38	14.38
3	V	39.79	9.56	11.14	7	IV	42.05	11.24	13.81	11	IV	40.79	10.91	11.32
4	II	40.89	9.87	13.00	8	II	42.44	11.38	14.24	12	III	42.27	10.24	11.53
4	II	39.05	11.25	13.76	8	II	38.22	11.44	12.72	12	III	42.00	10.26	13.10
4	II	40.21	8.92	9.82	8	II	40.20	14.13	16.33	12	III	42.14	10.98	11.90
4	II	43.69	8.55	11.12	8	II	41.34	9.95	12.97	12	III	43.30	12.52	13.42
4	II	45.17	7.06	8.82	8	II	41.42	9.65	11.80	12	III	40.01	10.67	11.19
4	II	44.35	10.40	13.65	8	II	39.86	11.50	12.37	12	III	42.74	10.48	13.02
4	II	40.25	9.20	11.05	8	II	38.53	11.43	12.17	12	III	43.44	10.66	14.16
4	II	39.88	9.27	10.16	8	II	40.90	7.85	9.84	12	III	39.09	10.35	10.52
4	II	38.58	12.04	13.66	8	II	41.38	10.87	12.72	12	III	42.05	11.72	14.76
4	II	39.04	9.54	11.51	8	II	39.20	10.19	13.71	12	III	40.30	10.14	9.93
5	VI	41.36	7.15	8.94	9	VI	39.99	8.95	10.60	13	I	44.07	9.31	12.12
5	VI	42.36	9.38	11.01	9	VI	41.43	10.12	12.75	13	I	42.99	10.80	13.76
5	VI	41.27	8.22	9.82	9	VI	42.86	9.88	10.74	13	I	42.39	11.75	14.65
5	VI	43.39	6.04	8.55	9	VI	43.12	9.78	13.31	13	I	43.55	12.11	16.34
5	VI	43.14	6.96	9.86	9	VI	44.32	9.67	13.16	13	I	45.19	9.89	13.81
5	VI	41.82	7.99	10.81	9	VI	42.26	9.94	10.77	13	I	43.59	10.42	14.88
5	VI	41.29	8.57	10.62	9	VI	40.10	8.96	9.45	13	I	43.99	10.74	14.42
5	VI	39.10	8.75	8.55	9	VI	41.98	9.33	11.93	13	I	45.10	7.60	11.42
5	VI	43.69	9.21	11.81	9	VI	44.01	9.68	12.39	13	I	43.75	12.69	17.45
5	VI	40.85	8.12	10.61	9	VI	43.52	10.62	11.95	13	I	45.47	10.17	13.82
6	III	44.27	8.36	10.08	10	I	41.02	12.23	12.71	14	V	42.71	7.45	11.28
6	III	41.21	10.04	12.07	10	I	40.34	11.68	13.38	14	V	44.18	10.73	14.31
6	III	44.51	10.79	14.42	10	I	41.49	11.47	13.66	14	V	44.13	10.92	15.45
6	III	41.39	10.04	11.07	10	I	41.46	8.03	8.72	14	V	45.24	8.83	11.98
6	III	40.08	10.21	11.56	10	I	39.97	8.90	9.74	14	V	45.09	9.45	14.45
6	III	42.38	9.98	12.37	10	I	41.80	8.80	10.08	14	V	42.94	10.48	13.60
6	III	40.97	8.80	9.55	10	I	41.84	9.48	11.76	14	V	46.21	10.08	13.55
6	III	41.79	10.62	11.48	10	I	40.62	11.12	12.61	14	V	43.20	10.66	14.55
6	III	41.56	7.93	8.78	10	I	41.61	10.72	12.86	14	V	41.48	10.00	12.82
6	III	41.49	9.53	11.22	10	I	40.43	10.64	12.09	14	V	41.66	9.79	12.27

Fortsetzung Tabelle 25: Fleischhelligkeit und Fleischfarbe der Filets im Forellenversuch

Schlachtung zu Fütterungsende (14. Versuchswochen)														
B	B	L	a	b	B	Be	L	a	b	B	Be	L	a	b
3	V	38.53	11.55	13.76	7	IV	41.98	10.08	11.77	11	IV	42.23	12.31	15.19
3	V	39.97	12.37	13.95	7	IV	39.51	10.84	13.06	11	IV	40.14	10.30	13.15
3	V	36.84	11.05	11.92	7	IV	41.88	9.48	12.25	11	IV	41.77	11.40	14.26
3	V	39.55	11.66	14.15	7	IV	39.16	11.49	14.24	11	IV	40.77	10.22	12.93
3	V	38.42	12.53	15.26	7	IV	38.89	13.79	15.84	11	IV	37.58	10.97	12.74
3	V	38.16	9.45	9.29	7	IV	36.52	13.84	15.81	11	IV	40.67	10.42	13.22
4	II	38.55	11.17	13.40	7	IV	40.71	10.31	12.51	11	IV	37.22	12.91	13.89
4	II	38.59	10.96	12.34	7	IV	38.96	9.47	11.93	11	IV	40.61	11.05	13.09
4	II	36.65	12.36	13.14	8	II	40.69	10.19	13.78	11	IV	39.18	10.47	11.65
4	II	38.72	10.58	11.93	8	II	38.75	10.53	12.43	11	IV	39.94	11.99	14.75
4	II	38.68	10.55	11.98	8	II	43.34	10.94	14.38	12	III	41.59	9.26	11.91
4	II	36.97	10.68	12.48	8	II	41.11	12.68	16.25	12	III	38.92	13.45	16.12
5	VI	41.73	10.54	13.11	8	II	39.30	11.04	14.49	12	III	42.62	11.04	14.81
5	VI	41.41	8.71	11.16	8	II	38.59	11.05	15.24	12	III	38.89	12.19	14.41
5	VI	42.69	9.98	13.37	9	VI	38.57	10.86	13.78	12	III	41.08	11.49	13.90
5	VI	42.68	11.07	13.19	9	VI	40.87	10.69	13.78	12	III	39.35	12.17	14.24
5	VI	40.00	13.16	14.97	9	VI	40.23	11.09	14.27	12	III	39.77	7.96	8.74
5	VI	40.46	13.54	16.13	9	VI	40.94	11.15	14.61	12	III	38.86	10.81	11.33
5	VI	42.89	10.53	14.86	9	VI	40.96	12.66	15.97	12	III	40.47	11.01	14.36
5	VI	41.59	9.70	11.98	9	VI	42.38	10.38	13.37	12	III	37.20	10.89	12.00
5	VI	42.68	11.56	15.64	9	VI	42.84	10.15	14.05	12	III	42.17	11.27	14.06
5	VI	38.81	9.80	11.76	9	VI	41.12	10.01	12.73	12	III	39.83	11.35	13.40
5	VI	42.08	10.35	15.30	9	VI	42.55	9.05	12.38	13	I	42.72	9.58	13.11
5	VI	40.91	11.91	15.27	9	VI	42.73	10.69	13.91	13	I	42.02	9.08	11.50
6	III	44.95	11.80	16.80	9	VI	39.76	11.97	15.13	13	I	39.03	12.52	15.47
6	III	39.08	13.58	15.62	9	VI	42.65	9.85	13.60	13	I	41.79	10.27	13.55
6	III	39.88	11.00	14.00	10	I	39.94	12.80	15.25	13	I	43.11	9.44	11.90
6	III	40.18	11.02	13.58	10	I	39.91	11.01	13.51	13	I	42.09	9.27	12.87
6	III	38.23	9.87	11.32	10	I	38.57	10.72	12.22	13	I	40.39	12.20	16.06
6	III	39.74	11.07	14.43	10	I	39.36	9.74	12.21	13	I	40.56	11.33	15.16
6	III	38.90	8.70	11.33	10	I	38.25	8.57	9.76	13	I	38.97	10.89	13.88
6	III	37.49	11.10	13.59	10	I	41.10	10.16	11.65	13	I	39.18	10.47	12.52
6	III	40.82	10.23	14.11	10	I	39.07	10.76	11.96	13	I	38.95	9.97	11.59
6	III	40.67	10.98	14.04	10	I	38.59	13.38	14.90	13	I	43.14	12.70	16.04
6	III	38.44	12.05	13.23	10	I	39.79	9.58	11.19	14	V	40.69	13.83	16.20
6	III	40.36	10.17	12.31	10	I	40.94	9.81	12.00	14	V	44.23	10.68	15.68
7	IV	38.88	14.62	17.15	10	I	42.19	11.17	14.52	14	V	44.77	12.59	17.14
7	IV	38.72	13.37	15.04	10	I	42.12	10.97	13.02	14	V	41.78	11.76	13.09
7	IV	39.94	11.68	12.36	11	IV	39.61	11.67	13.79	14	V	40.39	12.28	15.20
7	IV	39.27	12.23	13.97	11	IV	39.64	13.74	16.79	14	V	40.45	11.76	14.31

Fortsetzung Tabelle 25: Fleischhelligkeit und Fleischfarbe der Filets im Forellenversuch

Schlachtung zu Hälterungsende (20. Versuchswoche)														
B	Be	L	a	b	B	Be	L	a	b	B	Be	L	a	b
3	V	38.39	9.53	11.02	7	IV	38.98	8.57	9.25	11	IV	37.78	11.54	12.96
3	V	38.20	12.52	14.62	7	IV	38.90	11.06	12.40	11	IV	37.94	13.20	14.29
3	V	37.83	11.22	12.79	7	IV	40.22	10.10	10.69	11	IV	39.35	9.69	11.01
3	V	36.39	12.04	12.68	7	IV	37.83	10.07	10.58	11	IV	39.55	8.97	10.29
3	V	39.01	11.43	13.30	7	IV	38.67	9.65	9.55	11	IV	37.40	12.19	13.59
3	V	37.99	12.19	14.31	7	IV	36.51	12.70	14.08	11	IV	36.65	11.82	12.63
4	II	37.27	11.33	13.01	7	IV	41.59	8.37	10.33	11	IV	39.51	10.81	12.29
4	II	37.79	10.58	11.51	7	IV	39.74	12.32	14.12	11	IV	38.58	8.41	9.07
4	II	38.38	13.22	15.68	8	II	37.38	10.22	12.46	11	IV	36.78	10.11	10.67
4	II	37.68	9.85	11.82	8	II	39.64	9.93	13.44	11	IV	39.94	12.09	14.05
4	II	37.88	10.06	10.55	8	II	37.67	10.23	12.23	12	III	41.22	9.80	12.80
4	II	35.63	11.63	12.51	8	II	40.03	9.00	11.64	12	III	35.94	11.14	11.05
5	VI	37.41	12.00	14.51	8	II	39.57	11.48	15.10	12	III	40.52	9.55	11.39
5	VI	39.07	9.97	11.03	8	II	38.84	10.67	11.47	12	III	38.95	11.10	11.94
5	VI	37.91	10.53	12.39	9	VI	38.26	11.47	13.38	12	III	40.82	10.22	12.32
5	VI	38.22	8.51	8.14	9	VI	41.22	11.40	11.51	12	III	37.98	11.20	12.69
5	VI	38.88	10.68	12.69	9	VI	37.41	9.66	9.88	12	III	37.41	9.53	10.09
5	VI	39.29	13.31	16.07	9	VI	38.98	9.44	11.25	12	III	37.46	10.22	11.43
5	VI	37.36	9.53	11.38	9	VI	37.86	12.20	13.89	12	III	37.29	11.29	13.13
5	VI	36.96	11.12	12.24	9	VI	36.33	9.87	11.15	12	III	39.30	10.04	13.66
5	VI	37.75	12.03	14.53	9	VI	38.50	10.49	12.00	12	III	40.36	7.56	8.07
5	VI	34.57	11.28	11.13	9	VI	40.11	9.18	10.71	12	III	41.40	12.10	15.01
5	VI	38.62	10.92	13.40	9	VI	38.85	10.22	10.67	13	I	37.96	11.23	13.28
5	VI	38.59	9.76	9.96	9	VI	37.52	10.63	11.87	13	I	41.10	7.14	9.43
6	III	37.00	12.46	14.42	9	VI	40.04	9.68	11.43	13	I	40.99	7.16	8.50
6	III	42.07	9.64	11.97	9	VI	37.93	9.65	9.90	13	I	43.11	8.84	11.43
6	III	39.50	8.76	9.80	10	I	39.41	12.80	15.25	13	I	41.07	8.49	8.47
6	III	36.56	11.74	12.63	10	I	43.62	11.01	13.51	13	I	38.11	12.07	13.61
6	III	37.49	9.70	10.14	10	I	41.60	10.72	12.22	13	I	39.89	10.08	12.05
6	III	38.42	9.72	11.33	10	I	40.01	9.74	12.21	13	I	37.19	13.20	14.72
6	III	39.75	10.41	12.30	10	I	38.28	8.57	9.76	13	I	38.12	11.55	11.89
6	III	38.87	10.69	11.65	10	I	38.27	10.16	11.65	13	I	36.75	11.53	13.14
6	III	35.49	12.18	13.01	10	I	37.38	10.76	11.96	13	I	38.07	13.38	15.23
6	III	37.85	10.37	11.76	10	I	40.65	13.38	14.90	13	I	35.70	13.58	14.14
6	III	41.24	8.88	11.30	10	I	41.73	9.58	11.19	14	V	41.70	9.55	11.76
6	III	36.09	9.37	10.52	10	I	39.13	9.81	12.00	14	V	40.84	8.09	10.94
7	IV	40.60	12.58	15.11	10	I	40.32	11.17	14.52	14	V	39.82	11.08	12.35
7	IV	42.58	10.94	13.16	10	I	41.33	9.89	11.28	14	V	38.61	11.86	13.55
7	IV	37.91	11.10	11.95	11	IV	40.90	9.14	10.24	14	V	37.78	8.33	9.22
7	IV	40.18	11.58	13.55	11	IV	38.98	8.57	9.25	14	V	37.93	11.21	11.25

Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name: Daniel Maaß
Geburtsdatum: 11.4.1973
Geburtsort: München
Familienstand: verheiratet
Staatsangehörigkeit: deutsch

Schulbildung:

1979 - 1983: Grundschule in München
1983 - 1992: Karlsgymnasium in München
7/1992: Abitur

Hochschulausbildung:

11/1992 - 9/1993: Studium des Maschinenbauwesens an der
Technischen Universität München
11/1993 - 10/1999: Studium der Agrarwissenschaften an der
Technischen Universität München-Weihenstephan,
Fachrichtung Tierproduktion
10/99: Abschluss zum Diplom-Agraringenieur Univ.
seit 11/1999: Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Department für
Tierwissenschaften, Bereich Tierernährung der
Technischen Universität München