

- 3. **Eigene Untersuchungen**
- 3.1. Material und Methoden
- 3.1.1. Tiermaterial und Versuchsablauf

Eine bei den Mastjungtieren im Verhältnis zu den Legejungtieren höhere Anfälligkeit für Herz-Kreislauf-Insuffizienzen soll durch den Vergleich der Wachstumsentwicklung von Herz und Lunge bei genetisch unterschiedlichen und identischen Tieren in Bezug auf verschiedene Körpermasseentwicklungstendenzen untersucht werden. Hierfür wurden die Untersuchungen an insgesamt 210 Tieren aus 3 Versuchstiergruppen zu je 70 Tieren vorgenommen (Legetiergruppe, Masttiergruppe 1, Masttiergruppe 2, siehe Tab. 1). Dabei handelte es sich bei der Legetiergruppe um White-Leghorn-Küken, bei den beiden Masttiergruppen um Küken der Linie Ross 208, männliche und weibliche Tiere in etwa gleichem Verhältnis. Im Zeitraum vom 7. – 52. Lebenstag wurden an 14 Terminen im Abstand von 3 – 4 Tagen jeweils 5 Küken pro Gruppe nach Betäubung getötet. Anschließend wurden Herz und Lunge zur Erfassung quantitativer und histologischer Parameter entnommen. Die in der Legetiergruppe genetisch bedingte als auch in den Masttiergruppen 1 und 2 fütterungsbedingte unterschiedliche Masseentwicklung der Tiere ist in Tab. 1 vermerkt.

Tab. 1 : Zusammenfassung der Versuchsdaten

	Legetiergruppe (LTG)					Masttiergruppe 1 (MTG 1)					Masttiergruppe 2 (MTG 2)				
Linie	White Leghorn					Ross 208					Ross 208				
Tierzahl	70					70					70				
Fütterung (siehe Tab. 2)	Kükenfutter 1					Kükenfutter 1					Kükenfutter 2				
Schlachalter in Lebenstagen	7.	10.	14.	17.	21.	24.	28.	31.	35.	38.	42.	45.	49.	52.	
Tierzahl je Schlachttag und Gruppe	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Durchschnittliche Körpermasse am 52. Lebenstag	580,21 g					1222,32 g					2585,48 g				

3.1.2. Haltungsbedingungen

Die Versuchstiere sind in den Stallungen des Institutes der Veterinär-Pathologie der Freien Universität Berlin, die für tierartgerechte Haltung zugelassen waren, gehalten worden.

Die Aufstallung des gesamten Tiermaterials erfolgte in Bodenhaltung auf Tiefstreu (Hobelspäne mit Sägemehlanteil). Die Besatzdichte betrug dabei zu Beginn des Versuches im Mittel 12 Tiere/m². Durch die Entfernung von jeweils 5 Tieren an den Schlachttagen war dem steigenden Platzbedarf der Tiere durch die Wachstumsentwicklung Rechnung getragen worden.

Für ein gutes Klima in den Haltungsräumen sorgte außerdem eine ständig vorhandene Luftumwälzung. In den zugfreien, wärmegeprägten Räumen fanden die Fütterung und die Beleuchtung nach folgenden Kriterien statt:

a) Fütterung

Die Fütterung der Küken orientierte sich an praxisrelevanten Gegebenheiten.

Die LTG und die MTG 1 erhielten dabei dieselbe kommerzielle, altersabhängig abgestimmte Futtermischung (Kükenfutter 1). Die Tiere der MTG 2 bekamen dagegen eine Futtermischung mit einem höheren Energiegehalt und Rohprotein, die im Institut für Tierernährung der Freien Universität Berlin hergestellt worden war (Kükenfutter 2).

Das Futter und Tränkwasser stand den Tieren ad libitum zur Verfügung.

Die Zusammensetzung und die Inhaltsstoffe der beiden verschiedenen Kükenfutter sind in Tab. 2 aufgelistet.

Tab. 1 zeigt, dass durch das Kükenfutter 2 in der MTG 2 eine bedeutend intensivere Masseentwicklung gegenüber der einer restriktiven Fütterung ausgesetzten MTG 1 erzielt werden konnte.

Tab. 2 : Zusammensetzung und deklarierte Inhaltsstoffe der beiden Kükenfuttermittel

Futtermittel	Kükenfutter 1	Kükenfutter 2
Zusammensetzung	Weizen (geschrotet)	Weizen (geschrotet)
	Mais (geschrotet)	Mais (geschrotet)
	Sojaextraktionsschrot (dampferhitzt)	Sojaextraktionsschrot
	Weizenkleie	Sojaöl
	Erbsen (geschrotet)	Vit.+Spurenelemente-Vorm.
	Gerste (geschrotet)	DL-Methionin
	Tiermehl	L-Lysin
	Luzernegrünmehl	Dikalziumphosphat
	Sbl.extr.schrot (aus teilgeschr. Saat)	Futterkalk
	Kalziumcarbonat	
	Zusatzstoff-Vormischung	
	Kalzium-Natrium-Phosphat	
Energiezahl	11,4 MJ ME/kg	12,8 MJ ME/kg
Inhaltsstoffe	Rohprotein 18,00 %	Rohprotein 21,80 %
	Methionin 0,38 %	Methionin 0,50 %
	Rohfett 2,80 %	Rohfett 8,00 %
	Rohfaser 5,00 %	Rohfaser 3,80 %
	Rohasche 6,50 %	Rohasche 6,30 %
	Kalzium 1,00 %	Kalzium 1,00 %
	Phosphor 0,70 %	Phosphor 0,70 %
	Natrium 0,16 %	Natrium 0,21 %
Zusatzstoffe je kg Futter	Vitamin A 12500 I.E.	Vitamin A 14400 I.E.
	Vitamin D 2500 I.E.	Vitamin D 1400 I.E.
	Vitamin E 25 mg	Vitamin E 48 mg
	Kupfer 15 mg	Kupfer 24 mg

b) Beleuchtung

Es war ein Beleuchtungsprogramm verwendet worden, das sich aus praxisnahen Programmen für die Aufzucht und für die Mast von Küken zusammensetzt, da das Beleuchtungsprogramm nicht in den Versuch als entscheidende Größe einging. Gleichzeitig orientierte sich die Steuerung der Beleuchtungsintensität auch an praxisüblichen Gegebenheiten. Die tägliche Beleuchtungsdauer ist in Tab. 3 angegeben.

Tab. 3 : Tägliche Beleuchtungsdauer

1. - 2. Tag	24 Stunden Licht
3. - 7. Tag	20 Stunden Licht
8. - 52. Tag	18 Stunden Licht

3.1.3. Makroskopische Untersuchungsmethoden

3.1.3.1. Erfassung der Körpermasseentwicklung

In den drei Versuchstiergruppen wurden zu Beginn von fünf der jeweils aufgestellten Eintagsküken nur die Gesamtkörpermasse erfasst. Anschließend waren diese Küken dann wieder in die jeweilig zugehörige Gruppe verbracht worden. Um nun den weiteren sich anschließenden Körpermassezuwachs in den einzelnen Versuchstiergruppen genau dokumentieren und verfolgen zu können, entnahm man immer jeweils 5 Küken aus den drei Versuchstiergruppen an den oben genannten Schlachttagen (siehe Tab. 1) und wog diese einzeln auf einer bereitstehenden mechanischen Waage, die eine Messgenauigkeit von 0,05 g hatte. Die Auswahl der Tiere erfolgte dabei immer zufällig von ein und derselben Person. Gleichzeitig waren dabei die aus den einzelnen Gruppen entnommenen Versuchstiere immer gekennzeichnet worden, um später den Kükenkörpermassen die jeweilig zugehörigen Organmassen sowie -maße zuordnen zu können.

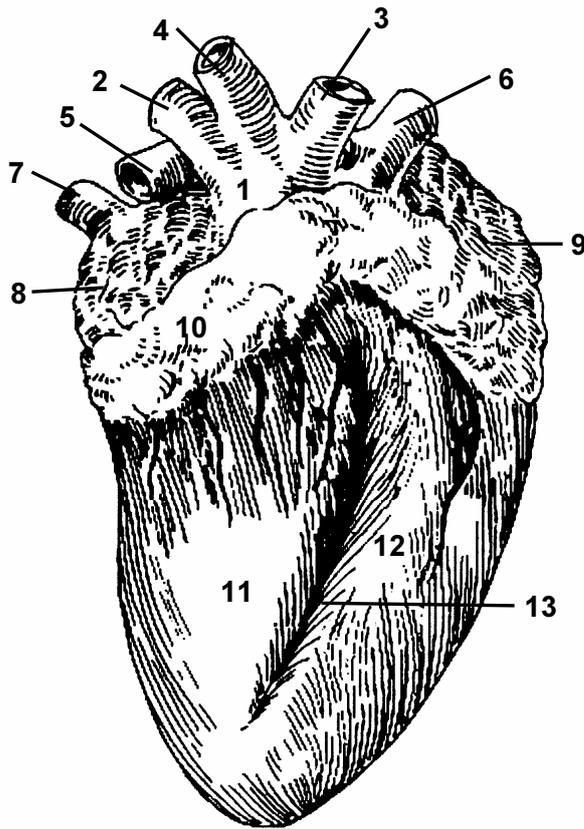
3.1.3.2. Präparationen und Messdatenerfassung

An die unter Betäubung und durch Blutentzug vollzogene Tötung der Küken schlossen sich die Präparation, die makroskopische Untersuchung und die Kennzeichnung der Herzen und Lungen durch ein und dieselbe Person an. Dabei waren die Eröffnung der Tiere und die fachgerechte Organentnahme nach den Vorgaben für die Sektion der Haustiere (DOBBERSTEIN 1946) durchgeführt worden. Weiterhin waren am Herzen das Perikard und die großen Gefäße auf Höhe ihrer Ein- bzw. Austrittsstellen an der Herzbasis entfernt worden. Ein zusätzliches Abspülen der Herzoberfläche mit Wasser beseitigte dann die noch vorhandenen Blutreste und Koagula. Vorkommende Trachearesten an den entnommenen beiden Lungenflügeln sind letztendlich auf Höhe ihrer Eintrittsstelle ins Lungengewebe abgesetzt worden.

Nach diesen Präparationen waren Herzen und Lungen im Kühlschrank bei 1 bis 4 °C ca. 24 Stunden gelagert worden, um die Totenstarre zu umgehen. Anschließend waren dann unter Verwendung einer elektronischen Laborwaage (Messgenauigkeit 0,01 g), einer Messlehre, einem Lineal und einer Sonde an den Herzen und Lungen folgende Messungen und Parametererfassungen durchgeführt worden:

- a) Ermittlung der absoluten Masse beider Lungenflügel.
- b) Ermittlung der absoluten Gesamtherzmasse (mit verbliebenem epi- und myokardialem Fett als integriertem Bestandteil des Herzens).
- c) Messung der Gesamtherzhöhe und maximalen Herzbreite (siehe Abb. 2).
- d) Entfernung der Herzvorkammern durch eine Schnitfführung entlang des Sulcus coronarius und Bestimmung der Masse des abgesetzten Herzteilstückes sowie der Masse beider Herzkammern.
- e) Messen des Abstandes von Herzspitze bis Herzbasis (Sulcus coronarius) (siehe Abb. 2).
- f) Nun erfolgte die Bestimmung der beiden Herzkammerhöhen durch Einführung einer Sonde in die Atrioventricularöffnungen bis zum Grunde beider Herzkammern (untere Begrenzung) und der auf ihr fixierten Markierung des Schnittpunktes mit der Ansatzstelle der Endokardduplikaturen der Valvulae atrioventriculares dextrae bzw. sinistrae, dem Anulus fibrosus des Ostium atrioventriculare dextrum bzw. sinistrum (obere Begrenzung), nach dem Anlegen der Sonde an ein Lineal auf 0,5 mm genau (siehe Abb. 3).
- g) An die Herzkammerhöhenvermessung schloss sich die Ermittlung beider Herzkammervolumina an. Hierbei wurde mit Hilfe einer Insulinspritze Wasser in beide Kammern gegeben, bis sie auf Höhe des Anulus fibrosus der rechten und linken Herzkammer gefüllt waren. Die injizierte Wassermenge wurde dann an der Spritzenskala abgelesen.
- h) Es folgte dann eine Schnitfführung 5 mm apikal der Herzbasis und senkrecht zur Herzachse. An dieser Schnittebene schloss sich nun die Bestimmung der Stärke der rechten und linken Herzkammerwand sowie des Septums interventriculare (Messlehre) an (siehe Abb. 3). Die 3 Messpunkte lagen dabei in der gleichen Ebene.
- i) Zur Gewinnung der freien Wand des rechten Ventrikels wurde von der Facies ventrocranialis aus mit der Schnitfführung im Ostium trunci pulmonalis begonnen. Dann folgte die Führung des Skalpellens dicht am Ansatz des Septum interventriculare entlang dem Sulcus interventricularis paraconalis, der schräg zur Herzachse auf der Facies ventrocranialis von rechts dorsal nach links herzsipitzenwärts verläuft. Nach dem Wechsel auf die Facies dorsocaudalis setzte sich der Schnitt im Sulcus interventricularis subsinuosus von rechts herzsipitzenwärts nach links dorsal herzbasiswärts zum Ausgangspunkt fort (siehe Abb. 3). Es folgte nun die Wägung des Teilstückes zur Feststellung der Masse des rechten Herzventrikels.
- j) An dem tiefsten Punkt des gesamten freien Anteils des rechten Ventrikels wurde dann noch einmal die Dicke der rechten Herzventrikelwand gemessen (siehe Abb. 3).
- k) Nach Abtrennung des rechten Ventrikels konnte nun die Masse des linken Ventrikels (Masse der linken Herzventrikelwand + Septum interventriculare) bestimmt werden.

Abb. 1 : Herz eines Huhnes
(Salomon 1993b)



Facies ventrocranialis (oben)
Facies dorsocaudalis (unten)

- 1 - Aorta ascendens
- 2 - Arcus aortae
- 3 - A. brachiocephalica sinistra
- 4 - A. brachiocephalica dextra
- 5 - A. pulmonalis dextra
- 6 - A. pulmonalis sinistra
- 7 - V. cava cranialis dextra
- 8 - Atrium dextrum
- 9 - Atrium sinistrum
- 10 - Sulcus coronarius
- 11 - Ventriculus dexter
- 12 - Ventriculus sinister
- 13 - Sulcus interventricularis
paraconalis
- 14 - Truncus pulmonalis
- 15 - Aorta descendens
- 16 - Vv. pulmonales
- 17 - V. cava cranialis sinistra
- 18 - V. cava caudalis

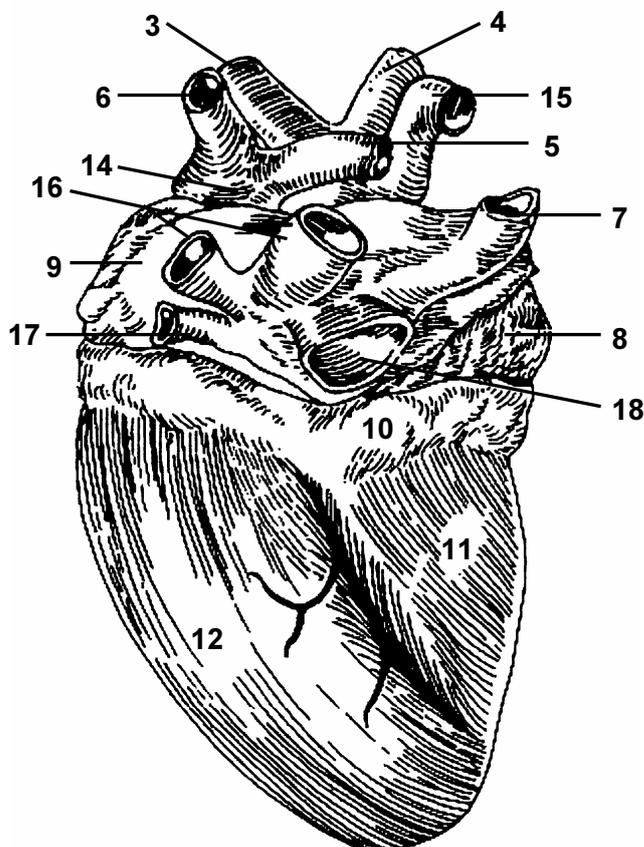
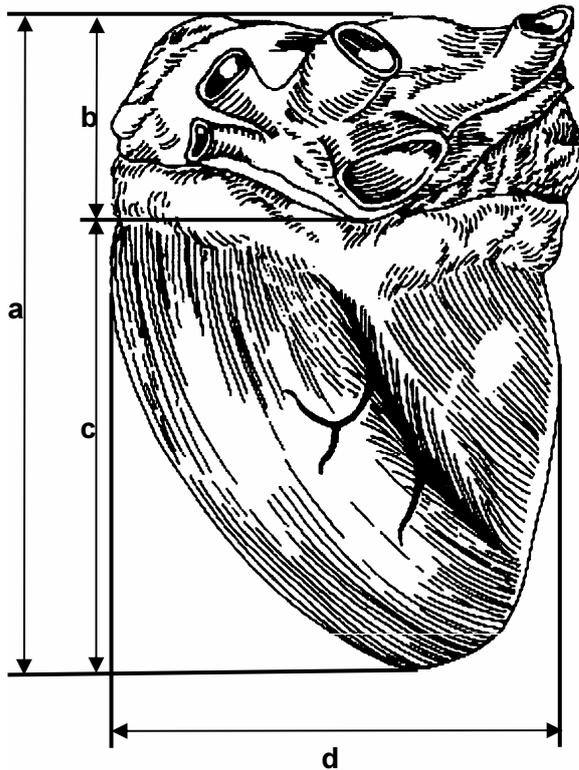
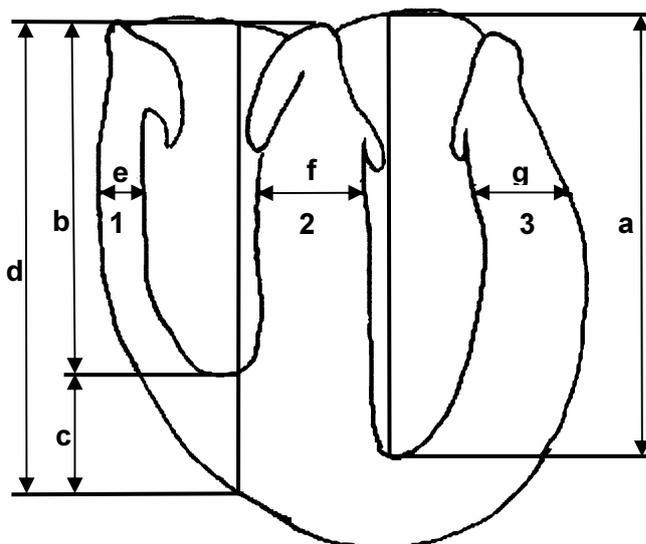


Abb. 2 : erfasste Herzaußenmaße



- a - Gesamtherzhöhe
- b - ($b = a - c$) resultierende Herzvorkammerhöhe
- c - Herzventrikelhöhe (Abstand zwischen Sulcus coronarius u. Apex)
- d - maximale Herzbreite

Abb. 3 : erfasste Herzinne Maße



- a - Höhe der linken Herzkammer
- b - Höhe der rechten Herzkammer
- c - Stärke der rechten Herzkammer am Kammerboden
- d - Höhe des Septum interventriculare
- e, f, g - Breite der entsprechenden Herzventrikelwand
- 1 - rechte Herzventrikelwand
- 2 - Septum interventriculare
- 3 - linke Herzventrikelwand

- l) Die Lösung des Septum interventriculare erfolgte ebenfalls analog entlang der oben beschriebenen Schnittlinie. Die Schnittführung begann im Ostium aortae, setzte sich dabei etwa um Septumdicke zur Schnittführung für die Abtrennung der freien Wand des rechten Ventrikels versetzt zum Sulcus interventricularis paraconalis auf der Facies ventrocranialis fort, wechselte auf die Facies dorsocaudalis und folgte hier dem Sulcus interventricularis subsinuosus bis zum Ostium aortae (siehe Abb. 1). Durch diesen Präparationsschnitt stand nun auch die freie Wand des linken Herzventrikels und das Septum interventriculare separat für die Wägung zur Verfügung. Diese fand unmittelbar nach der Präparation statt, um eventuell zusätzliche Masseverluste durch Verdunstung zu vermeiden.

3.1.3.3. Datenerhebung und ihre Bearbeitung

Auf Grund der oben beschriebenen Vorgehensweise konnte für jedes einzelne Tier folgender Datenblock ermittelt werden:

- Alter
- Körpermasse (KM)
- absolute Gesamtherzmasse (abs. HM)
- Gesamtherzhöhe (GHH)
- Gesamtherzbreite (GHBr)
- absolute Masse der Herzbasis (abs. MHB - absolute Masse beider Herzvorkammern zusammen)
- totale Ventrikelmasse (TVM - absolute Masse beider Herzventrikel zusammen)
- Herzventrikelhöhe (HVH - Abstand zwischen Herzkranzfurche und Apex)
- Höhe der rechten Herzkammer (HRHK)
- Volumen der rechten Herzkammer (Vol.RHK)
- Höhe der linken Herzkammer (HLHK)
- Volumen der linken Herzkammer (Vol.LHK)
- Breite (Wandstärke) der rechten Herzventrikelwand (BrRHVV)
- Bodenwandstärke des freien Anteils des rechten Ventrikels
- Breite (Wandstärke) des Septum interventriculare (BrSi)
- Breite (Wandstärke) der linken Herzventrikelwand (BrLHVW)
- absolute Masse des rechten Herzventrikels (abs. MRHV - absolute Masse der freien rechten Herzventrikelwand)
- absolute Masse des linken Herzventrikels (abs. MLHV = abs. MLHVW + abs. MSi)
- absolute Masse der linken Herzventrikelwand (abs. MLHVW)
- absolute Masse des Septum interventriculare (abs. MSi)
- absolute Masse beider Lungenflügel (abs. MbLF)

In späteren Arbeitsschritten waren dann aus einigen Daten Quotienten und Indizes gebildet worden:

- Die **relative Herzmasse** (rel. HM) ist der Quotient aus absoluter Gesamtherzmasse (abs. HM) und Körpermasse (KM), analog ist die Bestimmung der relativen Massen der Herzteilstücke.

Formel :

$$\text{rel. HM} = \frac{\text{abs. HM}}{\text{KM}}$$

- Der **Herzindex** (STEPHAN 1993) ist der Quotient aus Gesamtherzbreite (GHBr) und Gesamtherzhöhe (GHH).

Formel :

$$\text{Herzindex} = \frac{\text{GHBr}}{\text{GHH}}$$

- Der **Herzventrikelindex** ist der Quotient aus Gesamtherzbreite (GHBr) u. Herzventrikelhöhe (HVH).

Formel :

$$\text{Herzventrikelindex} = \frac{\text{GHBr}}{\text{HVH}}$$

- Die Masse beider Ventrikel wurde zur **totalen Ventrikelmasse** (TVM) zusammengefasst. (nach BOOTH et al. 1966)
- Eine weitere Maßzahl wurde von MEWES (1996) neu gebildet. Es ist der Quotient aus absoluter Masse der Herzbasis (abs. MHB = absolute Masse der beiden Herzvorkammern) und totaler Ventrikelmasse (TVM).

Formel :

$$\text{Quotient der MHB} = \frac{\text{abs. MHB}}{\text{TVM}}$$

- Der **arterielle Druckindex** (ADI) ist der Quotient aus absoluter Masse des rechten Herzventrikels (abs. MRHV - abs. Masse der freien rechten Herzventrikelwand) und totaler Ventrikelmasse (TVM). (nach BOOTH et al. 1966)

Formel :

$$\text{ADI} = \frac{\text{abs. MRHV}}{\text{TVM}}$$

- Der **Ventrikelquotient** (VQ) ist der Quotient aus absoluter Masse des linken Ventrikels (abs. MLHV = abs. MLHVW + abs. MSi) und absoluter Masse des rechten Herzventrikels (abs. MRHV = Masse des freien Anteils des rechten Ventrikels). (REINER et al. (1959), HINRICHS (1989))

Formel :

$$VQ = \frac{\text{abs. MLHV}}{\text{abs. MRHV}}$$

- In Anlehnung an BOOTH et al. (1966) wurde auch die absolute Masse des linken Ventrikels (abs. MLV = abs. MLHVW + abs. MSi) zur totalen Ventrikelmasse (TVM) ins Verhältnis gesetzt.

Formel :

$$\text{Quotient der abs. MLV} = \frac{\text{abs. MLV}}{\text{TVM}}$$

- Weiterhin erfolgte die Berechnung des prozentualen Anteils der beiden Herzvorkammern (HVK) zusammen sowie des rechten und des linken Herzventrikels (RHV und LHV) an der absoluten Herzmasse.
- Die Höhe des Septum interventriculare (HSi) ergab sich aus der Addition von Höhe der rechten Herzkammer (HRHK) und Bodenstärke (Wanddicke) der freien rechten Herzventrikelwand.
- Der Quotient aus Höhe und Breite des Septum interventriculare wurde auch berechnet.
- Die Herzvorkammerhöhe resultierte aus der Differenz zwischen Gesamtherzhöhe (GHH) und Herzventrikelhöhe (HVH)
- weiter erfolgte die zusätzliche Berechnung :
 - des Verhältnisses aus Herzvorkammerhöhe und Herzventrikelhöhe
 - des Verhältnisses aus rechter und linker Herzventrikelwandstärke
 - des Verhältnisses aus Breite des Septum interventriculare und linker Herzventrikelwandstärke
 - der Beziehung aus Volumen und Höhe für jede der beiden Herzkammern

3.1.4. Mikroskopische Untersuchungsmethoden

3.1.4.1. Schnittherstellung von Herz- und Lungengewebe

Nach einer Fixationsdauer von 5 - 8 Tagen in 4%iger Formalinlösung durchliefen für jedes einzelne Tier alle gewonnenen Herzteilstücke sowie der linke Lungenflügel eine Alkoholreihe zur Entwässerung. An diese schloss sich die Paraffineinbettung jeder

einzelnen Probe an. Nach der Einbettung erfolgte dann mit Hilfe eines Schlittenmikrotoms die Herstellung 5µm dicker histologischer Schnitte vom gesamten Probenmaterial. Dabei waren die histologischen Schnitte von der linken und rechten Herzventrikelwand sowie dem Septum interventriculare von der Schnittebene gewonnen worden, die durch den Schnitt 5mm apikal des Sulcus coronarius senkrecht zur Herzachse entstanden war. Die Paraffineinbettung der durch den Längsschnitt durch beide Herzvorkammern entstehenden Hälfte erfolgte so, dass von der Schnittebene der histologische Schnitt hergestellt werden konnte.

Für die histologischen Schnitte der Lungen waren die Schnittebenen so gewählt worden, dass die größtmögliche Lungengewebsflächenausdehnung von kranial nach kaudal erfasst worden war.

Von der rechten und linken Herzventrikelwand, der Herzvorkammerwand, dem Septum interventriculare sowie von der Lunge (linker Lungenflügel) waren histologische Querschnitte nach dem oben beschriebenen Vorgehen gewonnen worden und lagen so als Block pro Tier dann für die nachfolgenden Untersuchungen vor. Alle diese Schnitte unterlagen einer Hämatoxylin-Eosin Färbung. Die Anfertigung der histologischen Schnitte nahm ebenfalls nur eine Person vor.

3.1.4.2. Histologische Untersuchungen des Probenmaterials

Das gesamte zur Verfügung stehende Probenmaterial war dann mit einem biokularen elektrischen Mikroskop der Firma HEILAND bei 10- und 40-facher Vergrößerung histologisch untersucht worden. Bei diesen histologischen Untersuchungen der Herz- und Lungenschnitte waren dann folgende pathologische Veränderungen erfasst und semiquantitativ in Anlehnung an BERGMANN u. GRÄFE (1990), GRÄFE et al. (1990) und BERGMANN et al. (1990) bewertet worden:

- Herz

- rund- und polymorphkernige Zellinfiltrate:

- 0 Zellinfiltrate = –

- 1-5 Zellinfiltrate = +

- 6-10 Zellinfiltrate = + +

Die in den 4 histologischen Schnitten eines Herzens graduell (–, +, + +) erfassten rund- und polymorphkernigen Zellinfiltrate wurden dann weiterhin zu einer Gesamtbewertung pro Herz (–, +, + +) nach folgenden Regeln zusammengefasst:

- traten die Zellinfiltrate nur in einem histologischen Schnitt pro Herz auf, so sank für das Herz die Gesamtbewertung um eine Graduierungsstufe

- traten die Zellinfiltrate in den histologischen Schnitten pro Herz in unterschiedlichen Schweregraden auf, so entsprach der Gesamtschadigungsgrad des Herzens dem höchsten Schweregrad,

- traten die Zellinfiltrate in allen 4 histologischen Schnitten des Herzens in gleichem Schweregrad auf, so erhöhte sich die Gesamtbewertung pro Herz um eine Graduierungsstufe.
- Lunge (linker Lungenflügel)
 - rund- und polymorphkernige, herdförmige Zellinfiltrate :

0	(keine)	Zellinfiltrate = –
1 -15	(gering bis mäßige)	Zellinfiltrate = +
über 15	(massive / hochgradig)	Zellinfiltrate = + +
 - ektope knorpelige und knöcherne Lungenknötchen

0	Lungenknötchen = –
1-5	Lungenknötchen = +
6-10	Lungenknötchen = + +
11-15	Lungenknötchen = + + +
16-20	Lungenknötchen = + + + +
über 20	Lungenknötchen = + + + + +

3.1.5. Statistik

Die statistische Analyse und Auswertung der gewonnenen Messdaten im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen war mit Hilfe des Instituts für Biometrie und Informationsverarbeitung des Fachbereiches Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin durchgeführt worden. Die **Datenaufarbeitung** erfolgte mit dem Tabellenkalkulationsprogramm Excel 5.0. Mit dem Excel-Programm war die Berechnung der Indizes und Quotienten anhand der ermittelten Messwerte möglich und alle so gewonnenen Daten konnten gleich tabellarisch erfasst werden. Messdaten zu einzelnen Merkmalen, die ohne weitere Berechnungen auswertbar waren (z.B. Lebendmasse, absolute Massen, Kammerhöhen und -volumina, Kammerwandstärken), wurden unverändert belassen und mit den zugehörigen errechneten Werten so zusammengestellt, dass eine statistische Auswertung mit Hilfe des Statistikprogrammes SPSS (Statistical Package for the Social Science) für Windows Version 9.0 möglich war. Mit dieser Software erfolgte neben den statistischen Berechnungen auch die Diagrammanfertigung.

Bei der **statistischen Auswertung**, die einen beschreibenden und explorativen Charakter hatte, war am Anfang die Entwicklung der einzelnen Merkmale im Altersverlauf untersucht worden, um Unterschiede zwischen den drei Versuchstiergruppen (Legetiergruppe, Masttiergruppe 1, Masttiergruppe 2) anhand des vorliegenden Datenmaterials erkennen und beschreiben zu können. Dazu erfolgte die graphische Darstellung der einzelnen Messgrößen (gemessene und rechnerisch ermittelte Werte) gegen das Alter in einem **Scatterdiagramm**. Um dabei auffallende Unterschiede in der Altersentwicklung bei den drei Versuchstiergruppen optisch wahrzunehmen, war es nötig, sie farblich verschieden zu kennzeichnen.

Zur weiteren Charakterisierung der gefundenen Strukturen im Datenmaterial (anhand der erstellten Grafik) wurden **Kovarianzanalysen** berechnet, denen ein zweifaktorielles Modell mit Wechselwirkung zugrunde gelegt worden war. In dem verwendeten Modell wurde das jeweils betrachtete Merkmal durch den Faktor Versuchstiergruppe, die Kovariate Alter und die Wechselwirkung zwischen diesen beiden Einflussgrößen erklärt. Diese drei Effekte waren bei der Kovarianzanalyse dann im Vergleich zu der Reststreuung zwischen den Tieren innerhalb einer Richtung, die zum selben Zeitpunkt geschlachtet worden waren, bewertet worden. Hierzu erfolgte die Bestimmung der sogenannten F-Statistik, die sich als Quotient aus dem mittleren Abweichungsquadrat des jeweiligen Faktors und der Reststreuung ergab. Zu diesen F-Statistiken fanden dann noch Berechnungen von Überschreitungswahrscheinlichkeiten statt, sogenannte p-Werte, die angaben, mit welcher Wahrscheinlichkeit der für die Stichprobe ermittelte Wert der F-Statistik rein zufällig zu erwarten war, wenn der betrachtete Faktor in der Grundgesamtheit tatsächlich keinen Effekt hatte.

Im Rahmen der hier durchgeführten Auswertung kann dann von erkennbaren, auffälligen Effekten oder signifikanten Effekten (im Sinne der explorativen Statistik) gesprochen werden, wenn der entsprechende p-Wert kleiner als 0,05 ist. Ergibt sich ein auffälliger Effekt, so bedeutet dies für:

- den Faktor **Versuchsgruppe**, dass bei den vorliegenden Daten ein Unterschied zwischen den Versuchstiergruppen (Legetiergruppe, Masttiergruppe 1, Masttiergruppe 2) zu erkennen war
- die Kovariate **Alter**, dass eine in allen Versuchstiergruppen gleich gerichtete Entwicklung im Altersverlauf zu sehen war
- eine auffällige **Wechselwirkung**, dass die Entwicklung im Altersverlauf in den drei verschiedenen Versuchstiergruppen nicht einheitlich war, sondern sich in den Versuchstiergruppen unterscheidet oder zumindest darin, wie schnell und ausgeprägt Änderungen zu sehen waren.

Zusätzlich erfolgte zur quantitativen Beschreibung der Strukturen im Datenmaterial getrennt für jede Versuchstiergruppe und für das jeweils betrachtete Merkmal in Abhängigkeit vom Alter noch eine Berechnung der Regressionsgeraden. Diese Regressionsgeraden waren dann mit in die Scatterdiagramme eingezeichnet worden. Die dazu berechneten Regressionskoeffizienten sind mit ihren 95%-Konfidenzintervallen und den quantifizierten Reststreuungen im Anhang zu finden. Dabei charakterisiert:

- der **Absolutwert** (y-Achsenabschnitt) das Niveau der Versuchstiergruppe
- der **Steigungskoeffizient** das Ausmaß, in dem sich die Messwerte in Mittel mit dem Alter ändern
- die **Reststreuung**, die verbleibenden Abweichungen der Messwerte von der Regressionsgerade

Für die hier verwendeten Auswertungsverfahren wurde die **Annahme gleicher Streuungsverhältnisse im Altersgang und in den drei Versuchstiergruppen** zugrunde gelegt. Die Reststreuungen einerseits und die Ergebnisse von Tests auf

Varianzhomogenität nach LEVENE (1960), die den Kovarianzanalysen noch vorgeschaltet waren, gaben Hinweise darauf, ob diese Annahme für die hier betrachteten Merkmale zweifelhaft war. Wenn für die Varianzhomogenität die Überschreitungswahrscheinlichkeit $p < 0,01$ war, wurde die Hypothese gleicher Varianzen hier abgelehnt bzw. als zweifelhaft angesehen.

Da alle Merkmale an denselben Versuchstieren ermittelt worden waren und die gefundenen Strukturen daher nicht unabhängig voneinander zu sehen sind, haben die einzelnen Ergebnisse nicht die Aussagekraft, als wenn sie bei unabhängigen Tieren oder sogar in unabhängigen Untersuchungen gefunden worden wären. Die berechneten Überschreitungswahrscheinlichkeiten hatten daher den Sinn, die bei den verschiedenen Merkmalen in den Daten gefundenen Strukturen zu beschreiben und zu vergleichen. Die angegebenen Konfidenzintervalle vermittelten daher nur, wie präzise die jeweils bestimmten Kennzahlen bei den vorliegenden Gruppenumfängen und Streuungsverhältnissen überhaupt bestimmt werden konnten.

Da die in die statistische Auswertung einbezogenen Merkmale alle an denselben Versuchstieren erfasst worden waren und damit mehr oder weniger miteinander zusammenhängen, wird in einem gesonderten Abschnitt (siehe Kap. 3.2.1.4., Seite 101) noch einmal die Frage behandelt werden, in welchem Ausmaß und in welcher Weise Probleme mit den Verfahrensannahmen (**Varianzhomogenität und Linearität der Beziehungen**) sichtbar wurden.

Für die **Korrelationsanalyse** waren **Rangkorrelationskoeffizienten r_s nach SPEARMAN** (LORENZ 1996) berechnet worden, weil dem Wachstumsprozess der Tiere (Körpermasse-, Herz- und Lungenentwicklung) in der Versuchsanordnung das Hauptaugenmerk galt. Es können daher keine linearen Beziehungen zwischen den untersuchten Parametern vorausgesetzt werden. Deshalb war zur Beschreibung der Stärke des Zusammenhanges zwischen den interessierenden Merkmalen der Rangkorrelationskoeffizient r_s nach SPEARMAN ermittelt worden, da er keine lineare Beziehung zwischen den untersuchten Parametern voraussetzt, sondern nur die Stärke des monotonen Zusammenhanges misst. Ergab sich dabei ein Wert von +1, so wurde eine monoton ansteigende Beziehung festgestellt sowie im Falle eines Wertes von -1 eine monoton fallende Beziehung. Die graphische Darstellung der berechneten Beziehungen erfolgte dabei gleichzeitig in Scatterdiagrammen und auch hierbei war nach Versuchstiergruppen (Legetiergruppe, Masttiergruppe 1, Masttiergruppe 2) unterschieden worden, indem die Korrelationskoeffizienten getrennt ermittelt und die Messwertpaare in den Graphiken farblich gekennzeichnet eingetragen wurden. Zur Interpretation der Koeffizienten war dabei dem Vorschlag von SCHLITTEGEN (1996) gefolgt worden, der Korrelationen bei einem Betrag von r_s kleiner 0,5 als „schwach“, zwischen 0,5 und 0,8 (jeweils einschließlich) als „mittel“ und größer als 0,8 als „stark“ bezeichnet. Da Zusammenhänge in den graphischen Abbildungen erst klar erkennbar waren, wenn nach der oben genannten Einteilung eine „starke“ Korrelation vorlag, wurden daher

Scatterdiagramme im Anhang nur für die Merkmalspaare dargestellt, bei denen der Rangkorrelationskoeffizient betragsmäßig größer als 0,8 war.

Die im Rahmen der Untersuchung für jedes einzelne Tier der drei Versuchstiergruppen pro Schlachttag an Herz und Lunge festgestellte **Häufigkeiten spezifischer pathologischer Veränderungen** dienten zur Auswertung und zum Vergleich der Anzahl von Tieren mit den jeweiligen Veränderungen. Zur Verdeutlichung unterschiedlicher Tendenzen und Besonderheiten wurden die Häufigkeitsverteilungen für jede einzelne pathologische Veränderung je Versuchstiergruppe in tabellarischer Form erfasst und anhand des **Chi-Quadrat-Tests** verglichen. Mit Hilfe dieses Tests wurde die Hypothese (Nullhypothese) geprüft, ob in den drei Versuchstiergruppen die Verteilungen der Proben auf die verschiedenen Befundkategorien gleich waren. Die in den vorliegenden Aufteilungen zu sehenden Abweichungen von der hypothetisch gleichen Verteilung fasst dabei die berechnete Chi-Quadrat-Prüfgröße quantitativ zusammen. Die zu ihr angegebene Überschreitungswahrscheinlichkeit, der sogenannte p-Wert, gab an, mit welcher Wahrscheinlichkeit der berechnete Chi-Quadrat-Wert rein zufällig zu erwarten wäre, wenn die Hypothese gleicher Verteilungen tatsächlich gelten sollte. Auf eine unterschiedliche Verteilung in den drei Versuchstiergruppen kann bei der durchgeführten Auswertung dann geschlossen werden, wenn der p-Wert kleiner als das Signifikanzniveau von 0,05 ist und somit die Nullhypothese abgelehnt wird. Während dabei für die rund- und polymorphkernigen Zellinfiltrate in Herz und Lunge die Modifikation des Chi-Quadrat-Tests nach Craddock und Flood (1970), die berücksichtigt, dass ein paar Zelleneinträge recht klein sind, angewendet wurde, war bei den ektopen knorpeligen und knöchernen Knötchen in der Lunge die Modifikation des Chi-Quadrat-Tests nach HALDANE-DAWSON (1940), die außerdem berücksichtigt, dass die Tabelle mehr als 5 Zeilen (d.h. Kategorien für die Verteilung) enthält, benutzt worden.

Für die Anteile der rund- und polymorphkernigen Zellinfiltrate in den verschiedenen Herzteilstücken der drei Versuchstiergruppen wurden weiterhin **95%-Konfidenzintervalle** mit Angabe der unteren- und oberen Grenze berechnet (SACHS 1997), um auftretende Unterschiede zwischen den drei Versuchstiergruppen statisch abzusichern. Dabei basieren die Berechnungen auf der Annahme einer Binomialverteilung für die sogenannte „Anzahl der rund- und polymorphkernigen Zellinfiltrate“ bei den 70 untersuchten Herzteilstücken in den jeweils drei Versuchstiergruppen.

Da zur Untersuchung und Beurteilung der drei Versuchstiergruppen eine Fülle von Daten gesammelt und ausgewertet wurden, die Darstellung aller Einzelergebnisse aber der Übersichtlichkeit des Ergebnisteiles abträglich wäre, befindet sich ein Großteil der erfassten Daten und Einzelergebnisse sowie ein Teil der graphischen Abbildungen im Anhang.

3.1.6. NOMENKLATUR

Hinsichtlich der anatomischen und histologischen Termini technici waren die Nomina Anatomica Avium (1993) verwendet worden.

- 3.2. Ergebnisse
- 3.2.1. Ergebnisse der quantitativen makroskopischen Untersuchungen und Messwerterhebungen
- 3.2.1.1. Körpermasse (KM)

Die Durchschnittskörpermasse der Eintagsküken in allen drei Versuchstiergruppen lag nach dem Schlupf bei etwa 38g (Anhang Tab. 1a - c). Aus der Abb. 4 ist ersichtlich, dass sich dann im Hinblick auf die Körpermasseentwicklung bei den drei Versuchstiergruppen deutlich voneinander unterscheidbare Tendenzen ergaben. Die Küken der MTG 2 hatten dabei während des gesamten Versuchszeitraumes die größten Körpermasseszunahmen im Vergleich zu den anderen beiden Versuchstiergruppen. Im Wachstumsprozess zeichnete sich der deutlichere Massezuwachs bei der MTG 2 beginnend mit dem 10. Lebenstag gegenüber den anderen beiden Versuchstiergruppen ab. Zwischen den Küken der MTG 1 und der LTG war eine sich unterscheidende Massezunahme mit dem 21. - 27. Lebenstag erkennbar. Die bei der Körpermasseentwicklung auftretenden Unterschiede zwischen den drei Versuchstiergruppen vergrößerten sich mit fortschreitendem Alter. Gleichzeitig nahm die Streuung der einzelnen Körpermassewerte in den drei Versuchstiergruppen mit steigendem Alter zu, wobei in der MTG 2 mit den größten Körpermasseszuwächsen auch die größten Streuungseffekte zu finden waren. Die Körpermassestreueung zeigte so die individuelle Spannweite bei diesem Leistungsparameter, was auf die individuellen, wie auch die geschlechtsbedingten Entwicklungstendenzen jedes einzelnen Tieres zurückzuführen war.

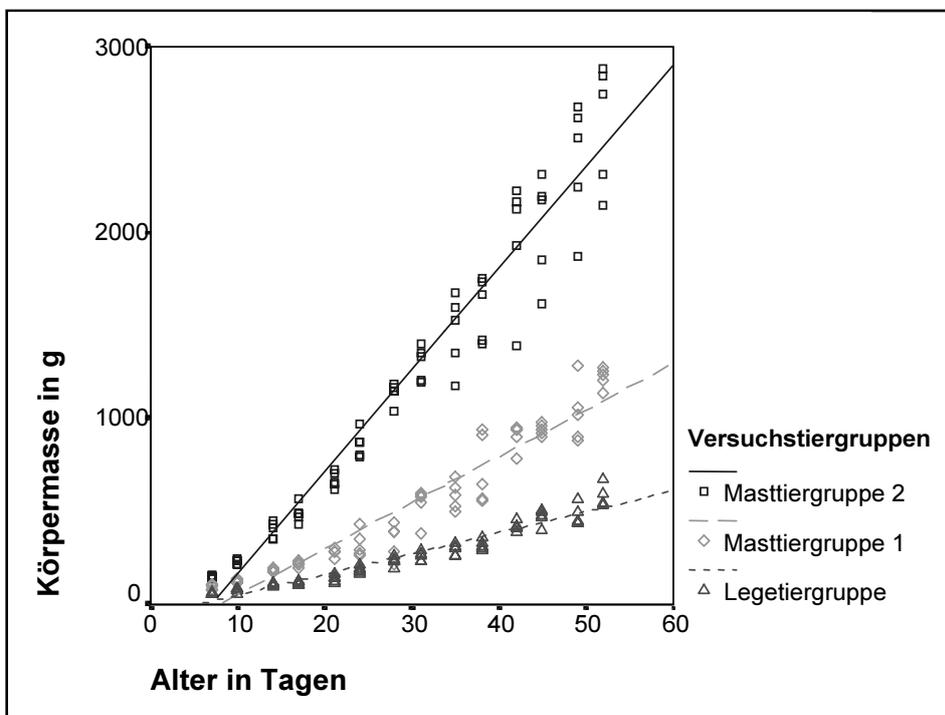


Abb. 4 : Entwicklung der Körpermasse (KM) bei den drei Versuchstiergruppen vom 1. - 52. Tag

3.2.1.2. Herz

3.2.1.2.1. Absolute und relative Masse des Herzens sowie seiner Teilstücke

Die absoluten Herzmassen erwiesen sich als geeignet, um die Größenverhältnisse an den untersuchten Herzen zu analysieren. Zur weiteren Beurteilung der Leistungsfähigkeit des Herzens war es erforderlich, neben den erfassten absoluten Herzmassen besonders auch die rechnerisch ermittelten relativen Herzmassen heranzuziehen, da durch sie die Beziehung zwischen Körper- und Herzmasse dargestellt wird. Es konnte so festgestellt werden, ob sich die Entwicklung der Herzmasse mit der Entwicklung der Körpermasse deckte.

3.2.1.2.1.1. Absolute Masse des Gesamtherzens und seiner Teilstücke

Die graphischen Darstellungen zur Entwicklung der absoluten Herzmasse und der absoluten Massen der einzelnen Herzteilstücke in Abb. 5 - 10 zeigen bei allen drei Versuchstiergruppen einen ähnlichen Verlauf. Die MTG 2 hatte dabei im Altersgang die größten Zunahmen im absoluten Massebereich des Herzens und der einzelnen Herzteilstücke gegenüber der MTG 1 und der LTG (Anhang Tab. 2 - 8), die in enger Beziehung zu den ermittelten Körpermassezuwächsen in den drei Versuchstiergruppen zu sehen war. Diese Masseunterschiede am Herzen zwischen der MTG 2 und der MTG 1 sowie der LTG begannen etwa ab dem 7. - 10. Lebenstag. Dagegen bewegten sich die Masseentwicklungen am Herzen in der MTG 1 und der LTG erst mit dem 17. - 21. Lebenstag etwas deutlicher auseinander. Die Unterschiede zwischen den drei Versuchstiergruppen bei den absoluten Massen des Herzens und seiner Teilstücke stiegen im weiteren Versuchsverlauf bis zum 52. Lebenstag an. Die Streuung der einzelnen Werte der absoluten Masse des Herzens sowie der Teilstücke nahm mit steigendem Alter während des Wachstums zu. Dabei war auffällig, dass sich diese Streuung der Massewerte in der MTG 2 ab einem ungefähren Alter von 14 - 17 Lebenstagen und in der MTG 1 ab einem ungefähren Alter von 21 - 24 Lebenstagen im Unterschied zu der LTG verstärkte. Die zunehmende Streuung der Massewerte des Herzens und seiner Teilstücke in den beiden Masttiergruppen deutete auf sich ändernde Bedingungen im Herz-Kreislauf-System bei zunehmendem Massewachstum hin.

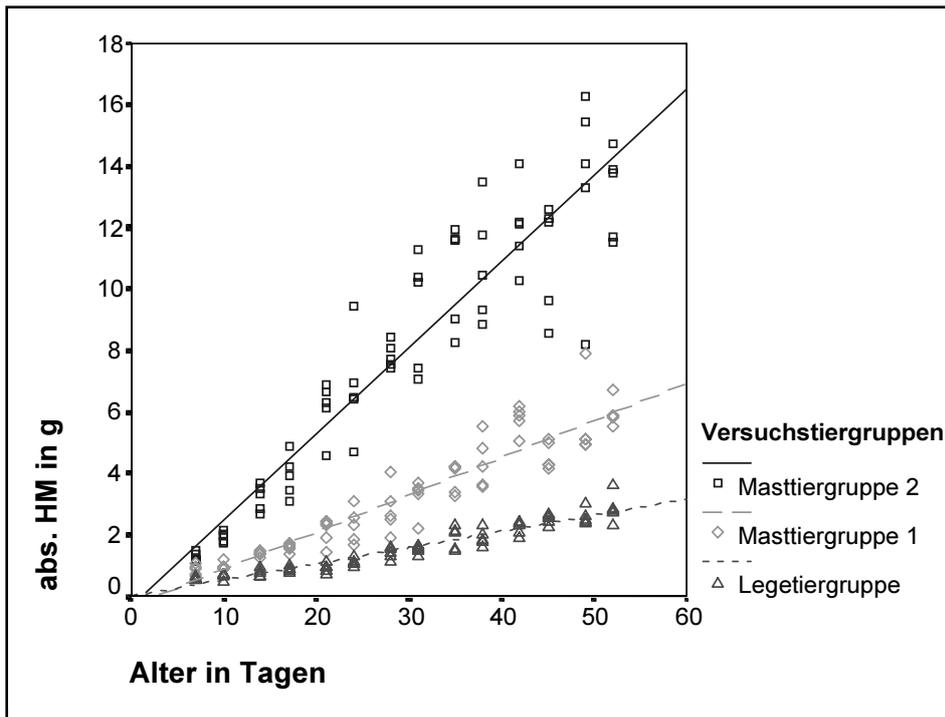


Abb. 5 : Entwicklung der absoluten Gesamtherzmasse (abs. HM) in jeder Versuchstiergruppe vom 7. - 52. Tag

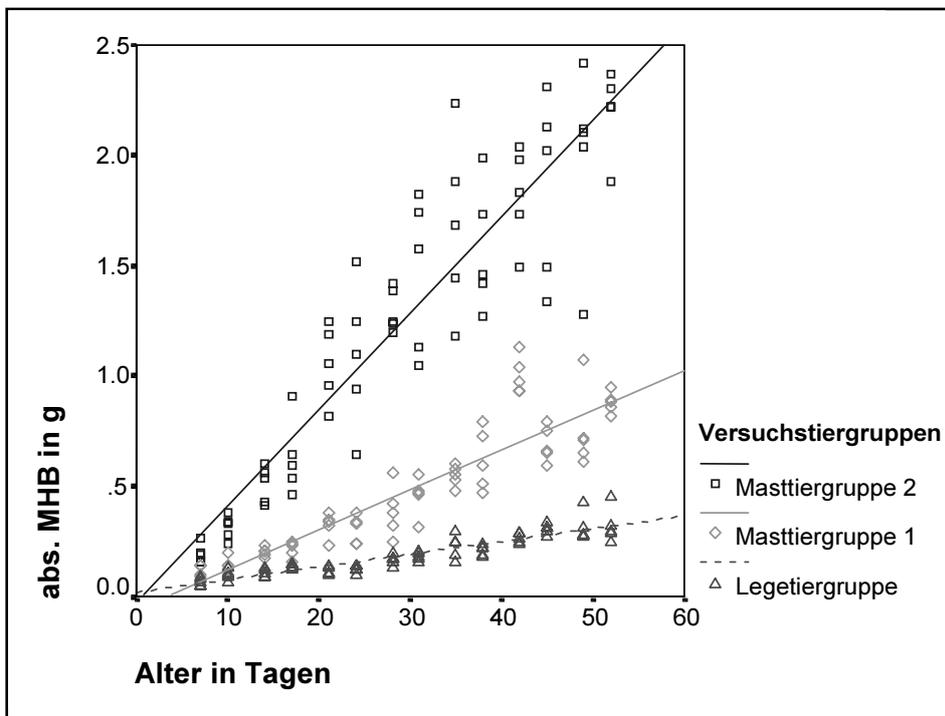


Abb. 6 : Entwicklung der absoluten Masse der beiden Herzvorkammern (abs. MHB) in jeder Versuchstiergruppe vom 7. - 52. Tag

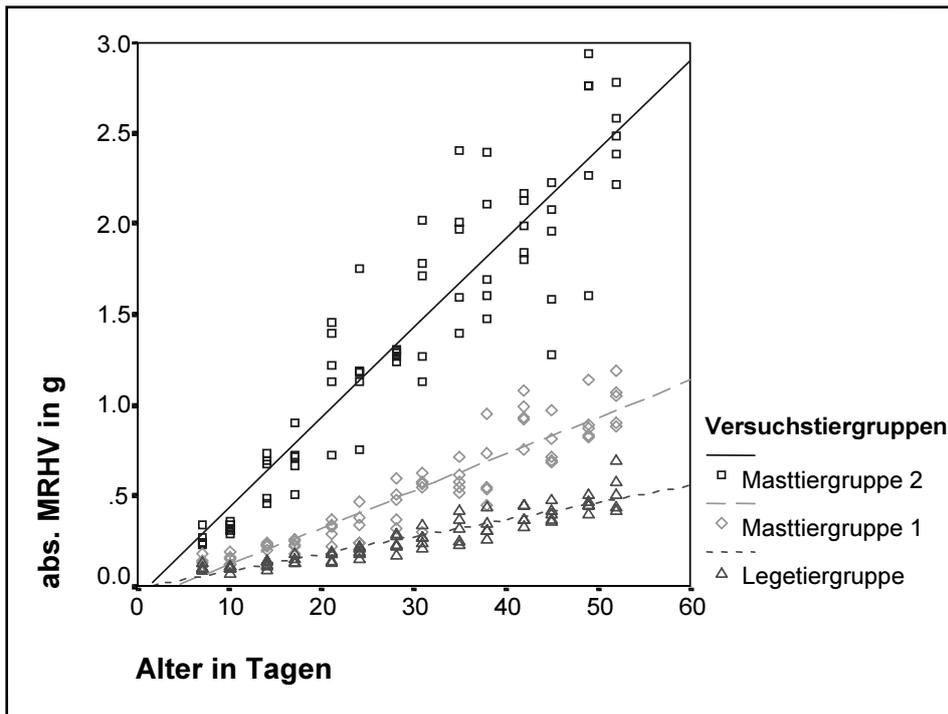


Abb. 7 : Entwicklung der absoluten Masse des rechten Herzventrikels (abs. MRHV) in jeder Versuchstiergruppe vom 7. - 52. Tag

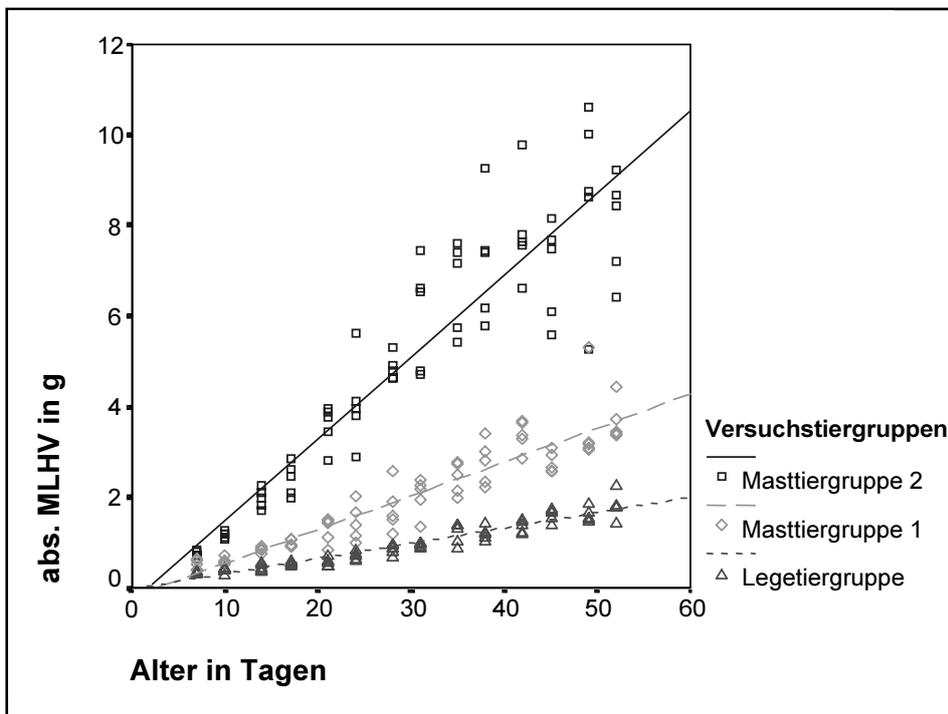


Abb. 8 : Entwicklung der absoluten Masse des linken Herzventrikels (abs. MLHV) in jeder Versuchstiergruppe vom 7. - 52. Tag

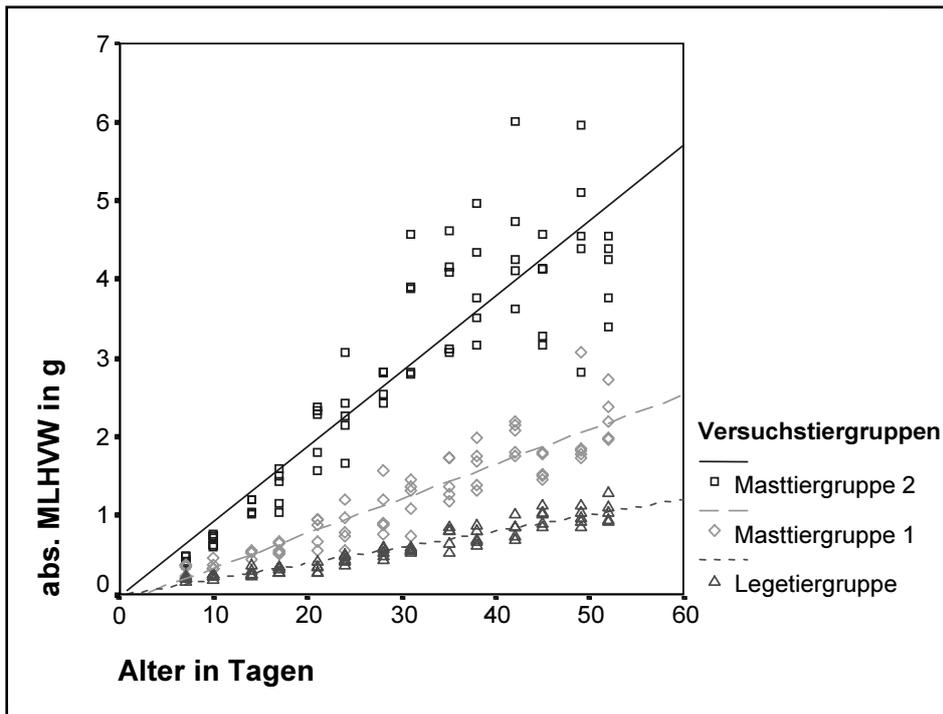


Abb. 9 : Entwicklung der absoluten Masse der linken Herzventrikelwand (abs. MLHW) in jeder Versuchstiergruppe vom 7. - 52. Tag

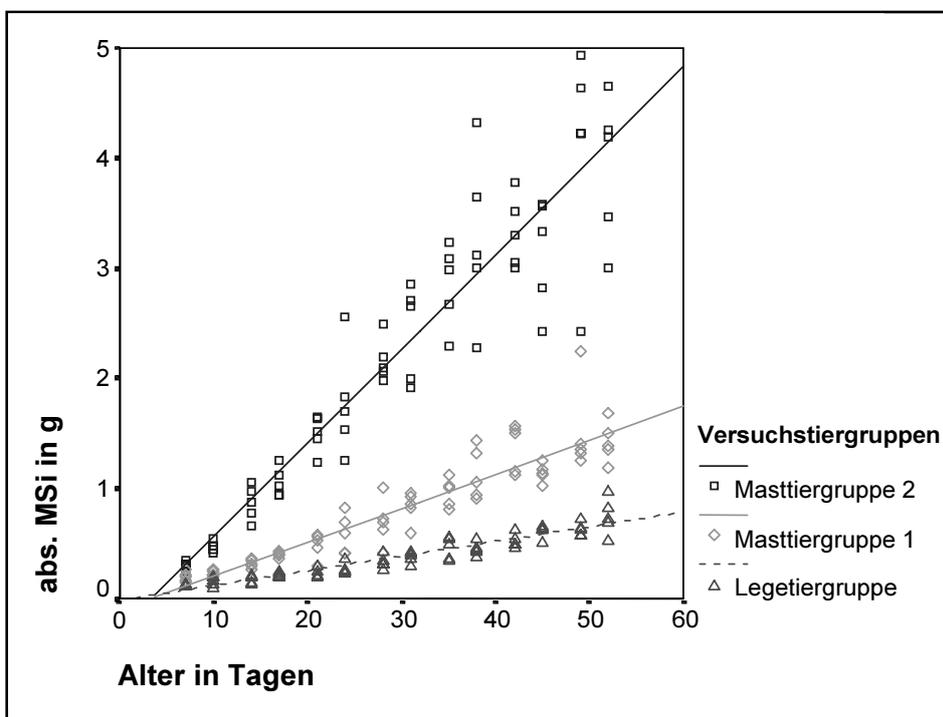


Abb. 10 : Entwicklung der absoluten Masse des Septums interventriculare (abs. MSi) in jeder Versuchstiergruppe vom 7. - 52. Tag

3.2.1.2.1.2. Relative Masse des Gesamtherzens und relative Masse seiner Teilstücke

a) Relative Gesamttherzmasse (rel. HM)

Die relative Gesamttherzmasse (Abb. 11) unterschied sich bei den drei Versuchstiergruppen im Mittel signifikant, wobei die höheren Mittelwerte der MTG 2 auf eine größere Beanspruchung und Leistungsanforderung des Herzens im Vergleich zu den niedrigeren in der MTG 1 und der LTG hindeuteten. In allen drei Versuchstiergruppen nahm die relative Gesamttherzmasse im Altersgang signifikant ab und wies dazu fast identisch negative Steigungen auf. Die Regressionsgeraden verlaufen fast parallel (Anhang Tab. 10 a - c). Dabei zeigen sich Abweichungen von einem linearen Verlauf in allen drei Gruppen. Während in der MTG 2 zwischen dem 14. und 31.(35.) Tag Abweichungen nach oben (konvexförmig) auffallen, sind in der LTG eher Abweichungen nach unten (konkavförmig) zu sehen. Die relative Masse des Herzens der MTG 1 verhielt sich im gleichen Zeitrahmen zur LTG ähnlich wie die MTG 2, aber lag vom Niveau her zwischen den beiden anderen Versuchstiergruppen. Dies verdeutlichte eine zeitlich begrenzte, tendenziell entgegengesetzt gerichtete Herzmasseentwicklung im Verhältnis zur Körpermasse bei den beiden Masttiergruppen im Verhältnis zu der LTG.

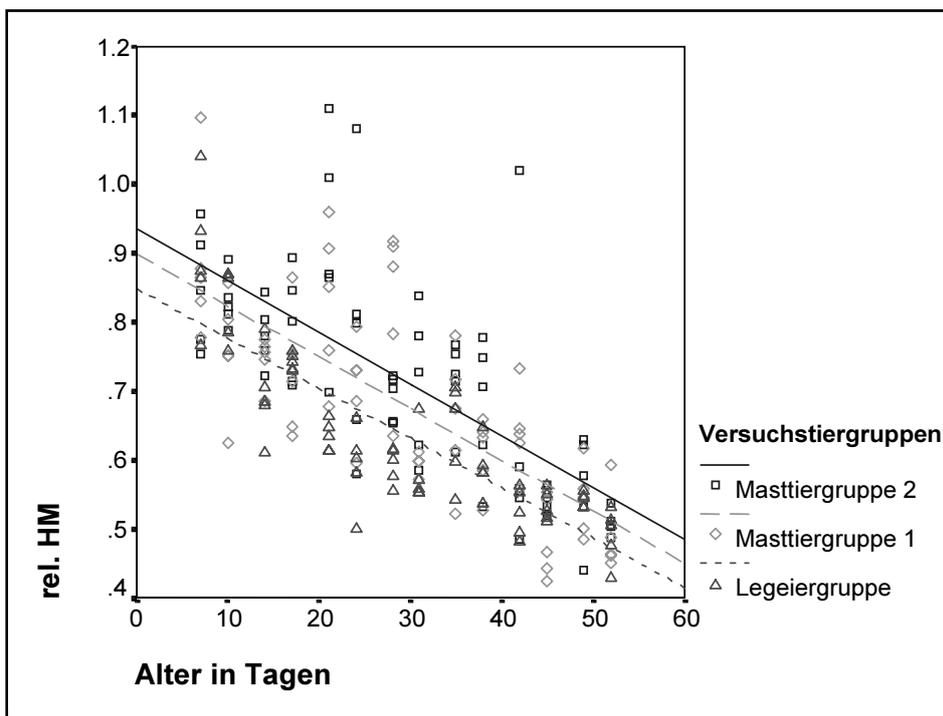


Abb. 11 : Entwicklung der relativen Gesamttherzmasse (rel. HM) in jeder Versuchstiergruppe vom 7. - 52. Tag

b) Relative Masse der Herzbasis
 (rel. MHB – rel. Masse beider Herzvorkammern)

Bei der relativen Masse der Herzbasis (Abb. 12) fanden sich signifikante Unterschiede hinsichtlich der Mittelwerte in den drei Versuchstiergruppen. Im Altersgang fielen die relativen Massen der Herzbasis bei den drei Versuchstiergruppen im Mittel signifikant mit Steigungskoeffizienten in annähernd gleicher Größenordnung ab (Anhang Tab. 11 a - c). Die MTG 2 hatte dabei im Altersverlauf die höchste relative Masse der Herzbasis, gefolgt von der der MTG 1 und der der LTG. Diese höhere Masseentwicklungen bei der Herzbasis im Vergleich zur Körpermasse bei den beiden Masttiergruppen deutete auf ihre hier stärkere Einbindung in den gesamten Herzzyklus hin (größere Beanspruchung und Leistungsfähigkeit). Dagegen hatte die Herzbasis bei der LTG eine eher geringere Bedeutung in Herzzyklus, wodurch ihre Masse im Verhältnis zur Körpermasse tendenziell etwas schneller im Zeitraum vom 10. - 31. Lebenstag abfiel als bei den beiden Masttiergruppen, um dann das erreichte Niveau danach zu halten.

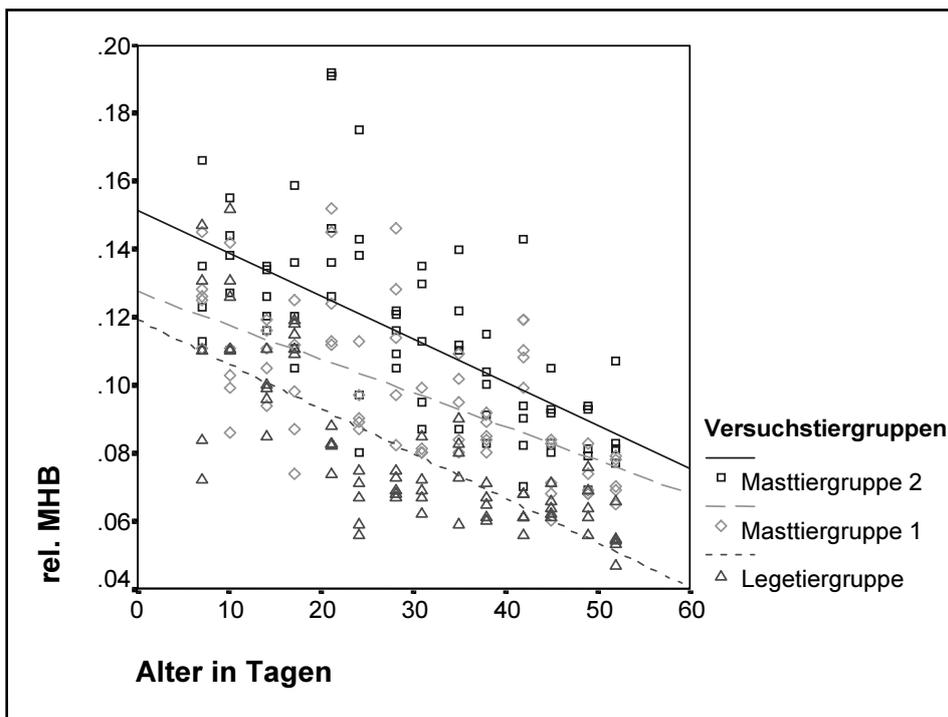


Abb. 12 : Entwicklung der relativen Masse der Herzbasis (rel. MHB) in jeder Versuchstiergruppe vom 7. - 52. Tag

c) Relative Masse des rechten Herzventrikels
 (rel. MRHV – relative Masse der freien rechten Herzventrikelwand)

Die Abb. 13 zeigt für die Mittelwerte der relativen Masse des rechten Herzventrikels der drei Versuchstiergruppen einen auffallenden Unterschied. Die größten relativen Massen für den rechten Herzventrikel fanden sich dabei in der MTG 2, gefolgt von der LTG sowie der MTG 1 (beide waren aber nahezu gleich groß). Diese im Verhältnis zur Körpermasse höhere Masseentwicklung beim rechten Herzventrikel in der MTG 2 kann Ausdruck einer hier vorhandenen höheren Belastung (erhöhter Arbeitswiderstand im Lungenkreislauf) im Vergleich zu den beiden anderen Versuchstiergruppen sein. Im Altersgang der drei Versuchstiergruppen nahm die relative Masse des rechten Herzventrikels signifikant ab. Alle drei Regressionsgeraden hatten zwar im Verlauf der Altersentwicklung eine negative Steigung, aber diese war im Einzelnen unterschiedlich stark ausgeprägt, das heißt eine signifikante Wechselwirkung zwischen Versuchstiergruppe und Alter war erkennbar (Anhang Tab. 12 a - c). Der in der MTG 2 bei der relativen Masse des rechten Herzventrikels auftretende schnellere Abfall besonders in den ersten 3 - 4 Lebenswochen im Vergleich zur MTG 1 und LTG zeigte die vorhandene begrenzte Fähigkeit des rechten Herzventrikels, auf im Lungenkreislauf vorherrschende Bedingungen zu reagieren. Die daneben fast deckungsgleichen Regressionsgeraden der LTG und der MTG 1 in der Grafik weisen demgegenüber auf vergleichbar stabilere Lungenkreislaufverhältnisse in diesen beiden Versuchstiergruppen hin.

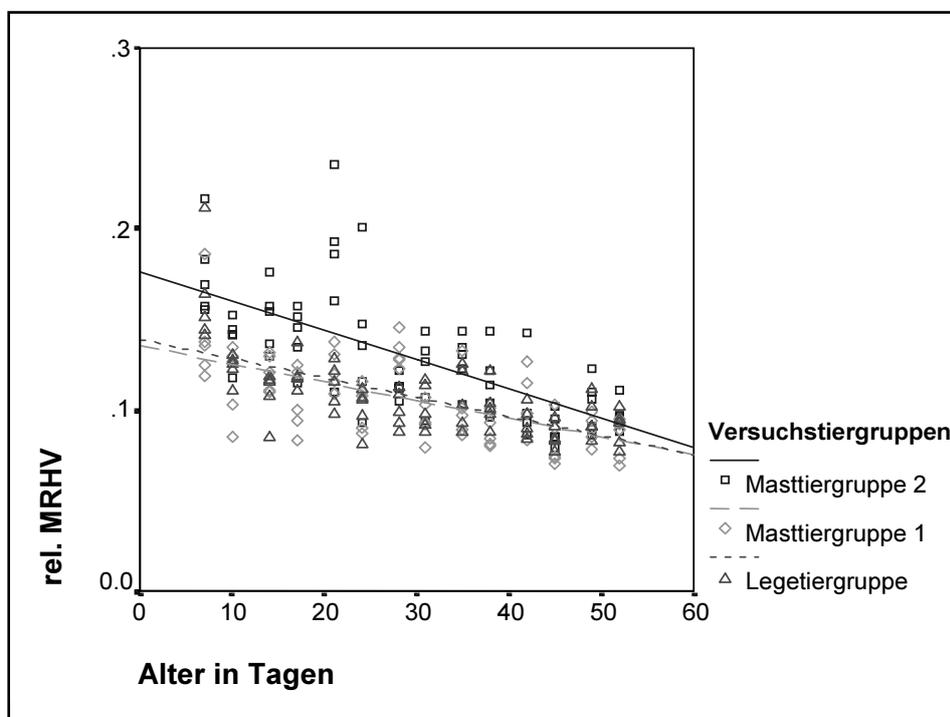


Abb. 13 : Entwicklung der relativen Masse des rechten Herzventrikels (rel. MRHV) in jeder Versuchstiergruppe vom 7. - 52. Tag

d) Relative Masse des linken Herzventrikels (rel. MLHV = relative Masse der linken Herzventrikelwand + relative Masse des Septum interventriculare)

Bei der relativen Masse des linken Herzventrikels kamen in Abb. 14 signifikante Mittelwertsunterschiede zwischen den drei Versuchstiergruppen vor. Vom Niveau her erreichte dabei die MTG 2 den höchsten Mittelwert und die LTG den kleinsten, was für eine stärkere Leistungsfähigkeit (höhere Volumen- und Druckarbeit) des linken Herzventrikels bei der MTG 2 im Vergleich zur MTG 1 und LTG sprach. Die drei berechneten Regressionsgeraden zeigten im Altersgang alle eine signifikante Abnahme, wobei die negativen Steigungen fast übereinstimmten (Anhang Tab. 13 a - c). In allen drei Gruppen sind dabei Abweichungen vom linearen Verlauf erkennbar. In der Grafik fällt eine tendenzielle Divergenz im Werteverlauf der relativen Masse des linken Herzventrikels zwischen dem 14. und 31.(35.) Tag bei der MTG 2 (konvexförmig) und der LTG (konkavförmig) auf. Die relative Masse des linken Herzventrikels der MTG 1 hatte dabei einen tendenziell ähnlichen Verlauf wie die MTG 2, wobei sie vom Niveau her zwischen dem der MTG 2 und der LTG lag. Im erwähnten Zeitrahmen führten die höheren Arbeitsleistungen des linken Herzventrikels bei den Masttieren im Vergleich zur LTG zu einer hier stärkeren relativen Massezunahme.

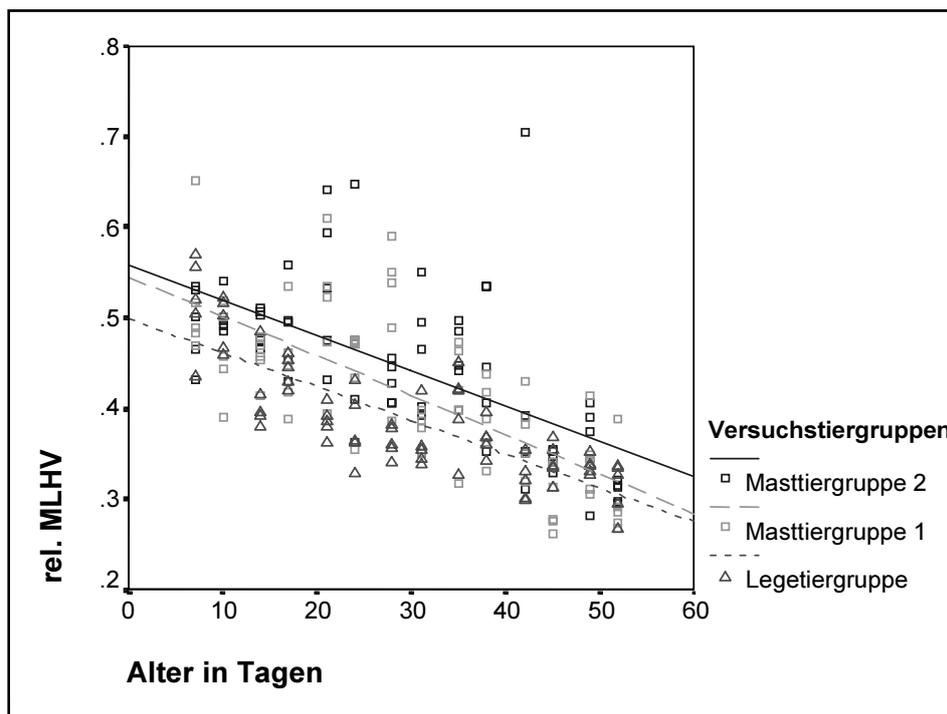


Abb. 14 : Entwicklung der relativen Masse des linken Herzventrikels (rel. MLHV = rel. MLHVW + rel. MSi) in jeder Versuchstiergruppe vom 7. - 52. Tag

e) Relative Masse der linken Herzventrikelwand (rel. MLHVW)

Bei den drei Versuchstiergruppen unterschied sich die relative Masse der linken Herzventrikelwand (Abb. 15) im Mittel zu Anfang signifikant, wobei die Mittelwerte der MTG 1 und 2 (beide waren nahezu gleich groß) zu Anfang höher lagen als die der LTG. Die höhere Leistungsbeanspruchung der linken Herzventrikelwand bei den Masttieren (größere Volumen- und Druckarbeit) führte so anfangs zu einer im Vergleich zu den Legetieren stärkeren Massezunahme. Die relative Masse der linken Herzventrikelwand nahm in allen drei Versuchstiergruppen im Altersgang signifikant ab und wies fast identische negative Steigungen auf. Der Verlauf der Geraden ist daher beinahe parallel (Anhang Tab. 14 a - c). Abweichungen vom linearen Verlauf sind dabei in allen drei Gruppen erkennbar. So ergab sich zwischen der LTG und den beiden Masttiergruppen ein tendenziell etwas unterschiedlicher Verlauf. Bei der LTG fiel etwa bis zum Ende der 3. Lebenswoche die relative Masse der linken Herzventrikelwand ab, um dann auf einem annähernd gleichen Niveau zu bleiben. Ab dem genannten Zeitpunkt ließ sich so für die linke Herzventrikelwand eine konstant bleibende Arbeitsleistung im Wachstumsprozess ableiten. Dagegen zeichnete sich bei beiden Masttiergruppen anfangs ein tendenzieller Anstieg mit anschließendem Abfall der Werte vom etwa 17. Lebenstag an ab. Diese bei den Masttieren im Versuchsablauf sich tendenziell abzeichnende relative Masseentwicklung deutete auf eine höhere, aber zeitlich begrenzte stärkere Arbeitsleistung der linken Herzventrikelwand hin.

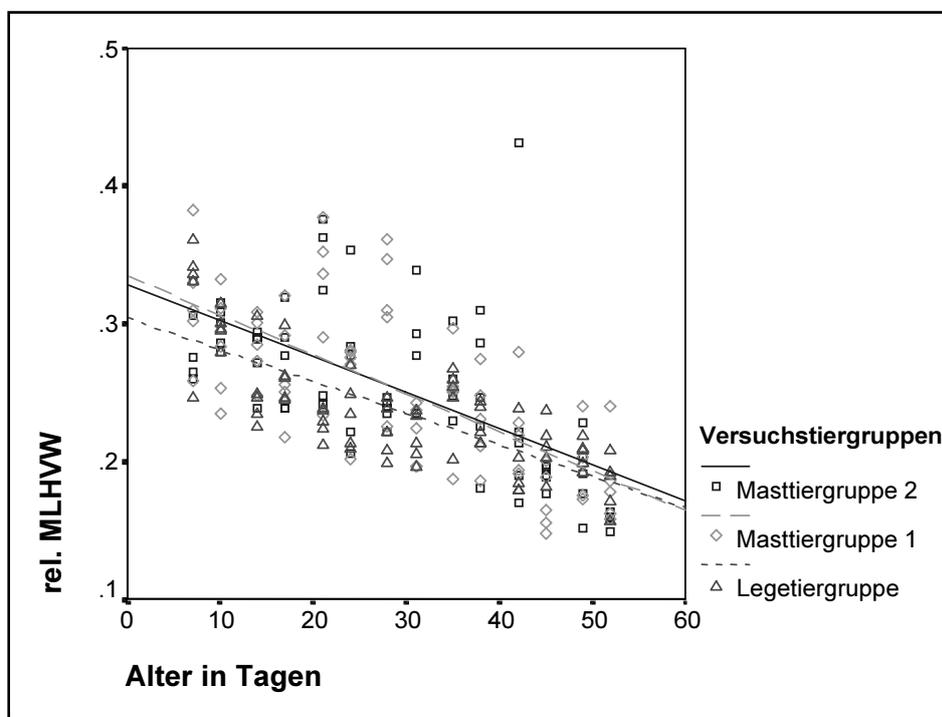


Abb. 15 : Entwicklung der relativen Masse der linken Herzventrikelwand (rel. MLHVW) in jeder Versuchstiergruppe vom 7. - 52. Tag

f) Relative Masse des Septums interventriculare (rel. MSi)

Für die relative Masse des Septum interventriculare der drei Versuchstiergruppen (Abb. 16) war im Mittel ein signifikanter Unterschied festgestellt worden. Hierbei lagen die Werte der MTG 2 sowie die sich daraus ableitende Regressionsgerade am höchsten, während die LTG demgegenüber eine geringere relative Masse des Septum interventriculare ausbildete. Das Septum interventriculare der MTG 2 zeigte so seine gewachsene Leistungsfähigkeit gegenüber dem der anderen beiden Versuchstiergruppen an. Die höheren relativen Septummassen in der MTG 2 spiegelten dabei auch seine größere funktionelle Bedeutung im Zusammenspiel aller drei Herzventrikelabschnitte beim Herzzyklus im Unterschied zu der MTG 1 und der LTG wieder. Mit fortschreitendem Alter verringerte sich die relative Masse des Septum interventriculare in allen drei Versuchstiergruppen signifikant. Die negative Steigung aller drei Regressionsgeraden war dabei nahezu gleich groß (Anhang Tab. 15 a - c).

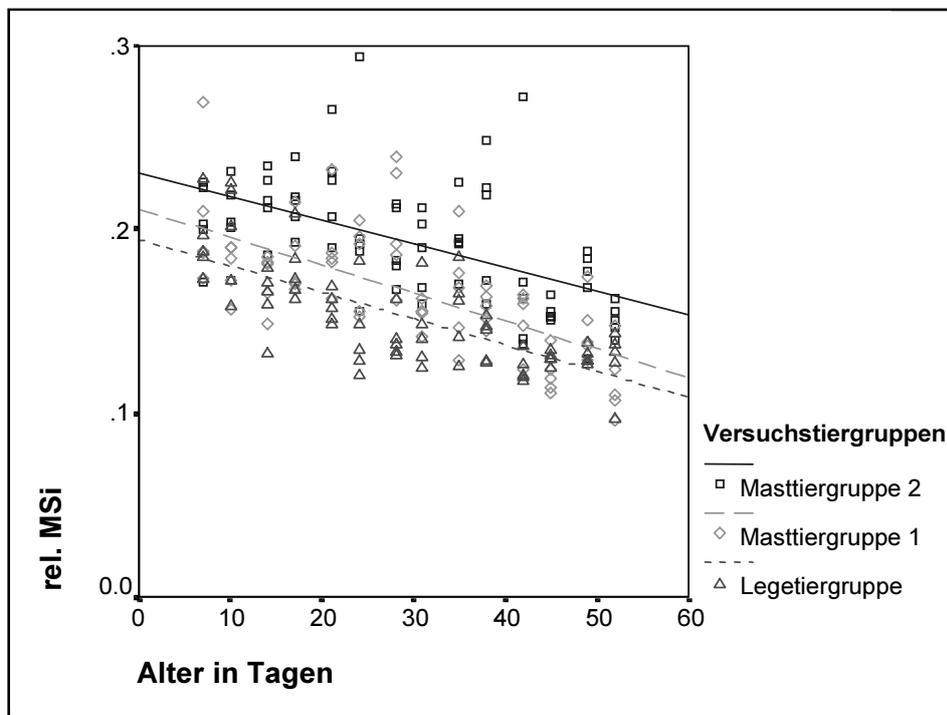


Abb. 16 : Entwicklung der relativen Masse des Septums interventriculare (rel. MSi) in jeder Versuchstiergruppe vom 7. - 52. Tag

3.2.1.2.1.3. Herzwachstumsrate α

Die Herzwachstumsrate α reflektiert, ob das Wachstum des Herzens dem des gesamten Körpers entspricht. α ist die sich aus der allometrischen Formel ($y = b \cdot x^\alpha$) ergebene Neigung der Funktion auf den doppelt logarithmierten Skalen, welche die Organwachstumsrate (y-Achse) in Abhängigkeit vom Körperwachstum (x-Achse) darstellt.

Die in Abb. 17 dargestellte Herzwachstumsrate steigt bei allen drei Versuchstiergruppen positiv über den gesamten Zeitraum an, wobei alle drei Geraden nahezu parallel verlaufen. Die Gerade für MTG 2 erreicht dabei das höchste Niveau, gefolgt von der der MTG 1 und der der LTG, die eine vergleichbare Neigung wie die beiden anderen Geraden aufweist, sich aber auf einem niedrigeren Level bewegt. Allerdings überschneiden sich die 95%-Konfidenzintervalle für α (siehe Tab. 4), so dass statistisch gesehen bei den vorliegenden Tierzahlen hier keinen Unterschied nachzuweisen ist.

Tab. 4) Regressionsergebnisse der Herzwachstumsrate (α) der Versuchstiergruppen

Versuchsgruppe	α	95% - Konfidenzintervall α	
		Untergrenze	Obergrenze
LTG	0,772	0,740	0,804
MTG 1	0,797	0,757	0,837
MTG 2	0,832	0,789	0,876

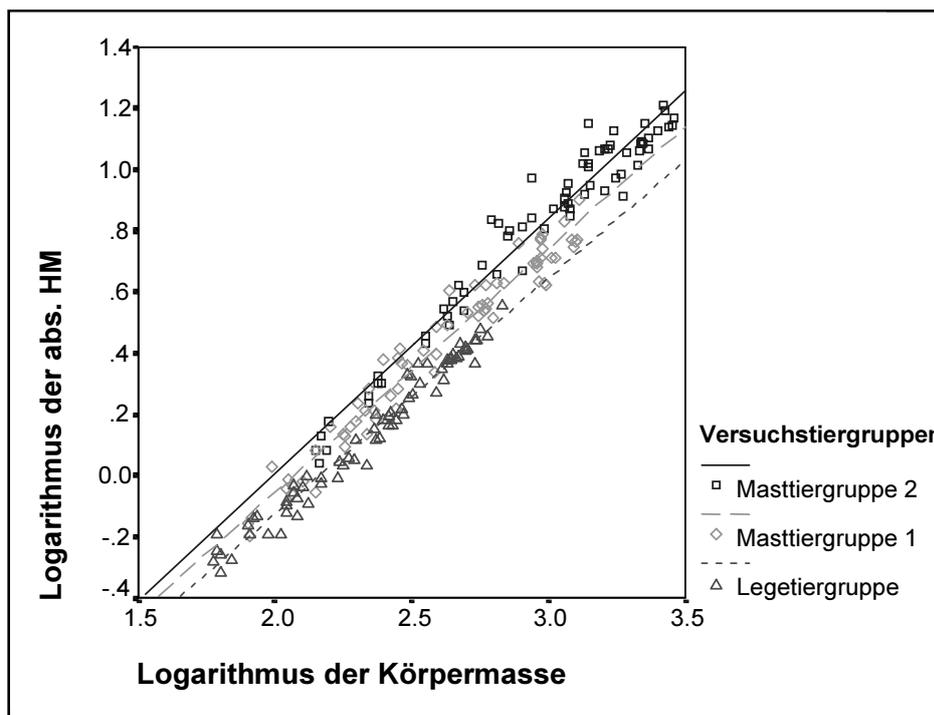


Abb. 17 : Entwicklung der Herzwachstumsrate (α) bei den Versuchstiergruppen vom 7. - 52. Tag

3.2.1.2.2. Prozentualer Anteil der einzelnen Herzteile am Gesamtherz

Beim Wachstum- und Entwicklungsprozess der Versuchstiere ließ sich mit Hilfe des prozentualen Anteils der einzelnen Herzteile am Gesamtherz ihre jeweilige Bedeutung sowie ihr damit verbundener Beanspruchungsgrad in der Gesamtherzfunktion erkennen.

3.2.1.2.2.1. Prozentualer Anteil beider Herzvorkammern am Gesamtherz

Die Abb. 18 zum prozentualen Anteil beider Herzvorkammern zeigt, dass zwischen den drei Versuchstiergruppen signifikante Mittelwertunterschiede zu sehen waren. Die MTG 2 erreichte dabei beim prozentualen Anteil einen Mittelwert der wertmäßig größer war als bei der MTG 1 und der LTG (der Mittelwert war bei beiden zu Anfang vom Niveau her nahezu gleich groß). Der höhere prozentuale Anteil beider Herzvorkammer in der MTG 2 resultierte dabei hier aus der stärkeren Leistungsanforderung an beide Herzvorkammern bei der Füllung der Herzkammern im Herzzyklus. Die sich abzeichnende Wechselwirkung zwischen Versuchstiergruppe und Alter war signifikant und damit ergab sich mit zunehmendem Alter ein unterschiedlicher Verlauf beim prozentualen Anteil beider Herzvorkammern in den drei Versuchstiergruppen (Anhang Tab. 16 a/b). Während für die MTG 2 ein annähernd konstanter Verlauf erkennbar war, ergab sich für die MTG 1 eher ein leicht ansteigender Verlauf. Statisch gesehen konnte weder für die MTG 2 noch für die MTG 1 (Anhang Tab. 16 c) von einer Steigung oder einem Abfall im Verlauf der Regressionsgeraden ausgegangen werden. Nur der Abfall im Altersgang bei der LTG war statistisch gesichert, das hier auf die vorwiegend passive Rolle der Herzvorkammern im Herzzyklus hindeutete. Bei den Masttieren sprach dagegen der höhere prozentuale Anteil beider Herzvorkammer für die hier anhaltend höhere Beanspruchung und aktivere Rolle im Herzzyklus, wobei die stärkeren Kraftimpulse zur Kammerfüllung in der MTG 2 abgefordert wurden.

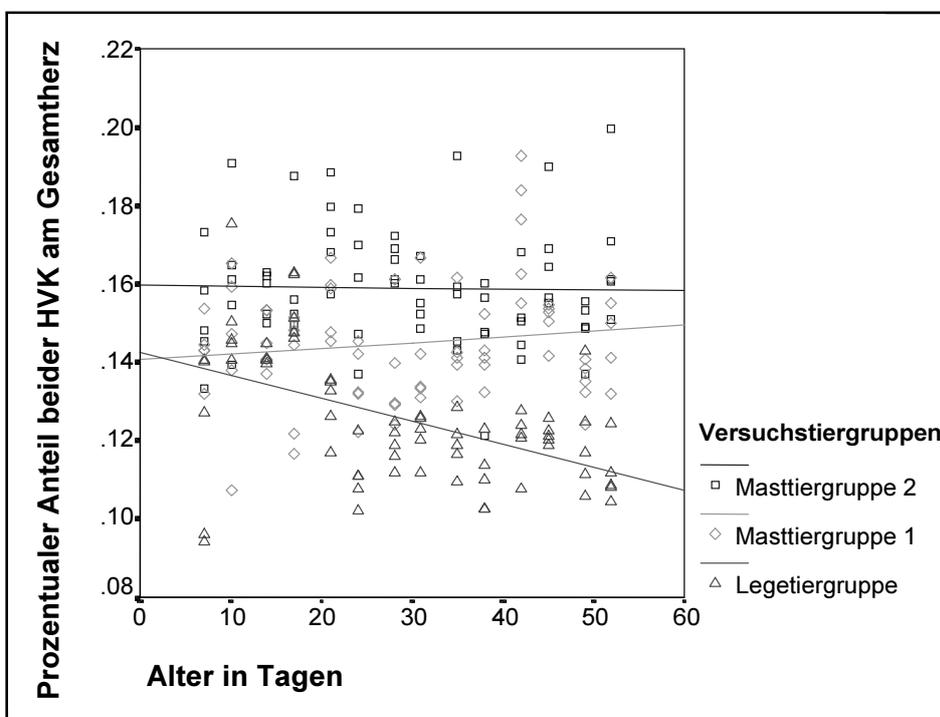


Abb. 18 : Entwicklung des prozentualen Anteils beider Herzvorkammern (HVK) am Gesamtherz in jeder Versuchstiergruppe vom 7. - 52. Tag

3.2.1.2.2.2. Prozentualer Anteil des rechten Herzventrikels am Gesamtherz

Bei dem prozentualen Anteil des rechten Herzventrikels in Abb. 19 fanden sich signifikante Mittelwertsunterschiede zwischen den drei Versuchstiergruppen. Hierbei erreicht die MTG 2 den größten Wert und die MTG 1 den kleinsten. In der MTG 2 war damit zu Beginn der Anteil des rechten Herzventrikels am Gesamtherz am höchsten. Einen Steigungseffekt für den prozentualen Anteil des rechten Herzventrikels im Alter stellte man bei der MTG 1 und der LTG (beide positiv) sowie der MTG 2 (negativ) fest. Es war also kein gleichmäßiger Alterseffekt in allen drei Versuchstiergruppen erkennbar, dagegen aber eine Wechselwirkung von Alter und Versuchstiergruppe. Das bedeutete, dass eine unterschiedliche Altersentwicklung je nach Versuchstiergruppe vorkam (Anhang Tab. 17 a - c). Der mit der Zeit sinkende prozentuale Anteil des rechten Herzventrikels in der MTG 2 ist Zeichen seiner begrenzten Fähigkeit die vorherrschenden Verhältnisse im Lungenkreislauf zu kompensieren. Dagegen waren in der MTG 1 und der LTG die Verhältnisse im Lungenkreislauf durch einen ansteigenden rechten Herzventrikelanteil als Folge einer Massenzunahme ausgeglichen worden. Bei der LTG konnte der sich abzeichnende Steigungseffekt aber nicht statistisch gesichert werden (Anhang Tab. 17 c). Die sich im Versuchsverlauf in der Lunge ändernden Kreislaufverhältnisse waren so im Gegensatz zur MTG 2 in der MTG 1 und in der LTG fortwährend kompensiert worden, wobei dies bei beiden auf einem unterschiedlichen Niveau erfolgte und so auf unterschiedliche Belastungsverhältnisse für die rechten Herzventrikelanteil hinwies.

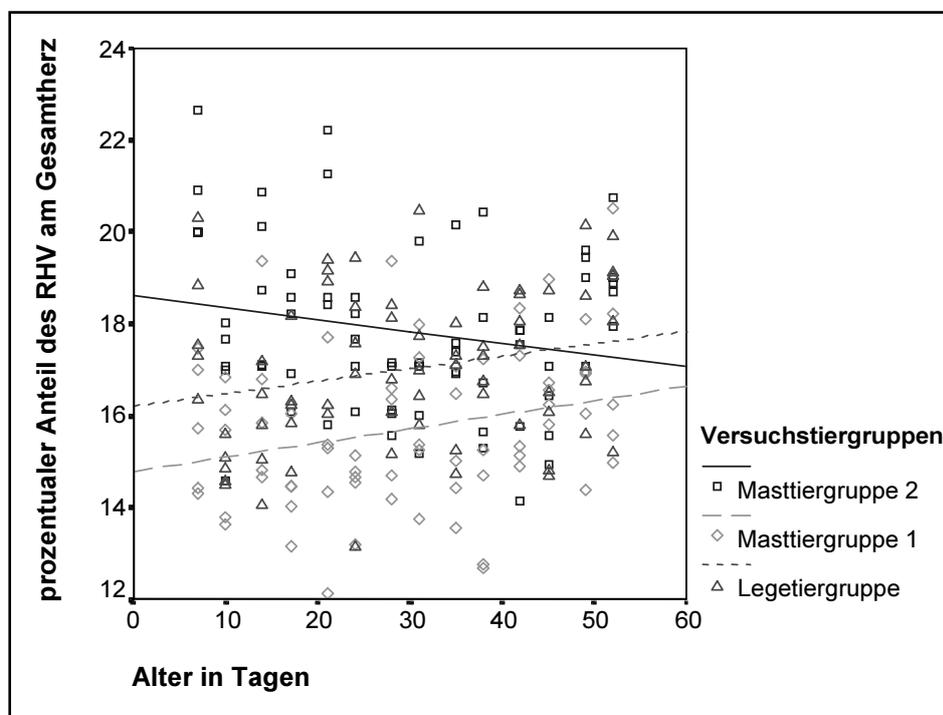


Abb. 19 : Entwicklung des prozentualen Anteils des rechten Herzventrikels (RHV) am Gesamtherz in jeder Versuchstiergruppe vom 7. - 52. Tag

3.2.1.2.2.3. Prozentualer Anteil des linken Herzventrikels am Gesamtherz

Die prozentualen Anteile des linken Herzventrikels an der absoluten Herzmasse in Abb. 20 zeigten Unterschiede bei den drei Versuchstiergruppen in den Mittelwerten. Aus der Graphik ist zu entnehmen, dass am Anfang bei der MTG 1 der Wert für den prozentualen Anteil höher lag als bei den anderen beiden Gruppen (MTG 2 u. LTG). Alle drei Versuchstiergruppen ließen dabei einen gleichgerichteten Alterseffekt erkennen, der für die MTG 2 und für die LTG eine wahrnehmbare positive Steigung aufwies. Währenddessen konnte im Altersgang für die MTG 1 kein Steigungseffekt statistisch gesichert werden. In der MTG 1 veränderten sich so im gesamten Zeitraum die prozentualen Anteile und damit die Verhältnisse im großen Kreislauf nur unwesentlich. Im Vergleich dazu erhöhten bei der MTG 2 und der LTG sich die Leistungsanforderungen an den linken Herzventrikel, die durch Massezunahme des linken Ventrikels und damit seinen wachsenden prozentualen Anteil kompensiert wurde. Letztendlich war bei beiden Gruppen der prozentualen Anteile des linken Herzventrikels größer als bei der MTG 1. Damit veränderten sich die prozentualen Anteile im Altersgang zwar gleichgerichtet aber mit einer unterschiedlichen Intensität in den drei Versuchstiergruppen, wodurch eine Wechselwirkung zwischen Versuchstiergruppe und Alter entstand (Anhang Tab. 18 a - c).

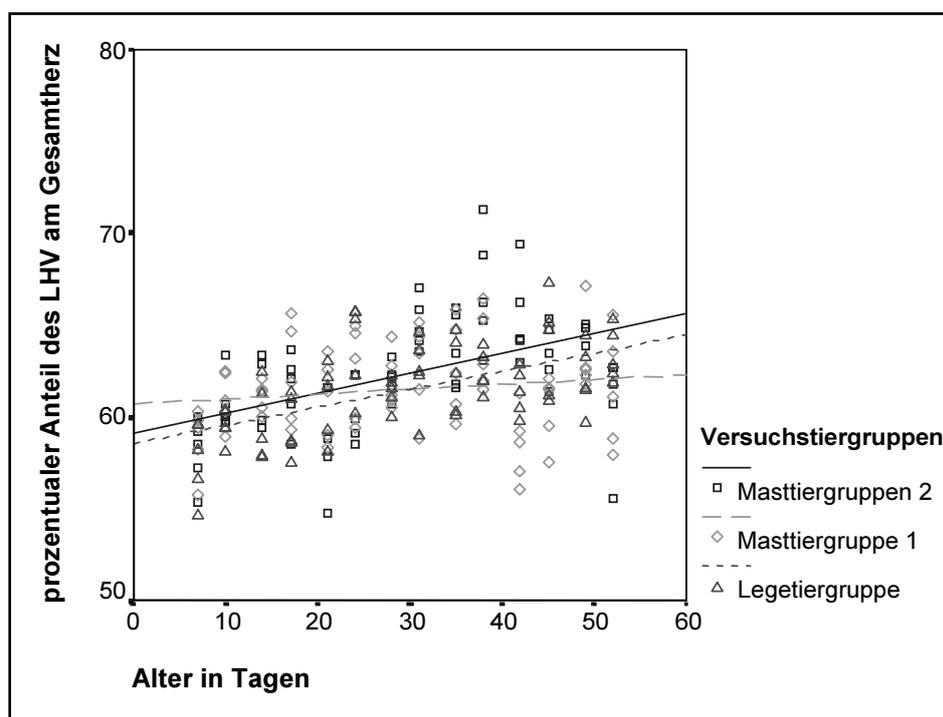


Abb. 20 : Entwicklung des prozentualen Anteils des linken Herzventrikels (LHV) am Gesamtherz in jeder Versuchstiergruppe vom 7. - 52. Tag

3.2.1.2.3. Herzquotienten

Eine andere Möglichkeit, die Größenverhältnisse am Herzen geeignet darzustellen als durch die Messung absoluter Größen, ergibt sich durch die Bildung von Herzquotienten, welche die Massen- und dadurch die Größenverhältnisse am Herzen ausdrücken und damit das Verhältnis der beiden Herzventrikel zueinander sowie das Verhältnis von den Herzvorkammern zu den beiden Herzventrikeln beschreiben. Vordergründige Indikation der Berechnung von Herzquotienten ist die Verifizierung von quantitativen makroskopischen Myokardveränderungen. Dadurch können sie als wertvolles Diagnostikum zur Eruierung von krankhaften Prozessen mit Veränderung quantitativer Verhältnisse dienen.

3.2.1.2.3.1. Quotient aus absoluter Masse der Herzbasis (abs. MHB) und totaler Ventrikelmasse (TVM)

Mit diesem Quotienten ist das Verhältnis zwischen der Masse der Herzbasis und der totalen Ventrikelmasse zu berechnen. Die Bildung dieser Maßzahl ermöglichte die Einbeziehung der Herzbasis in die Beurteilung der Proportionen der einzelnen Herzbestandteile zueinander. Der Quotient aus der Masse der Herzbasis und der totalen Ventrikelmasse erlaubte Aussagen über die Größenverhältnisse zwischen der Herzbasis und beiden Herzventrikeln (MEWES 1996).

Die Abb. 21 zeigt den Quotienten aus MHB und TVM, der sich bei den drei Versuchstiergruppen im Mittel signifikant unterschied. Der Quotientenmittelwert der MTG 2 lag dabei am Anfang am höchsten, während der der LTG unterhalb der beiden Masttiergruppen zu finden war. Bei der MTG 2 hatte die Herzbasis im Vergleich zu den beiden anderen Versuchstiergruppen eine stärkere Bedeutung (aktivere Rolle) im Herzzyklus gegenüber den beiden Herzventrikeln. Die auftretenden Altersveränderungen in den drei Versuchstiergruppen waren signifikant. Dazu trat eine Wechselwirkung von Alter und Versuchstiergruppe auf, die darauf hindeutete, dass sich der Verlauf der Altersentwicklung in den drei Versuchstiergruppen unterschied. Für die MTG 1 war ein tendenzieller leicht positiver und für die MTG 2 ein wahrnehmbarer negativer Steigungseffekt des Quotienten in der Grafik erkennbar, die aber beide statistisch nicht abgesichert werden konnten (Anhang Tab. 19 c). Bei beiden Masttiergruppen blieb damit der anfängliche Unterschied im Größenverhältnis zwischen der Herzbasis und den beiden Herzventrikeln im Altersgang annähernd bestehen. Nur bei der LTG war über die gesamte Zeit eine negative Steigung der Quotientenwerte statistisch abzusichern (Anhang Tab. 19 a - c), die hier mit einer eher passiveren Rolle der Herzbasis im Herzzyklus in Verbindung steht.

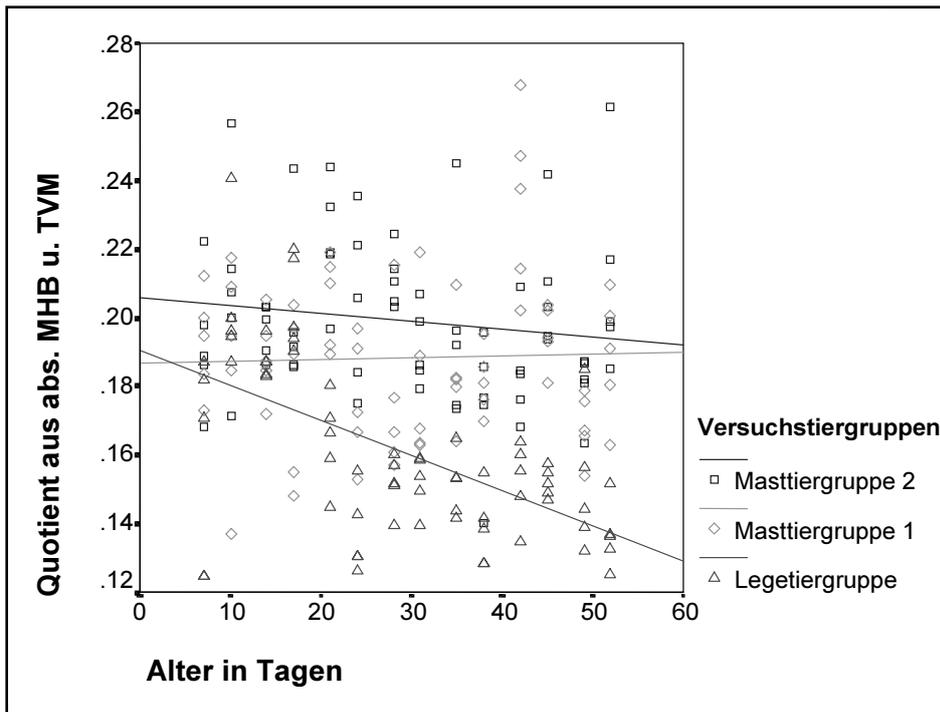


Abb. 21 : Entwicklung des Quotienten aus absoluter Masse der Herzbasis (abs. MHB) und totaler Ventrikelmasse (TVM) in jeder Versuchstiergruppe vom 7. - 52. Tag

3.2.1.2.3.2. Arterieller Druckindex (ADI)

Durch den ADI (API = Arterial Pressure Index) wird der Anteil der Masse der freien rechten Ventrikelwand an der Gesamtventrikelmasse dargestellt. Aus der Entwicklungstendenz dieser Anteilsmasse lässt sich für den rechten Herzventrikel eine dementsprechende Arbeitsbelastung erkennen. Nach BOOTH et al. (1966) ist der ADI ein sensibler Indikator für die Verhältnisse im kleinen Kreislauf und gibt Auskunft über den pulmonalen Druck als Einflussgröße auf die Masse des rechten Ventrikels. Bei den drei Versuchstiergruppen unterschied sich im Mittel die Größe des ADI signifikant (Abb. 22). Zu Anfang war der ADI-Wert der MTG 2 größer und der der MTG 1 kleiner als der der LTG. Somit lag der Anteil der Masse der freien rechten Ventrikelwand an der Gesamtventrikelmasse bei der MTG 2 höher und bei der MTG 1 niedriger als bei der LTG. Die Arbeitsbelastung durch die Druckverhältnisse im Lungenkreislauf war so für die rechte Herzventrikelwand im Vergleich zur LTG in der MTG 2 größer und in der MTG 1 geringer. In allen drei Versuchstiergruppen gab es kein gleichmäßiges Steigungsverhalten über das Alter hinweg, dafür aber eine Wechselwirkung von Gruppe und Alter. Das bedeutete, dass im Altersgang der Versuchstiergruppen Unterschiede auftraten. Für die LTG war dabei im Versuchszeitraum der Steigungskoeffizient gleich 0 und damit die Druckverhältnisse im kleinen Kreislauf weitgehend konstant. Die in der Grafik mit zunehmendem Alter dagegen auffallende positive Steigung der MTG 1 und negative der MTG 2 war nicht statistisch zu sichern (Anhang Tab. 20 a - c). Sie führten aber am Ende dazu, dass bei beiden

Masttiergruppen der ADI unterhalb der der LTG lag. Die Druckverhältnisse im kleinen Kreislauf führten so in der MTG 2 tendenziell zu einer abnehmenden Masseentwicklung bei der rechten Herzventrikelwand. Demgegenüber reagierte die rechte Herzventrikelwand bei der MTG 1 mit einer tendenziellen Massezunahme auf die dort vorherrschenden Verhältnisse im Lungenkreislauf.

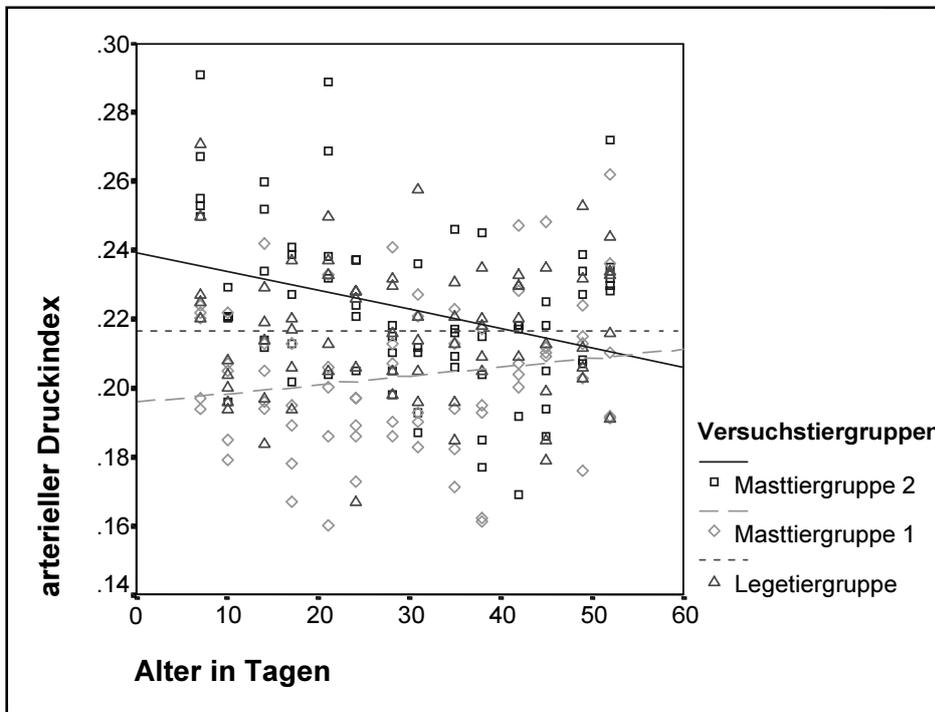


Abb. 22 : Entwicklung des arteriellen Druckindex (ADI) in jeder Versuchstiergruppe vom 7. - 52. Tag

3.2.1.2.3.3. Ventrikelquotient (VQ)

Der Ventrikelquotient spiegelt das Masseverhältnis der anteiligen Masse der rechten freien Ventrikelwand an der Masse der linken Herzventrikelwand zusammen mit dem Septum interventriculare wieder. Mit seiner Hilfe kann eine Links- oder Rechtsherzbetonung festgestellt und damit die Entwicklung jeder der beiden Herzventrikel gezeigt werden.

Bei dem Ventrikelquotienten in Abb. 23 ergeben sich für die drei Versuchstiergruppen im Mittel signifikant unterschiedliche Werte. Die MTG 1 hatte dabei am Anfang einen größeren und die MTG 2 einen kleineren Wert als die LTG. Damit zeigte sich gegenüber der LTG zu Beginn bei der MTG 2 eine Rechtsherz- und bei der MTG 1 eine Linksherzbetonung. Ein gleichmäßiger Alterseffekt war in den drei Versuchstiergruppen nicht erkennbar, dafür aber eine Wechselwirkung von Gruppe und Alter, die dafür sprach, dass die Werteentwicklung der Ventrikelquotienten jeder einzelnen Versuchstiergruppe mit zunehmendem Alter einen unterschiedlichen Verlauf während des Versuches nahmen. Die positive Steigung der VQ-Werte bei der MTG 2 konnte dabei statisch

nachgewiesen werden, aber die tendenzielle negative bei der MTG 1 nicht. Für die LTG ergab sich gleichzeitig ein Steigungskoeffizient von 0 (Anhang Tab. 21 a - c) und damit ein weitgehend gleich bleibender VQ im Versuchszeitraum. Diese Werteentwicklung in den drei Gruppen führte am Ende dazu, dass in beiden Masttiergruppen der VQ größer war als bei der LTG. So blieb im Vergleich zu der LTG bei der MTG 1 im Altersgang die vorhandene Linksherzbetonung weitgehend bestehen, ohne dass dabei der tendenziell leicht negative Verlauf der Ventrikelquotientenwerte (leichte Massezuwachstendenz des rechten gegenüber dem linken Herzventrikel) in dieser Versuchstiergruppe als ein sich abzeichnender Einfluss auf den rechten Herzventrikel zu werten war. Bei der MTG 2 kam dagegen die im Vergleich zur LTG bestehende Rechtsherzbetonung (Hypertonie im Lungenkreislauf) nur zu Beginn vor und verschwand mit fortschreitendem Alter (Massezuwachs beim linken Herzventrikel stärker).

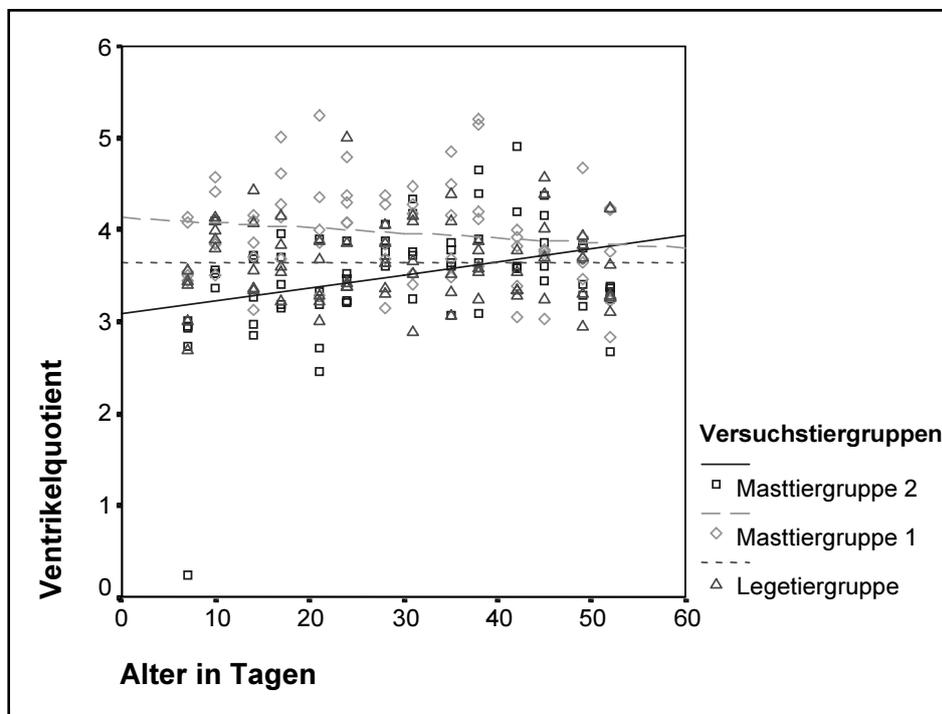


Abb. 23 : Entwicklung des Ventrikelquotienten (VQ) in jeder Versuchstiergruppe vom 7. - 52. Tag

3.2.1.2.3.4. Quotient aus absoluter Masse des linken Herzventrikels (abs. MLHV) und totaler Ventrikelmasse (TVM)

Dieser Quotient zeigt den Anteil des linken Herzventrikels (abs. MLHKW + abs. MSi) an der Gesamtventrikelmasse. Er gibt präzise Auskunft über die Zustände im großen Körperkreislauf und spiegelt damit den systemischen Druck als Einflussgröße auf die Masse des linken Ventrikels wieder (BOOTH et al. 1966).

Der Quotient aus abs. MLHV und TVM (Abb. 24) wies im Vergleich der Gruppen signifikante Unterschiede auf. Die MTG 1 erreichte dabei am Anfang einen größeren und

die MTG 2 einen kleineren Quotientenmittelwert als die LTG. Damit herrschte anfänglich ein höherer Druck im großen Körperkreislauf bei der MTG 1 und ein niedrigerer bei der MTG 2 im Unterschied zu der LTG vor. Anschließend war keine Gleichmäßigkeit bei den drei Versuchstiergruppen in Bezug auf den Steigungseffekt im Alter zu erkennen. Es gab aber eine Wechselwirkung von Alter und Gruppe, wodurch der unterschiedliche Verlauf der drei Versuchstiergruppen im Altersgang verdeutlicht werden konnte. Der weitgehend konstante Altersverlauf des Quotienten in der LTG deutete hier auf gleich bleibende Verhältnisse im großen Kreislauf hin. Dagegen waren tendenziell unterschiedliche Strukturen, wie ein Anstieg bei der MTG 2 und ein Abfall bei der MTG 1 des Quotienten im Altersgang, in der Einzelbetrachtung aber nicht statistisch nachweisbar (Anhang Tab. 22 a - c). Dies führte am Ende dazu, dass der Quotient bei beiden Masttiergruppen größer war als bei der LTG. Die Verlaufstendenz bei der MTG 2 sprach deshalb eher für einen Zuwachs der abs. MLHV und damit für ein Ansteigen des Druckes im großen Körperkreislauf. Die tendenziell nur leicht verringerte abs. MLHV bei der MTG 1 war dagegen ein Zeichen für sich hier kaum verändernde Verhältnisse im großen Kreislauf.

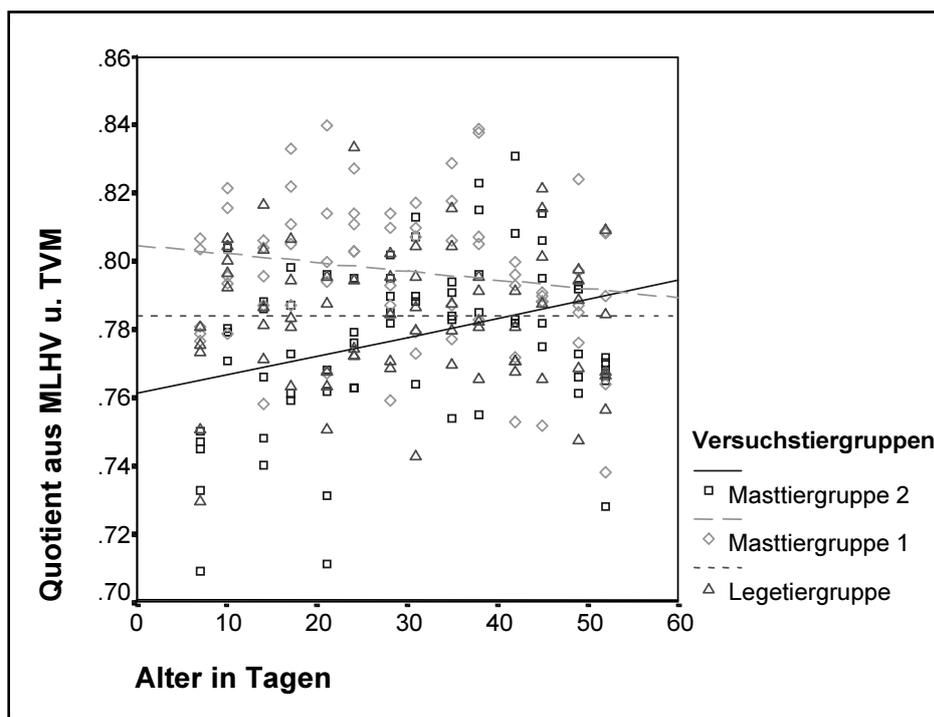


Abb. 24 : Entwicklung des Quotienten aus absoluter Masse des linken Herzventrikels (abs. MLHV) und totaler Ventrikelmasse (TVM) in jeder Versuchstiergruppe vom 7. - 52. Tag

3.2.1.2.3.5. Verhältnis zwischen Höhe und Breite des Septum interventriculare (HSi/BrSi)

Mit dem Verhältnis zwischen Septumhöhe und -breite lassen sich quantitative Veränderungen am Herzen, besonders der Ventrikel, objektivieren. Da aber das Septum interventriculare ein integrierter Bestandteil des Myokards ist, können Belastungen

ursächlich auf einen der beiden Herzventrikel einseitig beschränkt sein oder auch beide Ventrikel gleichzeitig erfassen. Deshalb ist dieses Verhältnis nur unter Einbeziehung anderer Herzquotienten zur Diagnosestellung verwendbar (RUDEL 1992). Chronische Belastungen für das Herz können so durch die Erhöhung (bei Dilatation) sowie auch durch die Erniedrigung (bei Hypertrophie) des Verhältniswertes nachgewiesen werden. Aus der Diagrammdarstellung der Abb. 25 ist zu erkennen, dass für dieses Verhältnis bei den drei Versuchstiergruppen die Unterschiede signifikant waren. Am Anfang lag dabei der Verhältniswert der MTG 1 am höchsten und der der MTG 2 am niedrigsten. Gegenüber der LTG war somit anfänglich das Septum im Verhältnis zu der jeweilig entsprechenden Höhe in der MTG 1 dünner und in der MTG 2 dicker. Die vorhandenen Gegebenheiten im Herz-Kreislauf-System bei beiden Masttiergruppen führten so anfangs im Unterschied zur LTG in der MTG 1 mehr zu einem dilatativen und in der MTG 2 mehr zu einem hypertrophen Zustand des Herzens. Im Altersgang erhöhte sich dann bei allen drei Versuchstiergruppen der Verhältniswert. Bei der LTG konnte die tendenzielle Steigung nicht statistisch gesichert werden und so blieb hier mit dem Alter ein annähernd konstantes Verhältnis zwischen Septumhöhe und -breite bestehen. Dagegen war die positive Steigung des Verhältniswertes, die in der MTG 2 größer war als in der MTG 1, bei beiden statistisch nachgewiesen worden (Anhang Tab. 25 a - c) und führte am Ende bei beiden Masttiergruppen zu einem höheren Wert als in der LTG. Damit ergab sich im Altersgang bei der MTG 1 eine weitere Ausdehnung (Dilatation) des Herzens. Da auch das Septum in der MTG 2 mehr in der Höhe als in der Breite zunahm, kam es auch hier mit steigendem Alter zu einer Erweiterung des Herzens im Unterschied zur LTG.

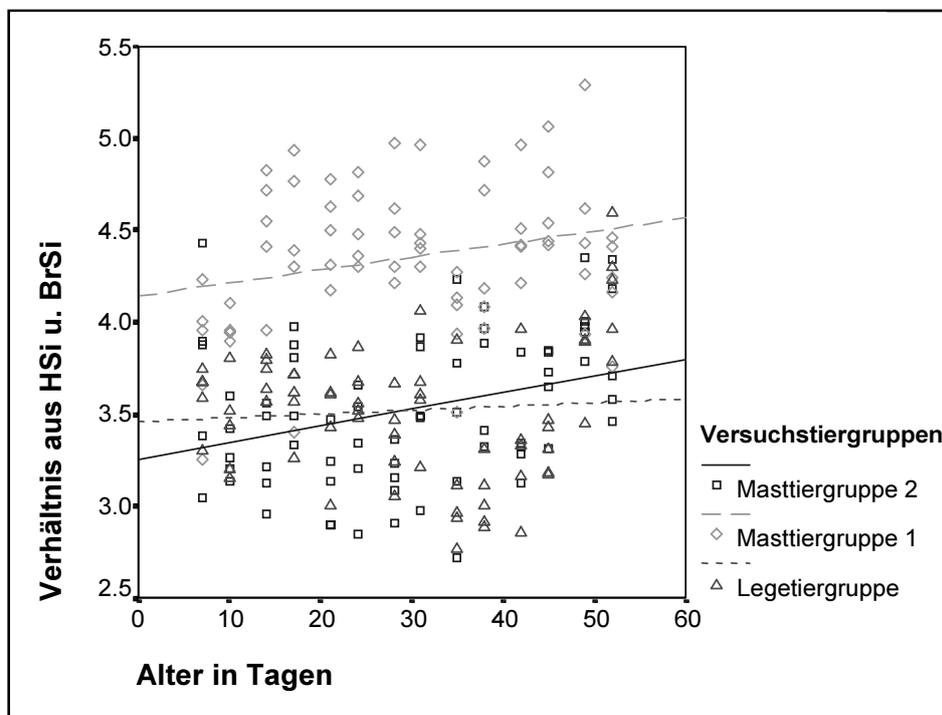


Abb. 25 : Entwicklung des Verhältnisses zwischen Höhe und Breite des Septum interventriculare (HSi/BrSi) in jeder Versuchstiergruppe vom 7. - 52. Tag

3.2.1.2.4. Herzaußenmaße

Für die Beurteilung der Herzleistung sind auch eventuell auftretende charakteristische Formveränderungen des Herzens, welche durch bestimmte Belastungszustände im Herz-Kreislauf-System entstehen können, von Bedeutung.

3.2.1.2.4.1. Verhältnisse zwischen einzelnen Herzaußenmaßen

a) Verhältnis zwischen Herzventrikelhöhe (HVH) und Herzvorkammerhöhe (HVKH)

Das Verhältnis von HVH zu HVKH gibt Auskunft über die Größenverhältnisse zwischen beiden. Hieraus ist ersichtlich, ob die Herzvorkammern oder die Herzventrikel auf die jeweilige Herzgestalt einzeln mit unterschiedlicher oder gemeinschaftlich mit gleicher Bedeutung Einfluss nehmen.

Das Verhältnis aus HVKH und HVH (Abb. 26) unterschied sich bei der LTG, der MTG 1 und der MTG 2 im Mittel signifikant, wobei der Mittelwert der LTG am größten war und der für die MTG 2 am kleinsten. So kam bei den Masttieren, besonders aber bei denen der MTG 2, eine stärkere Blutfülle in den Herzvorkammern im Vergleich zur LTG vor. In allen drei Versuchstiergruppen hatte das Verhältnis aus HVKH und HVH im Altersgang eine negative Steigung, die allgemein für eine Vorkammervergrößerung sprach. Obwohl alle drei Regressionsgeraden abfielen, trat eine Wechselwirkung von Alter und Gruppe auf, was bedeutete, dass das Verhältnis in jeder Versuchstiergruppe sich mit dem Alter unterschiedlich schnell änderte. Das Absinken des Verhältniswertes im Alter konnte im Unterschied zu den Masttieren bei der LTG nicht statistisch bestätigt werden (Anhang Tab. 28 a – c). In der LTG und der MTG 2 sind dabei Abweichungen vom linearen Verlauf erkennbar. Tendenziell fallen bei der LTG in der Grafik ein Anstieg bis etwa zum 28. Tag und anschließend ein Abfall der Verhältniswerte auf. Bei der LTG entwickelten sich so zuerst die Herzventrikel schneller als die Herzvorkammern, was im Zusammenhang mit hier vorherrschenden Kreislaufverhältnisse zu stehen scheint. Demgegenüber fiel im Vergleich zur MTG 1 der Verhältniswert bei der MTG 2 bis zur 2./3. Lebenswoche tendenziell schneller ab, um dann sein erreichtes Niveau annähernd bis zum Ende zu halten. Im Unterschied dazu schien bei der MTG 1 die abfallende Tendenz im Altersgang kontinuierlich zu sein. Die deutlichere Blutfülle im Vorkammerbereich der MTG 2 zeigte so hier im Vergleich zur LTG eine noch stärkere Behinderung der Kreislaufzirkulation an als in der MTG 1.

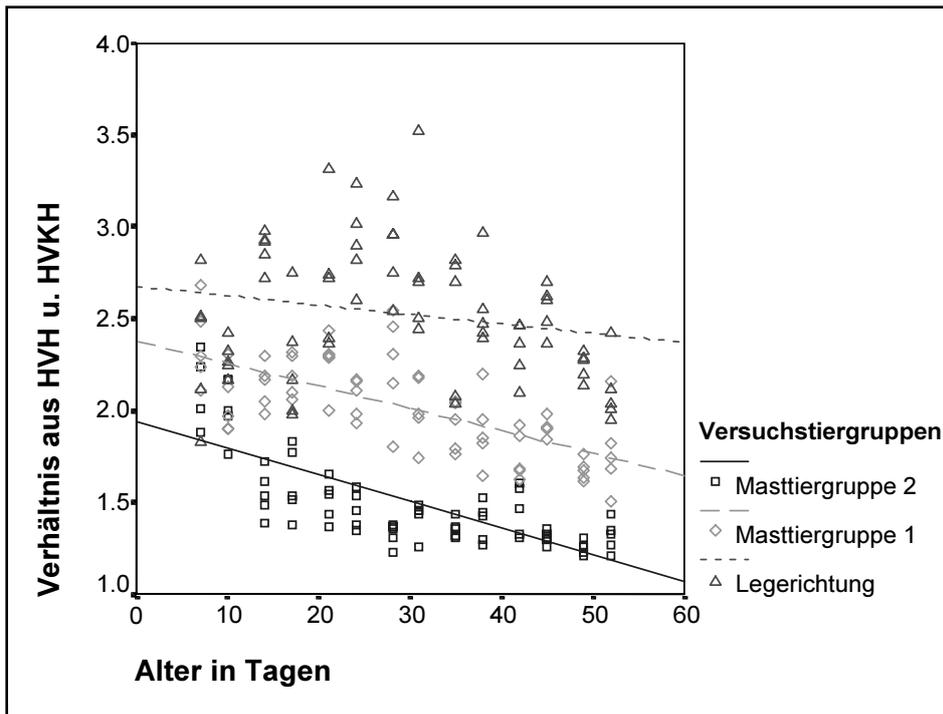


Abb. 26 : Entwicklung des Verhältnisses aus Herzventrikelhöhe (HVH) und Herzvorkammerhöhe (HVKH) in jeder Versuchstiergruppe vom 7. - 52. Tag

b) Herzventrikelindex (HVI)

[Verhältnis aus Gesamtherzbreite (GHBr) und Herzventrikelhöhe (HVH)]

Um noch genauere Aussagen über Gestaltsveränderungen im Herzventrikelbereich zu erhalten, können die Gesamtherzbreite und die Herzventrikelhöhe genutzt werden. Das Verhältnis von beiden zueinander drückt der Herzkammerindex aus. Damit ist es möglich Formveränderungen im Bereich beider Herzventrikel zu erkennen und diese somit gegen ebenfalls auftretende Stauungs- und Dilatationserscheinungen im Herzvorkammerbereich abzugrenzen.

Die Mittelwerte der drei Versuchstiergruppen beim Herzventrikelindex unterschieden sich signifikant (Abb. 27). Zu Anfang lagen die in etwa vom Niveau her gleich großen Indexwerte der LTG und der MTG 2 deutlich über dem der MTG 1. So waren zu Beginn beide Herzventrikel in der LTG und der MTG 2 breiter im Verhältnis zu der jeweilig entsprechenden Höhe als in der MTG 1. Die sich im Altersgang bei allen drei Versuchstiergruppen ergebenden Unterschiede waren signifikant. Ein gleichmäßiger Alterseffekt bei den drei Versuchstiergruppen war aber nicht feststellbar. Dafür bestand zwischen Alter und Gruppe eine Wechselwirkung. Der Verlauf der Altersentwicklung war damit je nach Versuchstiergruppe verschieden. Die LTG wies dabei in der Grafik mit dem Alter eine statistisch nicht gesicherte abfallende Tendenz beim Herzventrikelindex auf, die darauf hindeutete, dass hier die Herzventrikelhöhe mehr zunahm als die Gesamtherzbreite. Am Ende lag der Herzventrikelindex der LTG vom Niveau her unter

dem der beiden Masttiergruppen. Dagegen zeigten die Werte des Herzventrikelindex bei beiden Masttiergruppen im Altersgang eine statistisch nachgewiesene positive Steigung (nahezu paralleler Verlauf beider Regressionsgeraden, Anhang Tab. 29 a - c), die durch eine stärkere Blutfüllung der Herzventrikel (Stauungserscheinung) hervorgerufen worden war. Im Unterschied zur MTG 1 führten aber bei der MTG 2 die Herz-Kreislauf-Verhältnisse zu einer stärkeren Füllung der Ventrikel, was auf eine höhere Belastung und Beanspruchung bei beiden Versuchstiergruppen hindeuten könnte.

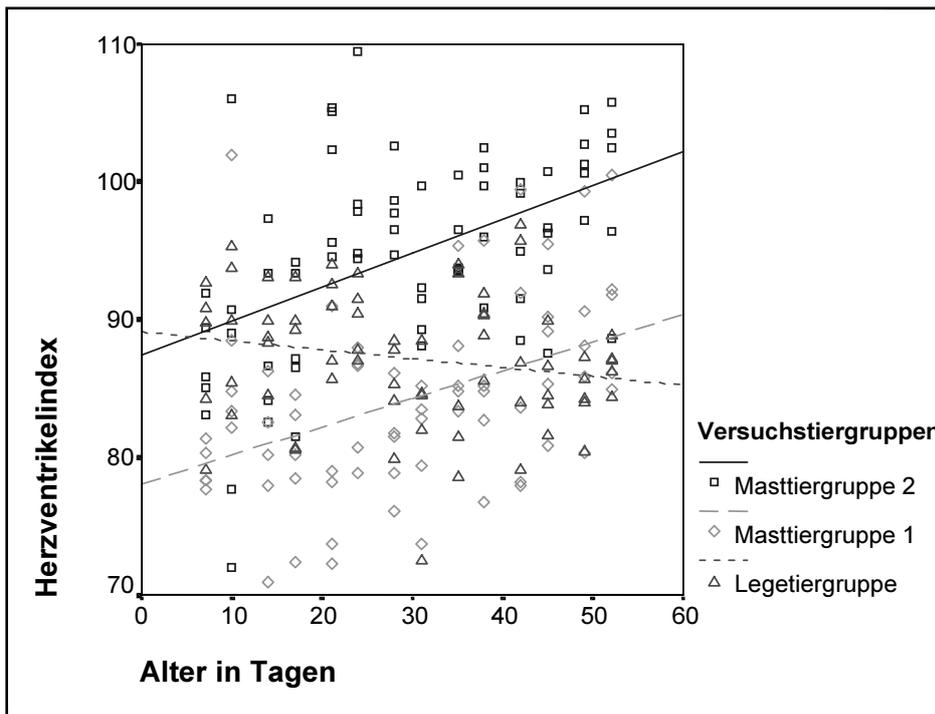


Abb. 27 : Entwicklung des Herzventrikelindexes in jeder Versuchstiergruppe vom 7. - 52. Tag

c) Herzindex (HI)

[Verhältnis aus Gesamtherzbreite (GHBr) und Gesamtherzhöhe (GHH)]

Entscheidend für die Diagnose von auftretenden Herzerkrankungen ist die Länge und Breite des Herzens. Der Herzindex drückte das Verhältnis von Gesamtherzbreite zur Gesamtherzlänge aus und widerspiegelte damit Veränderungen in der absoluten Formgestalt des Herzens.

Bei den Herzindexwerten in Abb. 28 waren signifikante Unterschiede in den Mittelwerten der einzelnen Versuchstiergruppen erkennbar. Den höchsten Indexwert erreichte dabei in der Grafik zu Beginn die LTG. Die Werte der beiden Masttiergruppen lagen niedriger (MG 2 > MG 1). Im Unterschied zu den Masttiergruppen war so das Herz der LTG im Verhältnis zu seiner Gesamthöhe breiter. Die während des Wachstumsprozesses bei den Versuchstiergruppen sich vollziehenden Veränderungen waren teilweise als signifikant einzustufen. Bei der LTG nahm die Größe der Herzindexwerte ab (negative Steigung),

womit sich die Form des Herzens hier streckte, indem die Gesamtlänge mehr zunahm als die Gesamtbreite. Für die MTG 1 und 2 konnten tendenziell positive sowie negative Steigungseffekte aber nicht statistisch gesichert werden (Anhang Tab. 32 a - c). Bei beiden Masttiergruppen konnte also von keiner wahrnehmbaren Veränderung in der Formgestalt des Herzens im Alter ausgegangen werden.

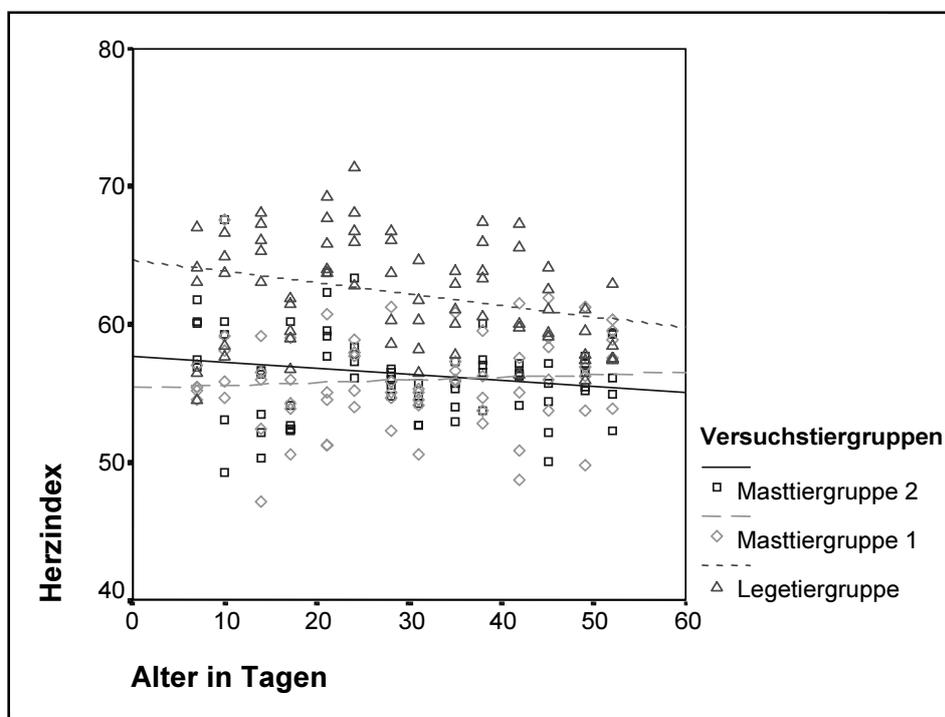


Abb. 28 : Entwicklung des Herzindexes in jeder Versuchstiergruppe vom 7. - 52. Tag

3.2.1.2.5. Herzinnenmaße

Bei einer Veränderung der Form des Herzens können die Innenmaße Aufschluss darüber geben, welcher der beiden Herzventrikel vordergründig für diese verantwortlich ist oder ob beide in gleichem Maße einen Einfluss auf die Herzgestalt haben. Auftretende Stauungs- und Dilatationseffekte in einem oder auch in beiden Ventrikeln lassen sich so differenzieren. Damit sind einzelne Kompensationsreaktionen des Herzens genau zu unterscheiden.

3.2.1.2.5.1. Breite (Wandstärke) der einzelnen Herzventrikelwände

[Breite der rechten Herzventrikelwand (BrRHVW), der linken Herzventrikelwand (BrLHVW) und des Septum interventriculare (BrSi)]

Auf steigende Belastungsanforderungen reagiert das Herz im Allgemeinen mit Hypertrophie oder/und Dilatation. Eine genaue Differenzierung zwischen diesen beiden Reaktionen des Herzens ist mit Hilfe der gemessenen Breite (Wandstärke) der einzelnen

Herzventrikelwände möglich. Die Reaktionen könnten sich dabei auf einen Herzventrikel allein oder auf beide gleichzeitig erstrecken.

Bei der Breite der einzelnen Herzventrikelwände (BrRHVV, BrLHVW, BrSi / Abb. 29 – 31) ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen den drei Versuchstiergruppen. Die Regressionsgerade der MTG 2 lag dabei immer am höchsten und die der LTG sowie der MTG 1, die dazu auch noch fast deckungsgleich verliefen, lagen niedriger. Die auftretende Arbeitsbelastung für die einzelnen Herzventrikelwände war somit auf Grund der gruppenspezifischen Herz-Kreislauf-Verhältnisse bei der MTG 2 größer als bei der LTG und der MTG 1. In allen drei Versuchstiergruppen nahm die Breite der einzelnen Herzventrikelwände jedoch signifikant im Altersgang zu. Die BrRHVV und die BrLHVW stiegen dabei nahezu übereinstimmend bei allen drei Versuchstiergruppen mit dem Alter an (Anhang Tab. 33 - 35 a - c). Der Anstieg der Regressionsgeraden bei der BrSi war dagegen im Altersverlauf infolge einer hier vorkommenden Wechselwirkung von Alter und Gruppe bei den drei Versuchstiergruppen unterschiedlich stark (bei MTG 2 stärker als bei LTG und MTG 1). Dazu zeigte sich gleichzeitig, dass die Zunahme der Breite der einzelnen Herzventrikelwände in der Altersentwicklungstendenz bei der LTG sowie der MTG 1 vergleichbar und kontinuierlich war, während in der MTG 2 ein nicht linearer Verlauf auffiel. Bei der MTG 2 stiegen die einzelnen Herzventrikelwände tendenziell nur bis zur 3./4. Lebenswoche an, um danach ihre erreichte Breite für kurze Zeit zu halten und anschließend vom Niveau her wieder an Stärke zu verlieren. Die einzelnen Herzventrikelwände bei der MTG 2 kompensierten so die hier durch das Herz-Kreislauf-System hervorgerufenen Belastungen nur bis zu dem genannten Zeitpunkt ausreichend.

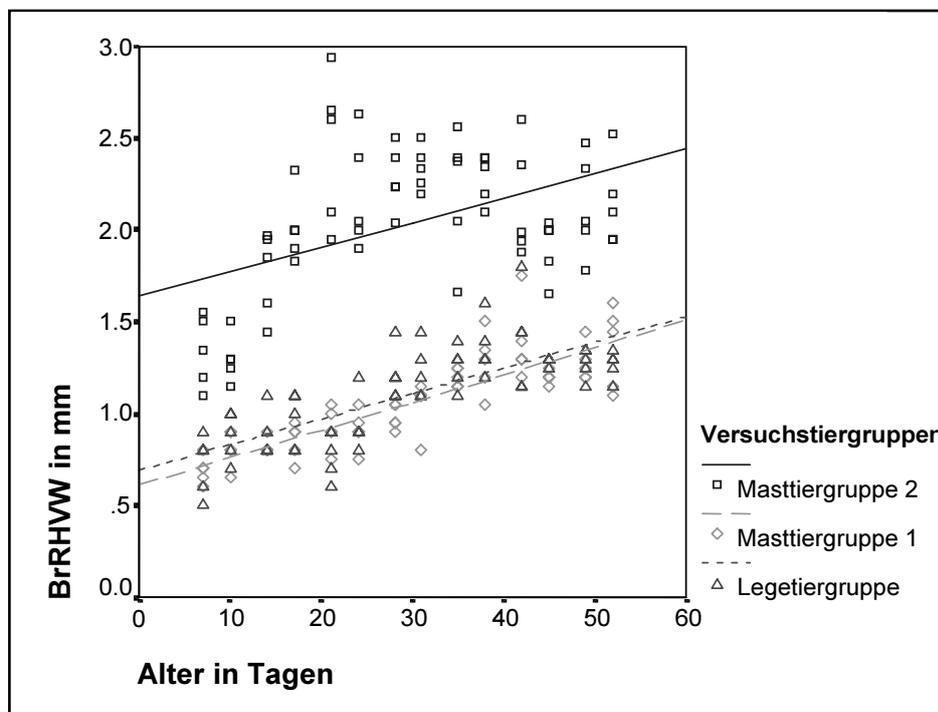


Abb. 29 : Entwicklung der Breite (Wandstärke) der rechten Herzventrikelwand (BrRHVV) in jeder Versuchstiergruppe vom 7. - 52. Tag

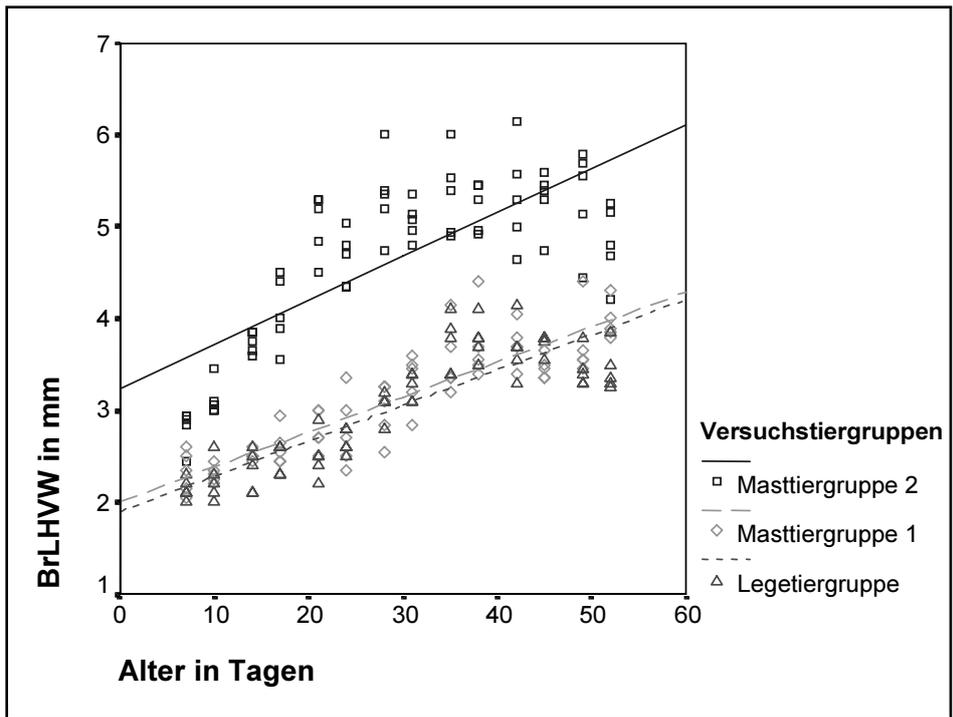


Abb. 30 : Entwicklung der Breite (Wandstärke) der linken Herzventrikelwand (BrLHW) in jeder Versuchstiergruppe vom 7. - 52. Tag

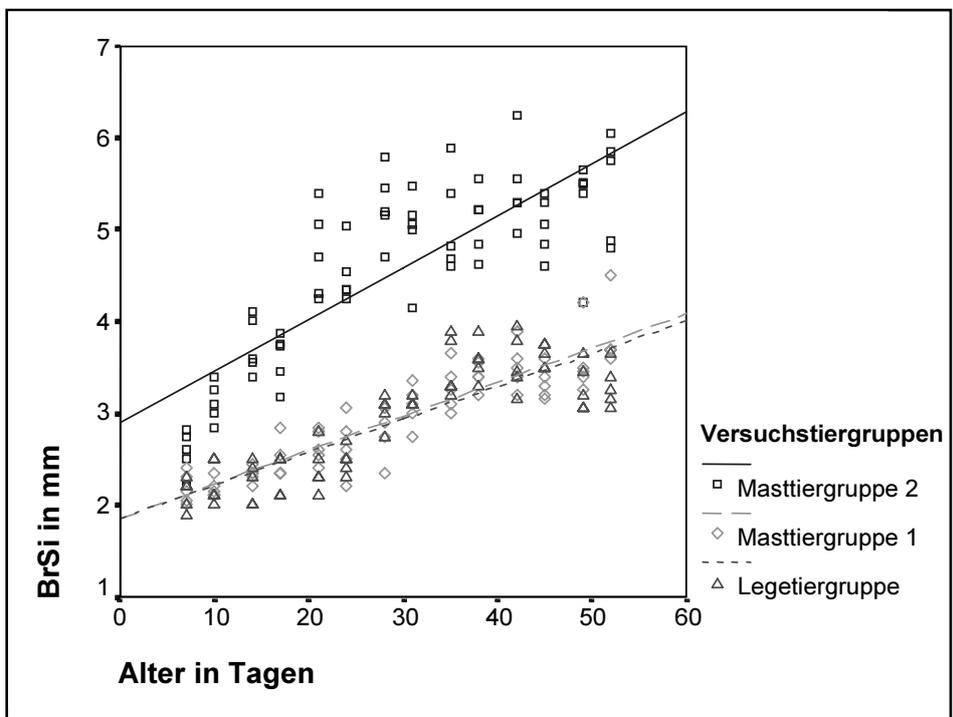


Abb. 31 : Entwicklung der Breite (Wandstärke) des Septum interventriculare (BrSi) in jeder Versuchstiergruppe vom 7. - 52. Tag

3.2.1.2.5.2. Verhältnisse zwischen den einzelnen Herzventrikelwandbreiten

Mit der Erhebung der Verhältnisse zwischen den einzelnen Herzventrikelwandbreiten ist es möglich, die Reaktionen der einzelnen Herzventrikelwände auf vorhandene Belastungsanforderungen zu vergleichen. Gleichzeitig ist damit auch erkennbar, ob sich die Belastungen auf einen der beiden Herzventrikel oder auf beide gemeinsam ausgewirkt haben.

a) Verhältnis zwischen Breite der linken Herzventrikelwand (BrLHVW) und Breite der rechten Herzventrikelwand (BrRHVW)

Bei dem in Abbildung 32 dargestellten Verhältnis aus der Breite der linken und rechten Herzventrikelwand waren signifikante Mittelwertsunterschiede zwischen den drei Versuchstiergruppen zu erkennen. Wie in der Grafik ersichtlich lag der für die MTG 1 ermittelte Verhältniswert oberhalb und der für die MTG 2 unterhalb des Wertes für die LTG. Im Vergleich zur LTG war somit zu Versuchsbeginn bei der MTG 2 die rechte Herzventrikelwand und bei der MTG 1 die linke Herzventrikelwand in ihrer Breite stärker ausgebildet. Die Herz-Kreislauf-Verhältnisse bei beiden Masttiergruppen, die sich von denen der LTG unterschieden, stellten damit eine höhere Belastung für die rechte Herzventrikelwand bei der MTG 2 und für die linke Herzventrikelwand bei der MTG 1 dar. In allen drei Versuchstiergruppen war für dieses Verhältnis kein gleichmäßiger Alterseffekt erkennbar (Anhang Tab. 36 a – c), dagegen aber eine Wechselwirkung von Alter und Gruppe. Dies bedeutete, dass die Altersentwicklung in jeder Versuchstiergruppe unterschiedlich verlief. Bei der LTG zeigte der Verhältniswert mit zunehmendem Alter kein positives oder negatives Steigungsverhalten und wies damit darauf hin, dass hier annähernd konstante Verhältnisse im Herz-Kreis-System vorherrschten. Dagegen nahm er aber im Altersgang bei der MTG 2 stärker zu (Anstieg) als bei der MTG 1 ab (Abfall). Der Anstieg des Verhältniswertes in der MTG 2 zeigte in der graphischen Darstellung (Abb. 32) einen tendenziell konvexen Altersverlauf (bis zum Ende der 3. Lebenswoche nahm der Verhältniswert dabei zuerst leicht ab, um dann anzusteigen), der auf eine zeitlich begrenzte weitere geringfügige Zunahme der rechten Herzventrikelwand im Verhältnis zur linken Herzventrikelwand hindeutete (Kompensationsreaktion). Danach nahm die Breite der linken Herzventrikelwand bei der MTG 2 stärker zu als die der rechten. Der im Alter annähernd kontinuierlich verlaufende aber geringe Abfall des Verhältniswertes bei der MTG 1 wies demgegenüber auf eine hier zunehmend stärkere Breitenentwicklung der rechten Herzventrikelwand im Verhältnis zur linken Herzventrikelwand hin und damit auf eine steigende Belastung des rechten Herzventrikels (Kompensationsreaktion).

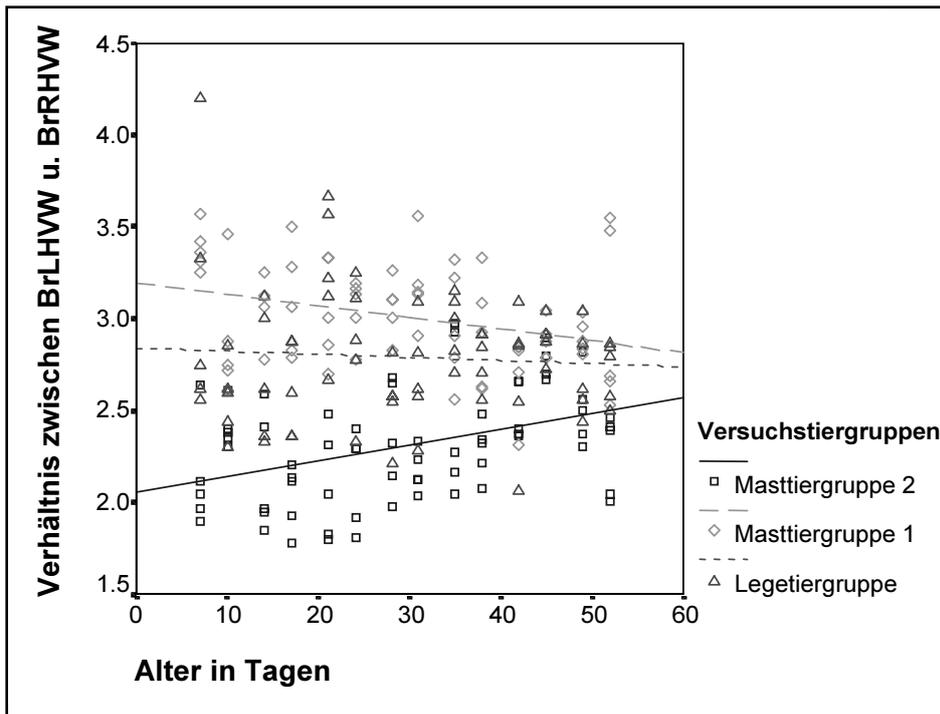


Abb. 32 : Entwicklung des Verhältnisses zwischen Breite der linken Herzventrikelwand (BrLHWW) und Breite der rechten Herzventrikelwand (BrRHWW) in jeder Versuchstiergruppe vom 7. - 52. Tag

b) Verhältnis zwischen Breite der linken Herzventrikelwand (BrLHWW) und Breite des Septum interventriculare (BrSi)

Das Verhältnis aus der Breite der linken Herzventrikelwand und der Breite des Septum interventriculare in Abbildung 33 unterschied sich bei allen drei Versuchstiergruppen im Mittel signifikant. Dabei lag der Mittelwert für dieses Verhältnis zu Anfang bei der MTG 2 am höchsten, während der der LTG sich unterhalb der beiden Masttiergruppen befand. Die Masttiere, besonders aber die der MTG 2, hatten so zu Versuchsbeginn im Vergleich zu den Legetieren auf Grund anderer Belastungsanforderungen im Herz-Kreislauf-System eine linke Herzventrikelwand, die in ihrer Breite etwas stärker ausgebildet war als das Septum interventriculare. Das Verhältnis aus der Breite der beiden Teile des linken Herzventrikels zeigte bei den drei Versuchstiergruppen signifikante Veränderungen im Altersgang. Gleichzeitig trat eine Wechselwirkung von Alter und Gruppe auf, die bedeutete, dass sich die Veränderungen unterschiedlich schnell und ausgeprägt mit zunehmendem Alter bei jeder Versuchstiergruppe ausbildeten (beide Masttiergruppen = tendenziell negative Steigung, LTG = tendenziell positive Steigung). Nur das negative Steigungsverhalten bei der MTG 2, das am Ende zu einem kleineren Verhältniswert der MTG 2 gegenüber den vom Niveau her vergleichbar größeren der anderen beiden Versuchstiergruppen führte, war dabei in der Altersentwicklung statistisch zu sichern. Die Herz-Kreislauf-Verhältnisse in der MTG 2 führten so zu einer stärkeren Ausbildung des Septum interventriculare. Dagegen konnte im Altersgang bei der LTG und der MTG 1

weder von einem Anstieg noch von einem Abfall des Verhältniswertes gesprochen werden (Anhang Tab. 37 a – c). Eine zusätzliche Funktionsbelastung des Septum interventriculare war somit bei diesen beiden Versuchstiergruppen nicht gegeben.

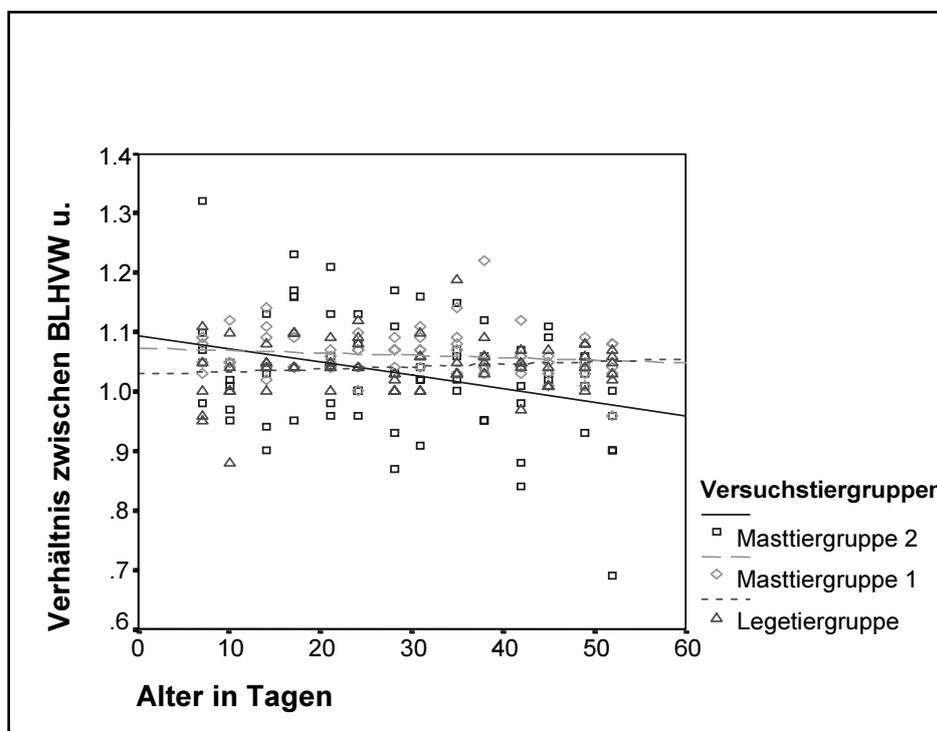


Abb. 33 : Entwicklung des Verhältnisses zwischen Breite der linken Herzventrikelwand (BrLHW) und Breite des Septum interventriculare (BrSi) in jeder Versuchstiergruppe vom 7. - 52. Tag

3.2.1.2.5.3. Beziehung zwischen Volumen und Höhe bei beiden Herzkammern

Der sich mit dem Wachstum ausbildende Innenraum der beiden Herzkammern ist durch seine eigene Höhe und das dazugehörige Volumen gekennzeichnet. Diese Volumenbedingungen, die in den beiden Herzkammern auftreten, sind somit für die Erkennung von Belastungszuständen wichtig. Auftretende unterschiedliche Volumenverhältnisse in den Herzkammern können damit Hinweise auf die Leistungsfähigkeit des Herzens geben und in Verbindung mit erfassten Wanddicken Grundlage für die Erkennung von Kompensationsreaktionen sein.

a) Beziehung zwischen Volumen und Höhe des rechten Herzkammer (Vol.RHK/HRHK)

Die Beziehung zwischen Volumen und Höhe der rechten Herzkammer (Abb. 34) zeigte, dass signifikante Mittelwertsunterschiede zwischen den drei Versuchstiergruppen existierten. Am Anfang war dabei der Wert dieser Beziehung bei der MTG 2 am größten und bei der LTG am kleinsten. Somit ergab sich zu Versuchsbeginn für die rechte

Herzkammer bei der MTG 2 eine bei entsprechender Höhe leicht stärkere Blutfüllung als bei den anderen beiden Versuchstiergruppen und damit eine etwas stärkere Ausdehnung. In allen drei Versuchstiergruppen nahm der gebildete Wert aus dieser Beziehung aber im Altersgang zu. Obwohl alle drei Regressionsgeraden anstiegen, trat eine Wechselwirkung von Alter und Gruppe auf. Das bedeutete, dass in der Altersentwicklung der drei Versuchstiergruppen das Volumen in Bezug zur Höhe bei der rechten Herzkammer unterschiedlich stark anstieg (Anstieg von MTG 1 und LTG dabei fast identisch). Vorhandene Volumenunterschiede bei gleicher Kammerhöhe blieben bei der MTG 1 und der LTG somit im Altersgang tendenziell annähernd konstant bestehen. Im Verhältnis dazu zeichnete sich der nahezu dreimal größere Anstieg der Regressionsgerade der MTG 2 (Anhang Tab. 38 a - c) mit Ende der 2. / Anfang der 3. Lebenswoche erkennbar ab. Damit war im Altersgang bei der MTG 2 die rechte Herzkammer bei gleicher Höhe zunehmend im Vergleich zu den anderen beiden Versuchstiergruppen stärker gefüllt und führte bei ihr so zu einer größeren Ausdehnung. Dies weist auf Veränderungen im Herz-Kreislauf-System (besonders im Lungenkreislauf) bei der MTG 2 hin.

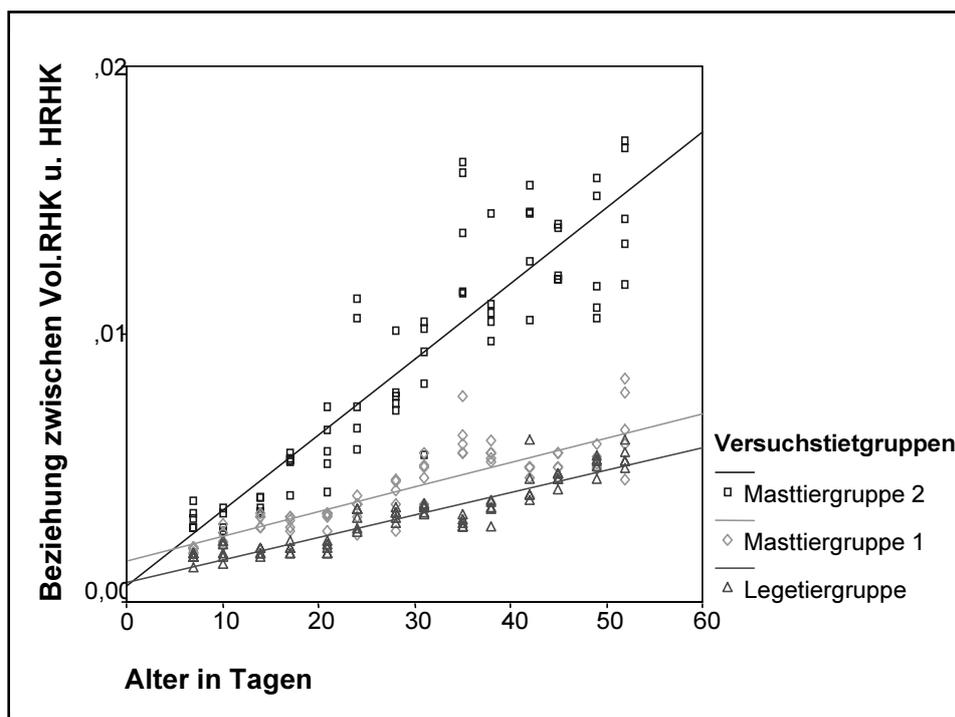


Abb. 34 : Entwicklung der Beziehung zwischen Volumen und Höhe der rechten Herzkammer (Vol.RHK/HRHK) in jeder Versuchstiergruppe vom 7. - 52. Tag

b) Beziehung zwischen Volumen und Höhe der linken Herzkammer

In der linken Herzkammer fanden sich auch für die Beziehung zwischen Volumen und Höhe (Abb. 35) signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten der drei Versuchstiergruppen. Zu Versuchsbeginn erreichte hierbei die MTG 2 für die Beziehung

zwischen Volumen und Höhe der linken Herzkammer den höchsten Wert, während die fast gleich großen in den beiden anderen Versuchstiergruppen niedriger lagen. Diese zu Beginn im Herz-Kreislauf-System (besonders im Körperkreislauf) vorhandenen Verhältnisse (Druckverhältnisse) führten bei entsprechender Höhe bei der MTG 2 zu einem stärkeren Blutvolumen in der linken Herzkammer als bei der LTG und der MTG 1. Für die Altersentwicklung des Beziehungswertes der linken Herzkammer ergab sich bei allen drei berechneten Regressionsgeraden eine Zunahme. Gleichzeitig kam hier aber auch eine Wechselwirkung von Alter und Gruppe vor. Dies bedeutete, dass im Altersgang bei jeder Versuchstiergruppe von einem unterschiedlich starken Anstieg auszugehen war. Der Anstieg des Beziehungswertes bei der MTG 2 fiel dabei ungefähr dreimal und bei der MTG 1 etwa doppelt so groß aus wie bei der LTG (Anhang Tab. 39 a - c). Die linke Herzkammer bei der MTG 2 war demzufolge während der Altersentwicklung bei entsprechender Kammerhöhe zunehmend stärker gefüllt als bei der MTG 1 und der LTG. Die Volumenzunahme in der linken Herzkammer, die im Vergleich zur LTG bei der MTG 2 mehr auffiel als bei der MTG 1, führte zu ihrer stärkeren Ausdehnung und deutete damit auf Veränderungen im Herz-Kreislauf-System (besonders im Körperkreislauf) hin.

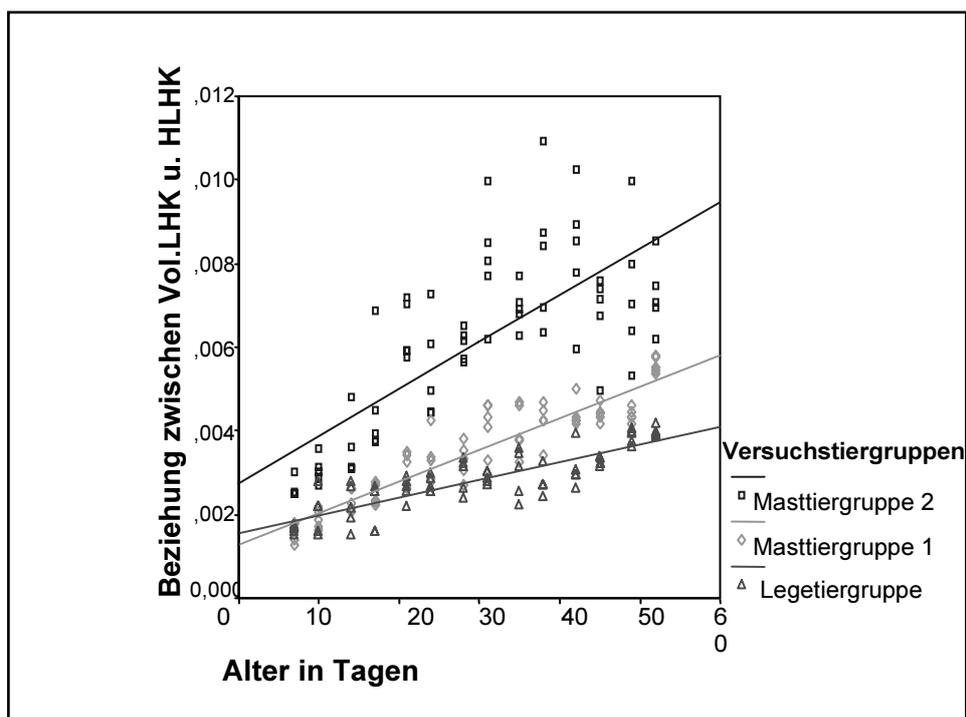


Abb. 35 : Entwicklung der Beziehung zwischen Volumen und Höhe der linken Herzkammer (Vol.LHK/HLHK) in jeder Versuchstiergruppe vom 7. - 52. Tag

3.2.1.3. Lunge

Die absolute Lungenmasse (beide Lungenflügel) verdeutlicht an sich nur die Entwicklung der Lunge als Organ selbst, während die relative Masse beider Lungenflügel die Masseentwicklung des Körpers mit berücksichtigt.

3.2.1.3.1. Absolute und relative Masse beider Lungenflügel

3.2.1.3.1.1. Absolute Masse beider Lungenflügel (abs. MbLF)

Bei allen drei Versuchstiergruppen war eine stetige Erhöhung der absoluten Masse beider Lungenflügel im Altersgang ersichtlich (Abb. 36). Die Diagrammdarstellung zeigte bei der absoluten Masseentwicklung der Lungenflügel aber für die drei Versuchstiergruppen eine unterschiedlich stark ansteigende Verlaufstendenz. Die absoluten Zunahmen waren dabei im Altersgang für die MTG 2 größer als für die MTG 1 und die LTG, was tendenziell in enger Beziehung zu den ermittelten Lebendmassezuwächsen in den drei Versuchstiergruppen zu sehen war. Die Divergenz zwischen den einzelnen Versuchstiergruppen hinsichtlich der absoluten Masse der beiden Lungenflügel wuchs damit im Alter zunehmend an. Die Unterschiede in der absoluten Masseentwicklung beider Lungenflügel begannen dabei zwischen der MTG 2 und der MTG 1 sowie der LTG mit dem Ende der zweiten Lebenswoche. Zwischen der LTG und der MTG 1 deutete sich dagegen eine unterschiedliche Lungenmassenentwicklung erst mit dem 21. - 24. Lebenstag an. Die Streuung der einzelnen absoluten Massewerte beider Lungenflügel nahm im Wachstumsprozess mit steigendem Alter in den drei Versuchstiergruppen zu. Dabei fiel bei beiden Masttiergruppen im Unterschied zu der LTG mit dem Ende der vierten Lebenswoche eine sich abzeichnende stärkere Streuung der Massewerte auf, die im weiteren zeitlichen Versuchsverlauf voranschritt.

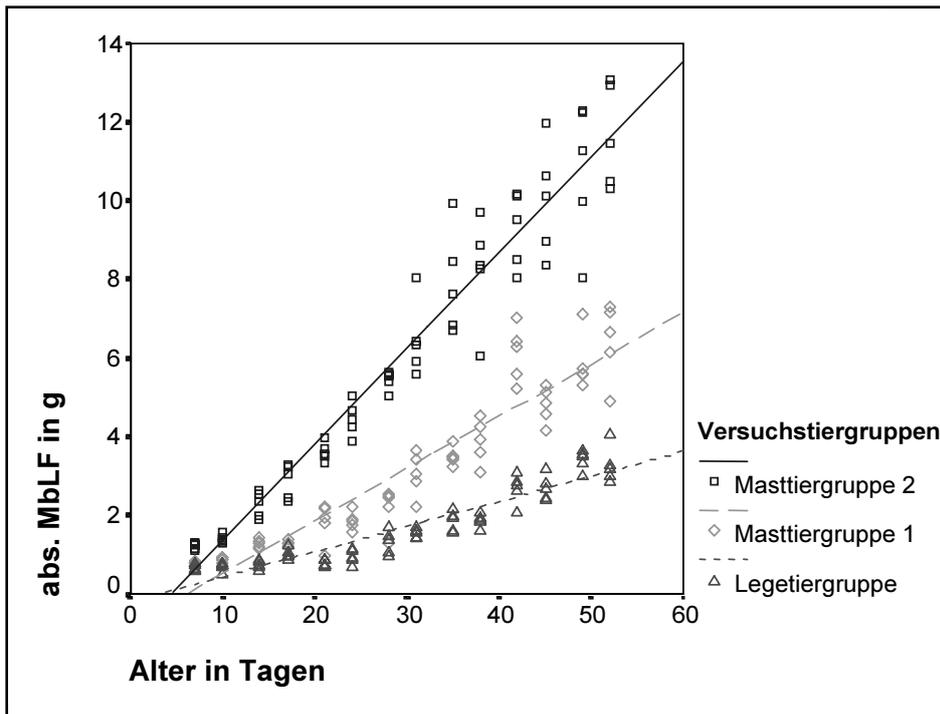


Abb. 36 : Entwicklung der absoluten Masse beider Lungeflügel (abs. MbLF) in jeder Versuchstiergruppe vom 7. - 52. Tag

3.2.1.3.1.2. Relative Masse beider Lungenflügel (rel. MbLF)

Die relative Masse beider Lungenflügel unterschied sich bei den drei Versuchstiergruppen im Mittel signifikant (Abb. 37). Der Mittelwert für die relative Lungenmasse lag bei der LTG zu Beginn höher als bei den beiden Masttiergruppen. Demzufolge war im Verhältnis zur Lebendmasse die Lunge bei der LTG stärker ausgebildet als bei der MTG 1 und 2, was ihre Funktions- und Leistungsfähigkeit beeinflussen kann. Im Altersgang nahm die relative Masse beider Lungenflügel nahezu übereinstimmend bei allen drei Versuchstiergruppen signifikant ab (ähnliche negative Steigung bei allen drei Regressionsgeraden, Anhang Tab. 44 a - c). Aus der Grafik ist zu entnehmen, dass lineare Beziehungen den Verlauf nur unzureichend beschreiben und dass die Abnahme der relativen Lungenmasse bei allen drei Versuchstiergruppen nur tendenziell bis zur 4. Lebenswoche anhielt, um dann das jeweils erreichte Gruppenniveau ungefähr beizubehalten. Vom Niveau her wies dabei die LTG eine immer noch leicht höhere relative Lungenmasse gegenüber den beiden Masttiergruppen auf. Damit ergab sich im Unterschied zur LTG bei der MTG 1 und 2 im Altersgang ein Zurückbleiben der Entwicklung der Lungenmasse gegenüber der Lebendmasse, die bei diesen Kühen im Verlauf des Wachstumsprozesses eine Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit der Lunge verdeutlichen kann.

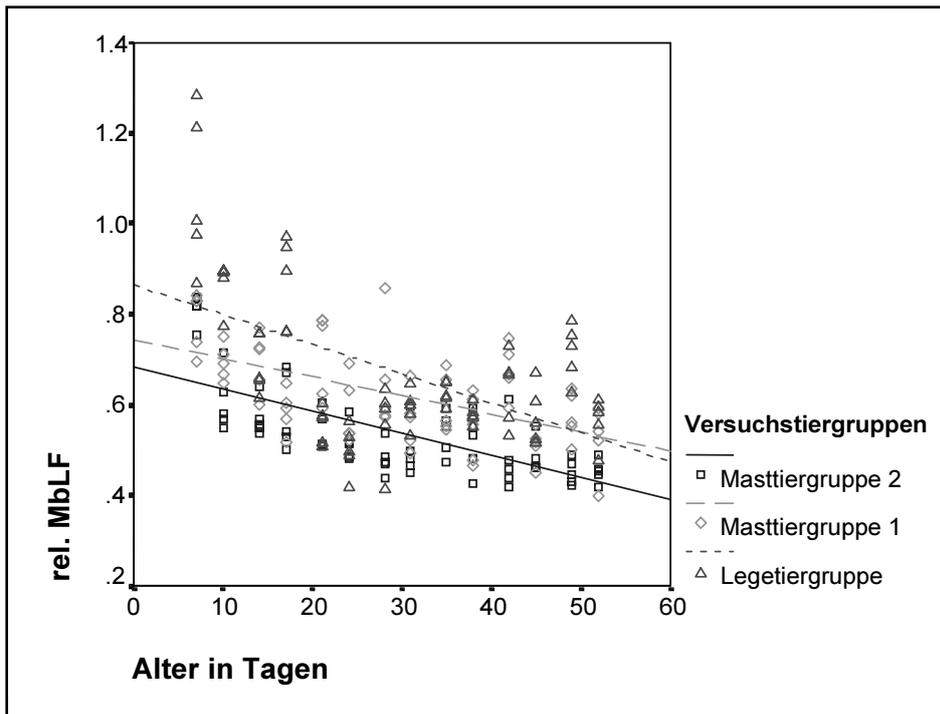


Abb. 37 : Entwicklung der relativen Masse beider Lungenflügel (rel. MbLF) in jeder Versuchstiergruppe vom 7. - 52. Tag

3.2.1.4. Betrachtung der Merkmale unter Berücksichtigung der Verfahrensannahmen (Varianzhomogenität und Linearität der Beziehungen)

Von gleichen Streuungsverhältnissen im Altersgang und bei den drei Versuchstiergruppen konnte nur gesprochen werden, wenn bei allen drei Gruppen eine Varianzhomogenität (Annahme der Hypothese gleicher Varianzen in den Gruppen) vorlag und vom Ausmaß her die Reststreuung um die einzelnen Regressionsgeraden annähernd gleich groß war. Bei den drei Versuchstiergruppen fanden sich bei den **relativen Massen des Herzens** (Gesamtherz und alle einzelnen Herzteilstücke) und der **relativen Lungenmasse** größtenteils im Altersgang keine gleichen Streuungsverhältnisse. Nur für die rel. MHB, die rel. MRHV und die rel. MSi ergaben sich bei den Versuchstiergruppen gleichzeitig eine Varianzhomogenität und eine vergleichbare Reststreuung um die Regressionsgeraden. Für die rel. HM, die rel. MLHV und die rel. MLHVW war zwar die Hypothese gleicher Varianzen im Versuch nicht angezweifelt worden (Anhang Tab. 10 - 15), aber die Reststreuung um die einzelnen Regressionsgeraden unterschied sich zum größten Teil von ihrem Umfang her (die Reststreuungen um die Regressionsgeraden der beiden Masttiergruppen waren zwar vergleichbar, aber größer als die Reststreuung um die Regressionsgerade der LTG). Bei der rel. MbLF (Anhang Tab. 44) war sogar der Hypothese gleicher Varianzen sowie eine vergleichbare Reststreuung um die Regressionsgeraden abgelehnt worden.

Die **prozentualen Anteile der einzelnen Herzteile** an der Gesamtherzmasse zeigten alle eine Varianzhomogenität in den drei Versuchstiergruppen. Von der Größe der

Reststreuung her ergaben sich aber Unterschiede beim prozentualen Anteil des linken Herzventrikels an der absoluten Herzmasse (Anhang Tab. 16 - 18).

Varianzhomogenität bei allen drei Versuchstiergruppen fand sich auch für alle **Herzquotienten**. Nur beim VQ mussten die gleichen Streuungsverhältnisse im Altersgang angezweifelt werden, weil er bei den drei Versuchstiergruppen keine vergleichbar große Reststreuung um die Regressionsgeraden erreichte (Anhang Tab. 19 - 25).

Beim **Herz- und Herzkammerindex** fand sich ebenfalls Varianzhomogenität bei den drei Versuchstiergruppen, die bei dem **Verhältnis aus Herzvorkammer- und Herzventrikelhöhe** nicht auftrat. Alle drei Merkmale wiesen bei der Reststreuung um die Regressionsgeraden Unterschiede auf (Anhang Tab. 28 - 32).

Für alle **Herzinnenmaße** (Breite der einzelnen Herzventrikelwände und die Verhältnisse aus ihnen sowie die Volumen-Höhe-Beziehungen der beiden Herzkammern) ergaben sich keine gleichen Streuungsverhältnisse im Altersgang und in den Versuchstiergruppen (Anhang Tab. 33 - 39), da bei den einzelnen Merkmalen nie gleichzeitig eine Varianzhomogenität und eine vergleichbare Reststreuung um die Regressionsgeraden auftrat (Annahme der Hypothese auf gleiche Varianzen in den Gruppen nur bei dem Verhältnis zwischen der Breite der rechten und linken Herzventrikelwand).

Linearität im Altersgang war dagegen nur bei der rel. MRHV und der rel. MSi (Abb. 13 u. 16) erkennbar, während bei der rel. HM, der rel. MHB, der rel. MLHV, der rel. MLHVW (Abb. 11, 12, 14 u. 15, tendenziell MTG 2 mehr mit konvexförmigen und LTG mehr mit konkavförmigen Verlauf im Altersgang) und der rel. MbLF (Abb. 37, bei allen drei Versuchstiergruppen zuerst schnell und dann langsamer abfallend, um letztendlich erreichtes Niveau zu halten) diese angezweifelt werden musste.

Während bei den prozentualen Anteilen der beiden Herzvorkammern und des rechten Herzventrikels am Gesamtherz (Abb. 18 u. 19) eine lineare Entwicklung im Altersgang zu sehen war, konnte beim prozentualen Anteil des linken Herzventrikels (Abb. 20, bei Masttieren zuerst ein tendenzieller Anstieg mit folgendem leichten Abfall am Ende) nicht von einer linearen Entwicklung im Alter ausgegangen werden.

Bei den Herzquotienten ADI, VQ und Quotient aus abs. MLHV u. TVM (Abb. 22 -24) war wiederum annähernd eine lineare Entwicklung im Altersgang zu erkennen, während dies für den Quotienten aus abs. MHB u. TVM sowie das Verhältnis zwischen HSi u. BrSi (Abb. 21 u. 25, tendenziell entgegengesetzt gerichteter konvex- u. konkavförmiger Verlauf im Altersgang bei MTG 2 u. LTG) nicht zu beobachten war.

Für die Herzaußenmaße Herzkammer- und Herzindex (Abb. 27 u. 28) war im Altersgang ein tendenzieller linearer Verlauf zu sehen, aber für das Verhältnis aus HVH und HVKH (Abb. 26, Altersverlauf bei LTG konvex- u. bei MTG 2 konkavförmig) traf dies nicht zu. Alle Herzinnenmaße zeigten dagegen im Versuchszeitraum Abweichungen von einer linearen Entwicklung (Abb. 29 - 35, besonders auffällig bei MTG 2 und zwar in Bezug auf die Breiten der einzelnen Herzventrikelwände und die Beziehung zwischen Vol.LHK u. HLHK, wo einem Anstieg am Ende ein Abfall folgte, während bei der Beziehung Vol.RHK u. HRHK zuerst ein langsamer und dann schnellerer Anstieg auftrat).

3.2.1.5. Abhängigkeit der Merkmale untereinander

In den folgenden Tabellen 5 - 7 werden die Rangkorrelationskoeffizienten r_s nach Spearman (LORENZ 1996) für die Beziehungen zwischen den Merkmalen dargestellt. Die Berechnung der Korrelationskoeffizienten erfolgte für jede der drei Versuchstiergruppen getrennt. Zwischen den makroskopisch-anatomischen Merkmalen einerseits als auch den zu ermittelten Werten andererseits waren Korrelationen festzustellen, die als stark ($|r_s| > 0,8$), mittelgradig ($0,5 \leq |r_s| \leq 0,8$) oder schwach ($|r_s| < 0,5$) gewertet wurden. Zusätzlich dazu werden im Anhang (siehe Internetversion) nur die Beziehungen zwischen den Merkmalen in Scatterdiagrammen dargestellt, bei denen der Betrag des Rangkorrelationskoeffizient r_s größer als 0,8 (stark) war.

3.2.1.5.1. Abhängigkeiten der makroskopischen-anatomischen Merkmale, der Quotienten und der relativen Organmassen

Der Zusammenhang, der zwischen **dem Alter und der Körpermasse** der Tiere bestand, war im Allgemeinen eng, d.h. dass mit zunehmendem Alter auch die Körpermasse zunahm, bis ein Tier ausgewachsen war. Aus der Tab. 5 war ersichtlich, dass bei allen drei Versuchstiergruppen (LTG, MTG 1, MTG 2) zwischen der Körpermasse und der absoluten Herzmasse sowie der absoluten Lungenmasse starke positive Beziehungen vorkamen. Diese starken positiven Korrelationen ließen sich auch zwischen der Körpermasse und den absoluten Massen der einzelnen Herzbestandteile darstellen. Somit nahmen die absolute Herzmasse und die Massen der einzelnen Herzbestandteile sowie die absolute Lungenmasse mit steigender Körpermasse zu.

Die **Massen der einzelnen Herzbestandteile** (Tab. 5) standen in den drei Versuchstiergruppen untereinander in sehr enger Beziehung (stark positive Korrelation), wodurch ihre gegenseitige Abhängigkeit beim Wachstumsprozess verdeutlicht wurde. Zwischen der absoluten Herzmasse und der absoluten Masse des linken Herzventrikels existierten dabei in allen drei Versuchstiergruppen die größten Rangkorrelationskoeffizienten.

Auffällig in der LTG, der MTG 1 und der MTG 2 waren die Unterschiede bei den negativen Abhängigkeiten zwischen **der Körpermasse und den relativen Massen** des Herzens und auch der Lunge. Sie deuteten auf eine unterschiedliche Wachstumsentwicklung der Organe im Vergleich zur Körpermasse hin. Hierbei war bei der LTG der negative Zusammenhang zwischen Körpermasse und relativer Herzmasse stark, während bei den beiden Masttiergruppen diese Beziehung nur mittelgradig negativ war. Ein Zurückbleiben der Herzmasse- gegenüber der Körpermasseentwicklung war bei der LTG tendenziell etwas stärker ausgeprägt als bei MTG 1 und MTG 2. Dagegen zeigte sich bei den Versuchstiergruppen in der Korrelation zwischen relativer Lungenmasse und

Körpermasse ein genau umgekehrtes Verhältnis als bei der relativen Masse des Herzens. Hier existierte in der Abhängigkeit zwischen Körpermasse und relativer Lungenmasse nur eine schwache negative Beziehung bei der LTG und eine mittelgradig negative Beziehung bei beiden Masttiergruppen. Aus den Untersuchungsergebnissen ging so hervor, dass bei den beiden Masttiergruppen ein tendenziell stärker einzuschätzendes Zurückbleiben der Lungenmasse- gegenüber der Körpermasseentwicklung zu beobachten war als bei der LTG (Tab. 5).

Tab. 5) Rangkorrelationskoeffizienten zwischen der Körpermasse und den absoluten sowie relativen Herz- und Lungenmerkmalen

Merkmal	Gruppe	abs. HM	abs. MHB	abs. MRHV	abs. MLHV	abs. MLHVW	abs. MSi	rel. HM	abs. MbLF	rel. MbLF
KM	LTG	0,987	0,956	0,974	0,987	0,982	0,981	-0,856	0,954	-0,449
	MTG 1	0,971	0,958	0,962	0,969	0,959	0,970	-0,788	0,971	-0,618
	MTG 2	0,954	0,941	0,944	0,948	0,923	0,958	-0,761	0,986	-0,734
abs. HM	LTG	-	0,978	0,981	0,997	0,988	0,993	-0,783	0,966	-0,389
	MTG 1	-	0,989	0,984	0,996	0,989	0,991	-0,657	0,973	-0,523
	MTG 2	-	0,978	0,977	0,994	0,978	0,992	-0,569	0,962	-0,633
abs. MHB	LTG	-	-	0,954	0,973	0,963	0,969	-0,719	0,963	-0,294
	MTG 1	-	-	0,977	0,980	0,973	0,978	-0,644	0,969	-0,482
	MTG 2	-	-	0,968	0,960	0,943	0,963	-0,562	0,945	-0,650
abs. MRHV	LTG	-	-	-	0,976	0,963	0,975	-0,776	0,954	-0,386
	MTG 1	-	-	-	0,977	0,970	0,979	-0,667	0,965	-0,516
	MTG 2	-	-	-	0,962	0,939	0,971	-0,561	0,949	-0,632
abs. MLHV	LTG	-	-	-	-	0,994	0,991	-0,789	0,963	-0,389
	MTG 1	-	-	-	-	0,994	0,991	-0,654	0,965	-0,542
	MTG 2	-	-	-	-	0,990	0,988	-0,563	0,954	-0,630
abs. MLHVW	LTG	-	-	-	-	-	0,976	-0,789	0,957	-0,396
	MTG 1	-	-	-	-	-	0,975	-0,634	0,953	-0,540
	MTG 2	-	-	-	-	-	0,963	-0,518	0,931	-0,600
abs. MSi	LTG	-	-	-	-	-	-	-0,781	0,956	-0,400
	MTG 1	-	-	-	-	-	-	-0,675	0,969	-0,540
	MTG 2	-	-	-	-	-	-	-0,597	0,964	-0,636

(Abkürzungen siehe S. 7 - 8 oder 59)

Zwischen **der relativen Herz- sowie Lungenmasse und den Massen der einzelnen Herzbestandteile** bestanden in den drei Versuchstiergruppen negative Abhängigkeiten. Dabei ergaben sich bei allen Versuchstiergruppen mittelgradig negative Zusammenhänge zwischen den einzelnen Herzmassebestandteilen und der relativen Herzmasse, so dass trotz einer Zunahme der absoluten Massen des Herzens eine tendenzielle Abnahme der relativen Herzmasse erfolgte. Für die relative Lungenmasse ergab sich im Trend dagegen nur bei den beiden Masttiergruppen eine vergleichbare mittelgradig negative Abhängigkeit zu den absoluten Massen der einzelnen Herzbestandteile, während bei der LTG diese Beziehung nur schwach war. So stand auch hier der Zunahme der einzelnen absoluten Herzmassen die Abnahme der relativen Lungenmasse gegenüber, die aber in den Masttiergruppen in ihrer Tendenz etwas stärker war als bei der LTG (Tab. 5).

Zwischen **der Körpermasse und den Höhen als auch dem Volumen beider Herzkammern** zeigten sich starke Zusammenhänge (siehe Tab. 6), die verdeutlichten, dass mit steigender Körpermasse auch die Höhen und die Volumen beider Herzkammern zunahmen.

Sehr enge Beziehungen (starke Korrelationen) bestanden bei der LTG und der MTG 1 auch zwischen **der Körpermasse und den einzelnen Breiten der Herzventrikelwände**. Bei diesen beiden Versuchstiergruppen stieg mit der Körpermasse auch die Breite der einzelnen Herzventrikelwände dementsprechend an. Jedoch fanden sich diese starken Abhängigkeiten bei der MTG 2 allein zwischen der Körpermasse und der Breite des Septum interventriculare, während die Korrelationen der Körpermasse zur Breite der linken Herzventrikelwand nur mittelgradig und zur Breite der rechten Herzventrikelwand nur schwach waren. Die beiden letztgenannten Herzventrikelwände in der MTG 2 nahmen im Verhältnis zur wachsenden Körpermasse nicht so an Breite zu wie in den anderen beiden Versuchstiergruppen.

Die Tabelle 6 zeigte, dass zwischen **den absoluten Massen des Herzens sowie seiner einzelnen Bestandteile und den Höhen sowie Volumen beider Herzkammern** starke Korrelationen existierten. So stieg im Wachstumsprozess die Größe beider Herzkammern in Bezug auf ihre Höhe und ihr Volumen mit den steigenden Massen der absoluten Herzmerkmale.

Aus den Untersuchungsergebnissen ging dann weiterhin hervor, dass starke Beziehungen zwischen **den einzelnen Herzventrikelwandbreiten und den absoluten Massen des Herzens sowie seiner einzelnen Bestandteile** bei der LTG und der MTG 1 bestanden. Bei diesen beiden Versuchstiergruppen war zu beobachten, dass die Massen der Herzventrikelwände als auch ihre Breiten vergleichbar zunahmen. Für die MTG 2 dagegen waren nur starke Zusammenhänge der einzelnen absoluten Herzmerkmale zu der Breite des Septum interventriculare ermittelt worden (Tab. 6), während sie für die

Breite der rechten und linken Herzventrikelwand nur mittelgradig waren. Damit ergab sich in der MTG 2 tendenziell eine veränderte Breitenentwicklung für die rechte und linke Herzventrikelwand im Vergleich zur Massenentwicklung des Herzens.

Tab. 6) Rangkorrelationskoeffizienten zwischen den einzelnen Herzventrikelwandbreiten sowie der Höhe und dem Volumen beider Herzkammern und der Körpermasse sowie den absoluten als auch relativen Herzmerkmalen

Merkmal	Gruppe	BrRHVW	BrLHVW	BrSi	HRHK	HLHK	Vol.RHK	Vol.LHK
KM	LTG	0,822	0,875	0,857	0,929	0,973	0,960	0,952
	MTG 1	0,905	0,917	0,938	0,938	0,946	0,923	0,944
	MTG 2	0,433	0,713	0,809	0,926	0,903	0,946	0,862
abs. HM	LTG	0,845	0,898	0,869	0,944	0,981	0,963	0,958
	MTG 1	0,924	0,951	0,960	0,946	0,964	0,928	0,953
	MTG 2	0,551	0,783	0,884	0,944	0,948	0,952	0,931
abs. MHB	LTG	0,845	0,892	0,870	0,931	0,956	0,935	0,936
	MTG 1	0,918	0,932	0,943	0,941	0,963	0,916	0,946
	MTG 2	0,524	0,755	0,864	0,933	0,943	0,923	0,897
abs. MRHVW	LTG	0,851	0,885	0,856	0,946	0,959	0,962	0,954
	MTG 1	0,919	0,944	0,944	0,942	0,955	0,916	0,944
	MTG 2	0,564	0,762	0,859	0,940	0,930	0,933	0,914
abs. MLHV	LTG	0,834	0,899	0,869	0,939	0,979	0,962	0,959
	MTG 1	0,923	0,953	0,960	0,945	0,965	0,926	0,956
	MTG 2	0,551	0,788	0,891	0,932	0,939	0,948	0,937
abs. MLHVW	LTG	0,822	0,900	0,871	0,928	0,972	0,958	0,958
	MTG 1	0,913	0,950	0,958	0,930	0,956	0,910	0,951
	MTG 2	0,570	0,799	0,883	0,896	0,925	0,924	0,941
abs. MSi	LTG	0,838	0,889	0,858	0,944	0,977	0,954	0,949
	MTG 1	0,923	0,945	0,956	0,955	0,964	0,937	0,951
	MTG 2	0,548	0,772	0,872	0,955	0,937	0,952	0,917
rel. HM	LTG	-0,596	-0,624	-0,638	-0,708	-0,778	-0,798	-0,769
	MTG 1	-0,632	-0,594	-0,635	-0,672	-0,652	-0,674	-0,668
	MTG 2	-0,008	-0,357	-0,411	-0,589	-0,526	-0,638	-0,453

(Abkürzungen siehe S. 7 - 8 oder 59)

Zwischen **der relativen Herzmasse und den einzelnen Herzventrikelwandbreiten** bestanden bei der LTG und der MTG 1 negative mittelgradige Beziehungen und bei der

MTG 2 nur schwache Beziehungen (Tab. 6). So fand sich entwicklungsmäßig bei der MTG 2 ein Zusammenhangsverlust zwischen der Breitenentwicklung der Herzventrikelwände und der relativen Herzmasse.

Aus der Tabelle 6 ist auch ersichtlich, dass in allen drei Versuchstiergruppen die negative Korrelation zwischen **der relativen Herzmasse und den Höhen sowie den Volumen beider Herzkammern** hauptsächlich mittelgradig war, womit im Trend ein Anwachsen der Höhe und des Volumens beider Herzkammern in Verbindung mit einer Abnahme der Herzmasse- gegenüber der Körpermasseentwicklung stand.

Aus der Tabelle 7 ist ersichtlich, dass zwischen **der Körpermasse und den einzelnen Herzquotienten** zum größten Teil nur sehr schwache Korrelationen existierten. Auffällig war nur die mittelgradige negative Beziehung zwischen der Körpermasse und dem Quotienten aus abs. MHB und TVM bei der LTG. Hier zeigte sich tendenziell damit bei der LTG stärker die zunehmende Bedeutung der beiden Herzventrikel gegenüber den beiden Herzvorkammern im Herzzyklus mit steigender Körpermasse, die sich so bei beiden Masttiergruppen nicht andeutete.

Die Beziehungen **der absoluten Massen des Herzens und seiner einzelnen Herzbestandteile zu den Herzquotienten** zeigten vordergründig nur schwache Zusammenhänge. In der Tendenz deuteten sich zwischen ADI und den einzelnen absoluten Herzmerkmalen bei der LTG und der MTG 1 positive Abhängigkeiten an, während die gleichen Beziehungen bei der MTG 2 mehr zu negativen Korrelationen neigen.

Zwischen den Quotienten **ADI und VQ sowie dem Quotienten aus abs. MLHVW und TVM** bestand eine rechnerisch bedingte lineare Abhängigkeit (siehe Kap. 3.1.3.3., Seite 60 und 61). Daher waren für die Abhängigkeiten der makroskopisch-anatomischen Merkmale zum VQ und dem Quotienten aus abs. MLHVW und TVM nur die Vorzeichen der beschriebenen Beziehungen zwischen ADI und den makroskopischen Merkmalen zu ändern. Die tendenziell ermittelten Unterschiede zwischen der MTG 2 und den beiden anderen Versuchstiergruppen waren somit bei diesen genannten Quotienten ursächlich mit veränderten Zuständen im Herz-Kreislauf-System in Verbindung zu bringen. Für einige absolute Massen der einzelnen Herzbestandteile (abs. MRHVW, abs. MLHV, abs. MLHVW) ergaben sich bei der LTG noch mittelgradige negative Zusammenhänge zum Quotienten aus abs. MHB und TVM. Im Unterschied zu den beiden Masttiergruppen wuchs damit bei der LTG die Bedeutung beider Herzventrikel im Herzzyklus deutlicher stärker als die der beiden Herzvorkammern. Die Korrelation zwischen dem Verhältnis aus HSi und BrSi sowie den einzelnen Herzmerkmalen ist nur schwach positiv. Zwischen **der relativen Herzmasse und den einzelnen Herzquotienten** existierten hauptsächlich sehr schwache Beziehungen. Es fand sich nur bei der LTG eine

mittelgradige positive Korrelation zwischen relativer Herzmasse und dem Quotienten aus abs. MHB und TVM. Mit sinkenden relativen Herzmassen bei der LTG sank auch der Quotient aus abs. MHB und TVM, dies ergab sich auf Grund einer stärkeren Massenzunahme bei den Herzventrikeln im Unterschied zu den beiden Herzvorkammern.

Tab. 7) Korrelationskoeffizienten zwischen den Herzquotienten und der Körpermasse sowie den absoluten als auch relativen Herzmerkmalen

Merkmal	Gruppe	ADI	VQ	Quotient aus abs. MLHVW und TVM	Quotient aus abs. MHB und TVM	Verhältnis aus HSi und BrSi
KM	LTG	0,072	-0,064	-0,072	-0,521	0,038
	MTG 1	0,118	-0,120	-0,118	-0,047	0,270
	MTG 2	-0,270	0,268	0,270	-0,173	0,304
abs. HM	LTG	0,052	-0,054	-0,052	-0,484	0,038
	MTG 1	0,118	-0,116	-0,118	-0,015	0,247
	MTG 2	-0,276	0,275	0,276	-0,171	0,257
abs. MHB	LTG	0,017	-0,021	-0,017	-0,343	0,009
	MTG 1	0,142	-0,143	-0,142	-0,100	0,267
	MTG 2	-0,219	0,218	0,219	-0,016	0,251
abs. MRHV	LTG	0,218	-0,215	-0,218	-0,515	0,075
	MTG 1	0,246	-0,247	-0,246	-0,021	0,267
	MTG 2	-0,121	0,120	0,121	-0,141	0,286
abs. MLHV	LTG	0,024	-0,025	-0,024	-0,502	0,032
	MTG 1	0,079	-0,080	-0,079	-0,059	0,239
	MTG 2	-0,332	0,330	0,332	-0,226	0,235
abs. MLHVW	LTG	-0,016	0,016	0,016	-0,507	0,014
	MTG 1	0,064	-0,065	-0,064	-0,070	0,211
	MTG 2	-0,379	0,378	0,379	-0,238	0,193
abs. MSi	LTG	0,053	-0,060	-0,053	-0,499	0,051
	MTG 1	0,119	-0,120	-0,119	-0,047	0,263
	MTG 2	-0,281	0,280	0,281	-0,205	0,286
rel. HM	LTG	-0,071	0,026	0,071	0,541	- 0,038
	MTG 1	-0,181	0,187	0,181	0,042	- 0,245
	MTG 2	0,263	-0,262	-0,263	0,200	- 0,271

(Abkürzungen siehe S. 7 - 8 oder 59)

3.2.2. Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchungen
3.2.2.1. Histologische Veränderungen im Herzmuskelgewebe

Die einzelnen Herzmuskelgewebeproben aus den drei Versuchstiergruppen waren histologisch untersucht worden, um ein Auftreten von rund- und polymorphkernigen Zellinfiltraten (Abb. 38a u. b) nachzuweisen.

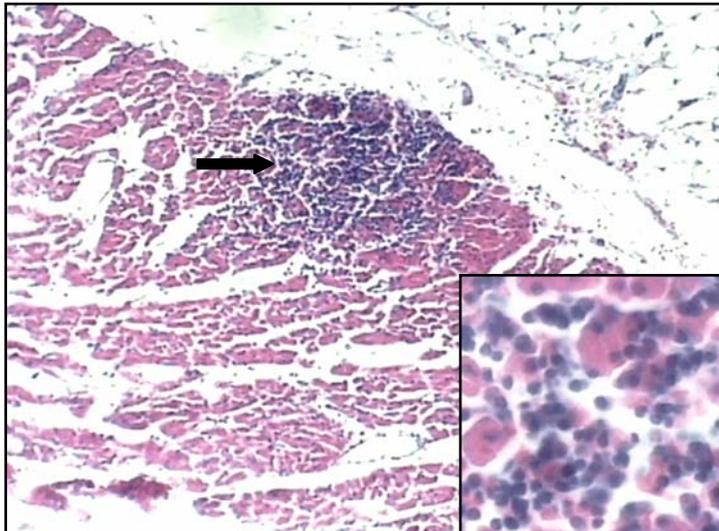
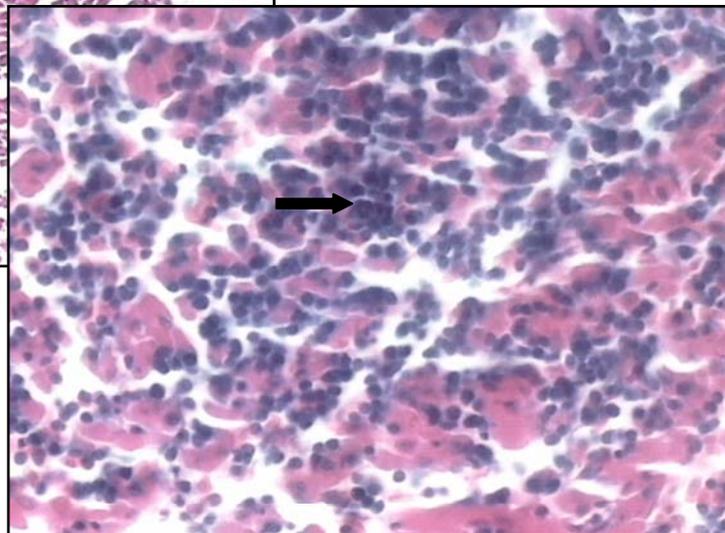


Abb. 38a : herdförmige Infiltration mit rund- und polymorphkernigen Zellen (durch den Pfeil gekennzeichnet) im Herzmuskelgewebe der Versuchstierküken(subperikardial)

Abb. 38b : Vergrößerung der im Herzmuskelgewebe auftretenden herdförmigen Infiltration mit rund- und polymorphkernigen Zellen (lymphoide Zellen - Pfeil)



Dabei war die Häufigkeit der **rund- und polymorphkernigen Zellinfiltraten** getrennt nach ihrem Vorkommen in den einzelnen Herzmuskelgewebeproben (Tab. 8) semiquantitativ ermittelt worden. Gleichzeitig erfolgte auch eine Summierung der Befunde aus den Gewebeproben der einzelnen Teilstücke eines Herzens, wodurch sich eine Gesamtbewertung pro Herz ergab, die dann mit ihrer Häufigkeit ebenfalls in Tab. 8 aufgeführt worden war.

Aus der quantitativen Erfassung der rund- und polymorphkernigen Zellinfiltrate in den Herzmuskelgewebeproben war erkennbar, dass sie mit einem Häufigkeitsgrad von maximal (+) am häufigsten bei den beiden Masttiergruppen, hier aber besonders stark in der MTG 2 (Abb. 39), auftraten. Dagegen waren bei der LTG die rund- und polymorphkernigen Zellinfiltrate mit einem Häufigkeitsgrad von maximal (+) in den einzelnen Herzmuskelgewebeproben nur sporadisch aufzufinden (Abb. 39).

Bei der Herzgesamtbewertung (Summierung der Befunde der einzelnen zueinander gehörigen Herzteilstückgewebeproben) ergaben sich ähnliche Verhältnisse wie bei den einzelnen Gewebeproben zwischen den drei Versuchstiergruppen, jedoch war in quantitativer und qualitativer Hinsicht die Ausprägung der rund- und polymorphkernigen Zellinfiltrate dabei etwas deutlicher (Tab. 8). Während sie mit einer Häufigkeit von (+) in

den Herzen der LTG nur sporadisch beobachtet worden waren, erhöhte sich ihr Auftreten in den Herzen der Masttiere. Hierbei traten die rund- und polymorphkernigen Zellinfiltrate in den untersuchten Herzen im Vergleich zur MTG 1 bei der MTG 2 nicht nur quantitativ mehr mit dem Häufigkeitsgrad von (+) auf, sondern sie kamen in den MTG 2-Herzen auch in einem qualitativ höheren Häufigkeitsgrad von (++) vor (Abb. 40). Diese Unterschiede beim Auftreten der rund- und polymorphkernigen Zellinfiltrate in den Herzen der drei Versuchstiergruppen waren erheblich und statistisch zu sichern (siehe Anhang Tab. 50).

Tab. 8 : Häufigkeit der rund- und polymorphkernigen Zellinfiltrate in den einzelnen Herzgewebeproben und bezogen auf die Gesamtbewertung pro Herz in den drei Versuchstiergruppen

rund- und polymorphkernigen Zellinfiltrate	einzelne Herzgewebeproben						Gesamtbewertung pro Herz					
	Legetiergruppe (n = 280)		Masttiergruppe 1 (n = 280)		Masttiergruppe 2 (n = 280)		Legetiergruppe (n = 70)		Masttiergruppe 1 (n = 70)		Masttiergruppe 2 (n = 70)	
Proben	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
ohne Befund (-)	265	94,64	235	83,93	125	44,64	68	97,14	58	82,86	19	27,14
mit Befund +	15	5,36	45	16,07	155	55,36	2	2,86	12	17,14	41	58,57
mit Befund ++	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	14,29

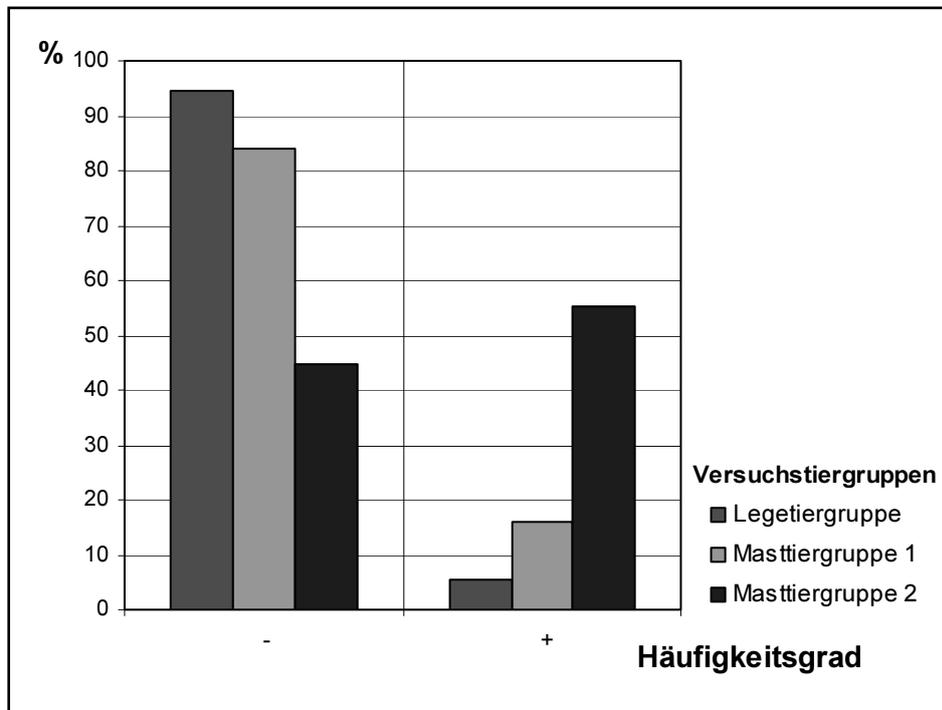


Abb. 39 : Häufigkeit der rund- und polymorphkernigen Zellinfiltrate (in Prozent der untersuchten Herzmuskelproben) in den drei Versuchstiergruppen

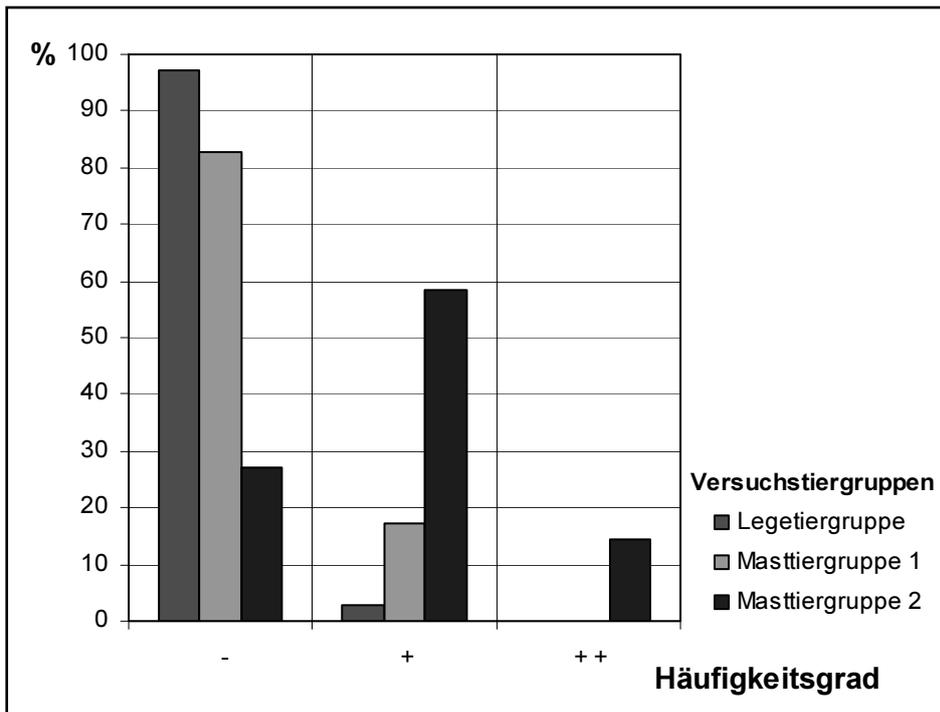


Abb. 40 : Häufigkeit der rund- und polymorphkernigen Zellinfiltrate (in Prozent der untersuchten Herzen) in den drei Versuchstiergruppen

Bezüglich der Lokalisation der rund- und polymorphkernigen Zellinfiltrate ist ihre Verteilung auf die 4 Gewebeproben der einzelnen Herzteilstücke in den 70 untersuchten Herzen pro Versuchstiergruppe in Tabelle 9 und Abbildung 41 dargestellt. Die Auswertung ergab einen annähernd gleichmäßigen Anteil der rund- und polymorphkernigen Zellinfiltrate in allen 4 Herzteilstücken innerhalb der einzelnen Versuchstiergruppen mit einer gewissen, aber nicht statistisch zu sichernden Bevorzugung des Septum interventriculare in der LTG, des Septum interventriculare sowie der rechten Herzventrikelwand in der MTG 1 und der Herzbasis in der MTG 2 (siehe Anhang Tab. 49). Es fiel aber ein Anstieg ihrer Häufigkeit in allen 4 Herzteilstücken von der LTG über die MTG 1 bis hin zur MTG 2 auf, wobei der Häufigkeitsunterschied zwischen der MTG 2 und den anderen beiden Versuchstiergruppen mit Hilfe von 95%-Konfidenzintervallen zu den Anteilen der rund- und polymorphkernigen Zellinfiltrate in den verschiedenen Herzteilstücken in den drei Versuchstiergruppen statistisch zu sichern war (siehe Anhang Tab. 49).

Tab. 9 : Anteil der rund- und polymorphkernigen Zellinfiltrate in den verschiedenen Herzteilstücken in den drei Versuchstiergruppen

rund- und polymorphkernige Zellinfiltrate n = 70	Herzbasis (HB)		rechte Herzventrikelwand (RHVW)		Septum interventriculare (Si)		linke Herzventrikelwand (LHVW)	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Legetiergruppe	3	4,29	4	5,71	5	7,14	3	4,29
Masttiergruppe 1	9	12,86	13	18,57	13	18,57	10	14,29
Masttiergruppe 2	42	60,00	38	54,29	38	54,29	37	52,86

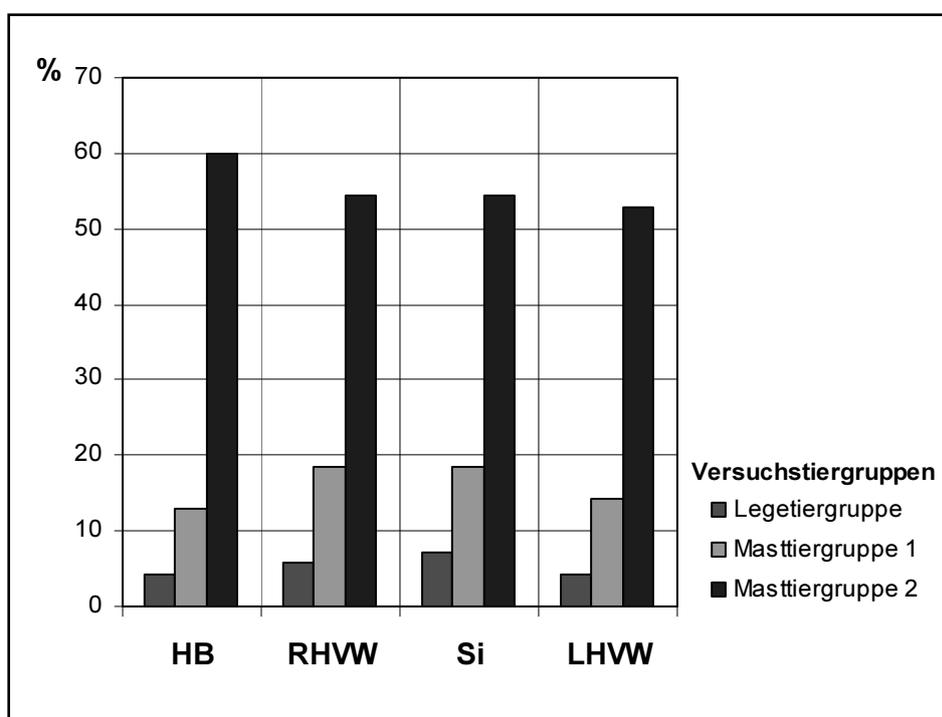


Abb. 41 : Anteil der rund- und polymorphkernigen Zellinfiltrate in den einzelnen Herzteilstücken in den drei Versuchstiergruppen

Beim Vergleich hinsichtlich des Verlaufes des Auftretens der Häufigkeit von rund- und polymorphkernigen Zellinfiltraten in den Herzen der drei Versuchstiergruppen zeichneten sich mit steigendem Alter tendenzielle Unterschiede ab. Um dies zu veranschaulichen, war der höchste Häufigkeitsgrad der rund- und polymorphkernigen Zellinfiltrate in den Herzen pro Schlachttag getrennt nach den Versuchstiergruppen in einem Diagramm graphisch dargestellt worden (Abb. 42 u. Anhang Tab. 45). Während in der LTG erst am Ende des Versuches die rund- und polymorphkernigen Zellinfiltrate mit einer Häufigkeit von (+) in den Herzen aufzufinden waren, traten sie bei den Masttieren schon zu Beginn auf. In der MTG 1 fanden sich schon mit dem 10. Lebenstag rund- und polymorphkernige Zellinfiltrate in den Herzen (Häufigkeitsgrad +), die dann im weiteren zeitlichen Verlauf mit

einigen Ausnahmen immer wieder mit gleicher Häufigkeit zu finden waren. Bei der MTG 2 dagegen war der Häufigkeitsgrad der Zellinfiltrate von (+) schon ab dem 7. Lebenstag nachweisbar, um dann zwischenzeitlich am 21. und 24. sowie 45. und 49. Lebenstag einen noch graduellen höheren Häufigkeitsgrad von (++) zu erreichen.

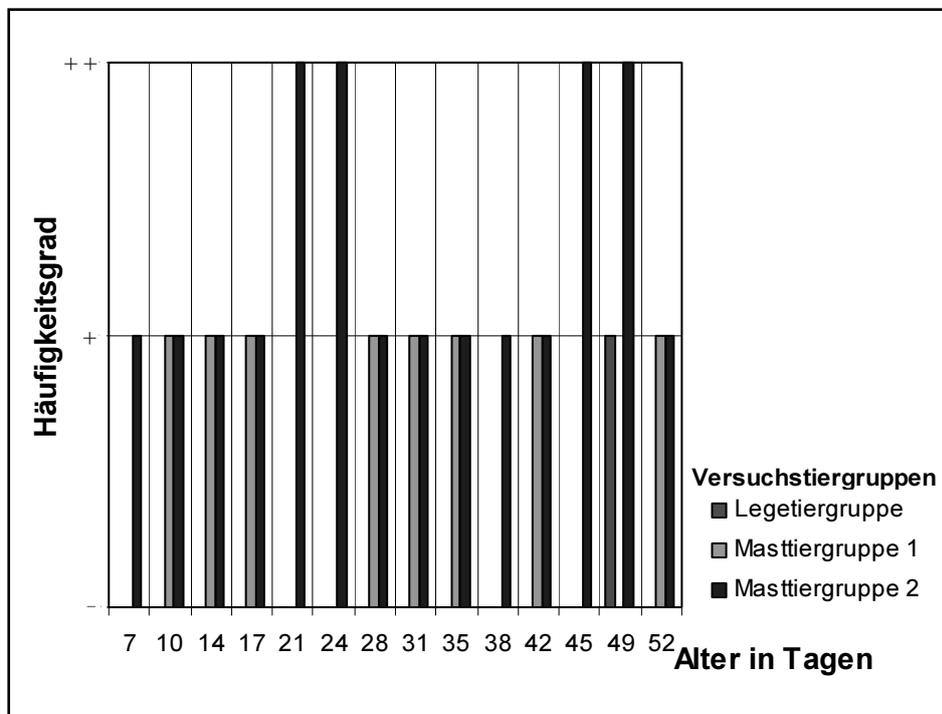


Abb. 42 : Der sich im Versuchsverlauf ändernde Häufigkeitsgrad (immer der höchste pro Schlachttag) der rund- und polymorphkernigen Zellinfiltrate in den Herzen der drei Versuchstiergruppen

3.2.2.2. Histologische Veränderungen im Lungengewebe

Bei der histologischen Untersuchung war in den Lungengewebeproben (linker Lungenflügel) der drei Versuchstiergruppen besonders nach rund- und polymorphkernigen, herdförmigen Zellinfiltraten (Abb. 43) sowie ektopen, knorpeligen und knöchernen Knötchen (Abb. 44a u. b) gesucht worden.

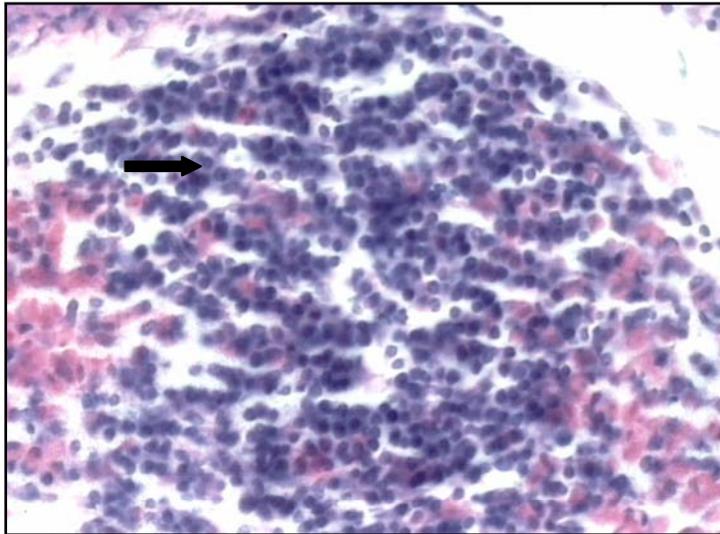


Abb. 43 :
rund- und polymorphkernige,
herdförmige Zellinfiltrate im
Lungengewebe der Küken
(mit Pfeil gekennzeichnet)

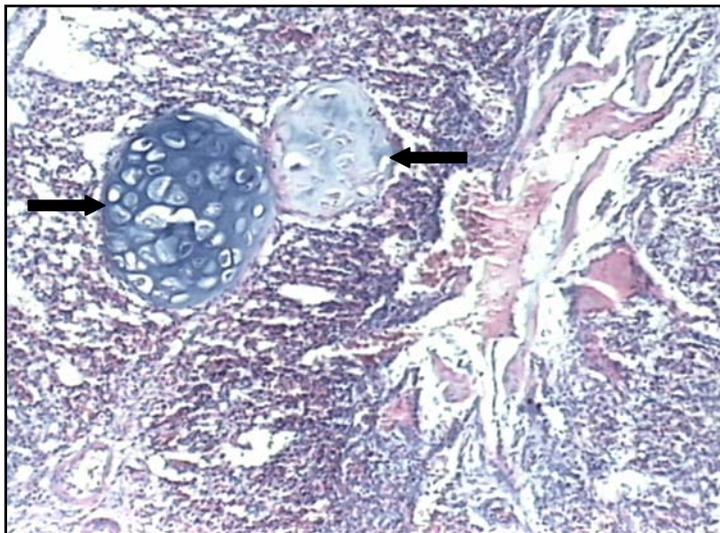


Abb. 44a :
Ektope, knorpelige und
knöcherne Knötchen mit
unterschiedlicher Dichte und
Reifung (gekennzeichnet mit
Pfeilen) im Lungengewebe
von Versuchstierküken

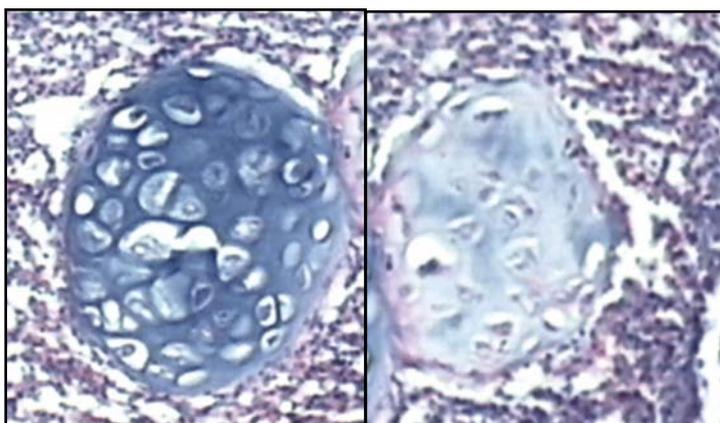


Abb. 44b :
stärkere Vergrößerung der
ektopen, knorpeligen und
knöchernen Knötchen mit
unterschiedlicher Dichte und
Reifung

Die Häufigkeit dieser histopathologischen Lungenveränderungen ist in den Tabellen 10 und 11 sowie in den Abbildungen 45 und 46 dargestellt.

Die **rund- und polymorphkernigen, herdförmigen Zellinfiltrate** in den Gewebeproben des jeweils linken Lungenflügels ließen sich mengenmäßig und graduell aber nur mit einer groben Einteilung deskriptiv erfassen. Sie waren bei allen drei Versuchstiergruppen auf

Grund ihres vielfältigen und gehäuften Auftretens im Lungengewebe nicht immer eindeutig herdförmig gegeneinander abzugrenzen. So ergab sich für die rund- und polymorphkernigen, herdförmigen Zellinfiltrate in den Lungen der drei Versuchstiergruppen in quantitativer Hinsicht ein statistisch gesichertes, wenn auch geringes unterschiedliches Vorkommen (siehe Anhang Tab. 53). Unterschiede zwischen den Versuchstiergruppen traten auch beim Häufigkeitsgrad auf. So überwog bei der LTG vorzugsweise das gering- bis mittelgradige Auftreten der rund- und polymorphkernigen Zellinfiltrate (Häufigkeitsgrad +), während ein massives/hochgradiges Auftreten (Häufigkeitsgrad + +) von ihnen hier nur einen geringen Stellenwert einnahm. In den Lungengewebeproben der beiden Masttiergruppen war dagegen das massive/hochgradige herdförmige Vorkommen der rund- und polymorphkernigen Zellinfiltrate (Häufigkeitsgrad + +) ausgeprägter zu erkennen. Bei der MTG 1 fand sich der Häufigkeitsgrad (+ +) in nahezu der Hälfte aller Lungengewebeproben, wohingegen bei der MTG 2 der Häufigkeitsgrad (+ +) nur in etwas mehr als einem Drittel der Gewebeproben der Lunge vorkam (Tab. 10 u. Abb. 45).

Die Häufigkeit der **ektopen, knorpeligen und knöchernen Knötchen** in den Lungengewebeproben der drei Versuchstiergruppen konnte demgegenüber mit einer feinen graduellen Einteilung deskriptiv dargestellt werden. Sie zeigt damit die auffälligen Unterschiede beim Auftreten der Lungenknötchen in den drei Versuchstiergruppen, die auch statistisch nachgewiesen werden konnten (siehe Anhang Tab. 53). Die ektopen, knorpeligen und knöchernen Knötchen befanden sich demnach mit dem geringsten Häufigkeitsgrad (+) nur in einer sehr geringen Zahl von den untersuchten Gewebeproben der LTG-Lungen. In 63 der 70 Proben waren sie nicht nachzuweisen. Bei den Masttieren dagegen erhöhte sich in den untersuchten Lungen ihr quantitatives und qualitatives Vorkommen besonders deutlich. Nur acht Proben bei der MTG 1 und eine Probe bei der MTG 2 wiesen keine ektopen, knorpeligen und knöchernen Knötchen auf. In den Gewebeproben der Lungen der MTG 1 traten sie hauptsächlich mit einem geringeren bis mittleren Häufigkeitsgrad (+ bis + + +) auf, während sie in der MTG 2 vorwiegend mit einem hohen Häufigkeitsgrad (+ + + + bis + + + + +) zu finden waren (Tab. 11 u. Abb. 46).

Tab. 10 : Häufigkeit der rund- und polymorphkernigen, herdförmigen Zellinfiltrate in den untersuchten Lungengewebeproben in den drei Versuchstiergruppen

rund- und polymorphkernige, herdförmige Zellinfiltrate	Lungengewebeproben					
	Legetier- gruppe (n = 70)		Masttier- gruppe 1 (n = 70)		Masttier- gruppe 2 (n = 70)	
Proben	n	%	n	%	n	%
ohne Befund (-)	2	2,86	0	0	0	0
mit geringem bis mäßigem Befund (+)	58	82,86	34	48,57	43	61,43
mit massivem / hochgradigem Befund (+ +)	10	14,28	36	51,43	27	38,57

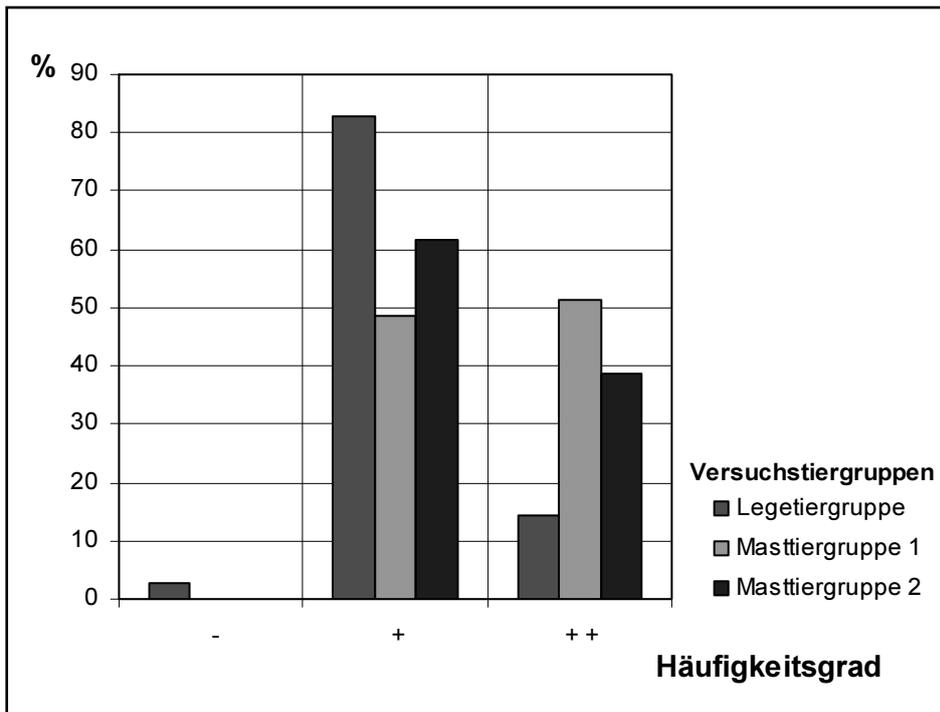


Abb. 45 : Häufigkeit der rund- und polymorphkernigen, herdförmigen Zellinfiltrate (in Prozent der untersuchten Lungengewebebeobachten) in den drei Versuchstiergruppen

Tab. 11 : Häufigkeit der ektopen, knorpeligen und knöchernen Knötchen in den untersuchten Lungengewebebeobachten in den drei Versuchstiergruppen

ektopy, knorpelige und knöcheryne Knötchen	Lungengewebebeobachten					
	Legetiergruppe (n = 70)		Masttiergruppe 1 (n = 70)		Masttiergruppe 2 (n = 70)	
Proben	n	%	n	%	n	%
ohne Befund (-)	63	90,00	8	11,43	1	1,43
mit Befund +	7	10,00	43	61,43	4	5,71
mit Befund ++	0	0	15	21,43	4	5,71
mit Befund +++	0	0	4	5,71	5	7,15
mit Befund ++++	0	0	0	0	38	54,29
mit Befund ++++	0	0	0	0	18	25,71

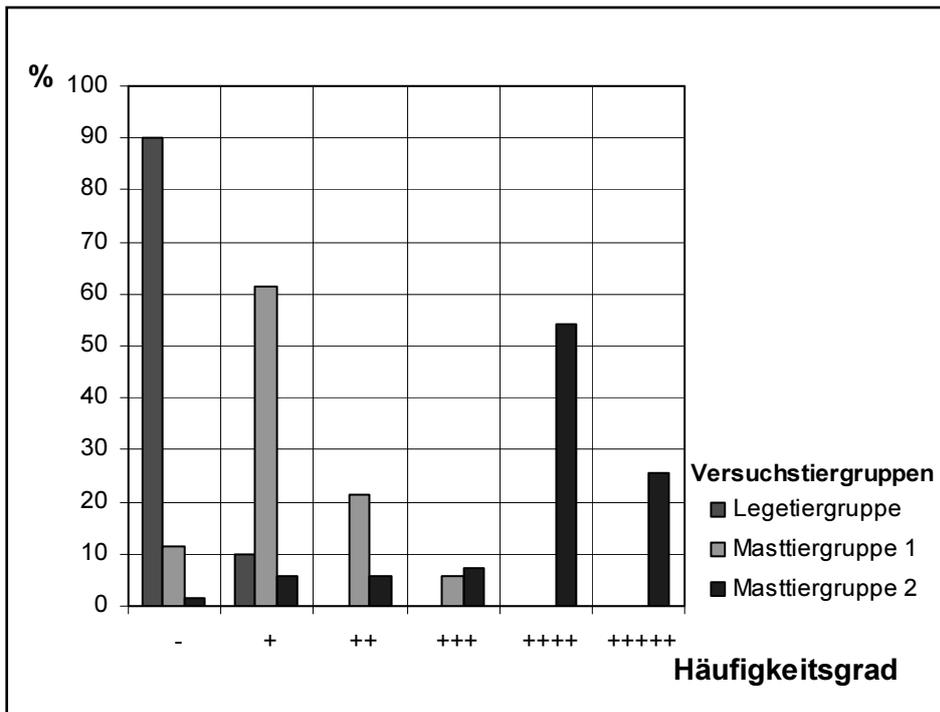


Abb. 46 : Häufigkeit der ektopen, knorpeligen und knöchernen Lungenknötchen (in Prozent der untersuchten Lungengewebebeobachten) in den drei Versuchstiergruppen

Mit zunehmendem Alter traten die rund- und polymorphkernigen, herdförmigen Zellinfiltrate sowie auch die ektopen, knorpeligen und knöchernen Knötchen in den Lungengewebebeobachten der Versuchstiergruppen in einer unterschiedlichen Tendenz auf. Der entsprechende jeweilige zeitliche Altersverlauf ergab sich dabei durch die graphische Darstellung ihrer höchsten Häufigkeitsgrade pro Schlachttag getrennt nach den Versuchstiergruppen.

Die rund- und polymorphkernigen, herdförmigen Zellinfiltrate kamen in allen drei Versuchstiergruppen schon mit einem Häufigkeitsgrad von (+) zu Versuchsbeginn vor. Bei der LTG stieg der Häufigkeitsgrad von (+) auf (++) im Altersgang mit dem 35. Lebenstag an. Bei den Masttieren dagegen erhöhte sich schon am 24. Lebenstag der Häufigkeitsgrad auf (++) (Abb. 47 u. Anhang Tab. 51).

Die ektopen, knorpeligen und knöchernen Knötchen waren demgegenüber zu Versuchsbeginn nur bei den Masttieren nachzuweisen (Häufigkeitsgrad +).

Bei der LTG kamen sie erst geringgradig und auch dann nur vereinzelt ab dem Ende der dritten Lebenswoche vor. In der MTG 1 dagegen stieg ihr anfänglicher Häufigkeitsgrad von (+) am Ende der dritten Lebenswoche an, um letztendlich im Versuchsverlauf zeitlich begrenzt sogar einen Häufigkeitsgrad von (+++) zu erreichen. Auch der Häufigkeitsgrad der ektopen, knorpeligen und knöchernen Knötchen bei der MTG 2 erhöhte sich, aber viel schneller und intensiver als bei der MTG 1. In den Lungengewebebeobachten der MTG 2 trat der Häufigkeitsgrad (+++++) schon vor Ende der dritten Lebenswoche auf und hielt sich so fast durchgängig bis zum Versuchsende (Abb. 48 u. Anhang Tab. 52).

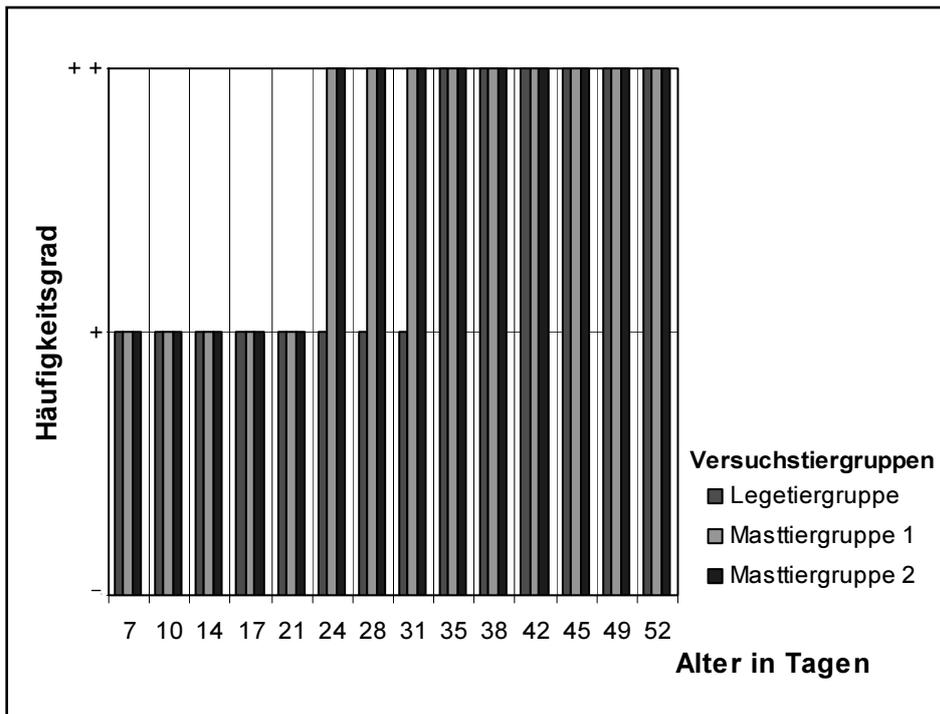


Abb. 47 : Der sich im Versuchsverlauf ändernde Häufigkeitsgrad (immer der höchste pro Schlachttag) der rund- und polymorphkernigen, herdförmigen Zellinfiltrate in den untersuchten Lungengewebebeben in den drei Versuchstiergruppen

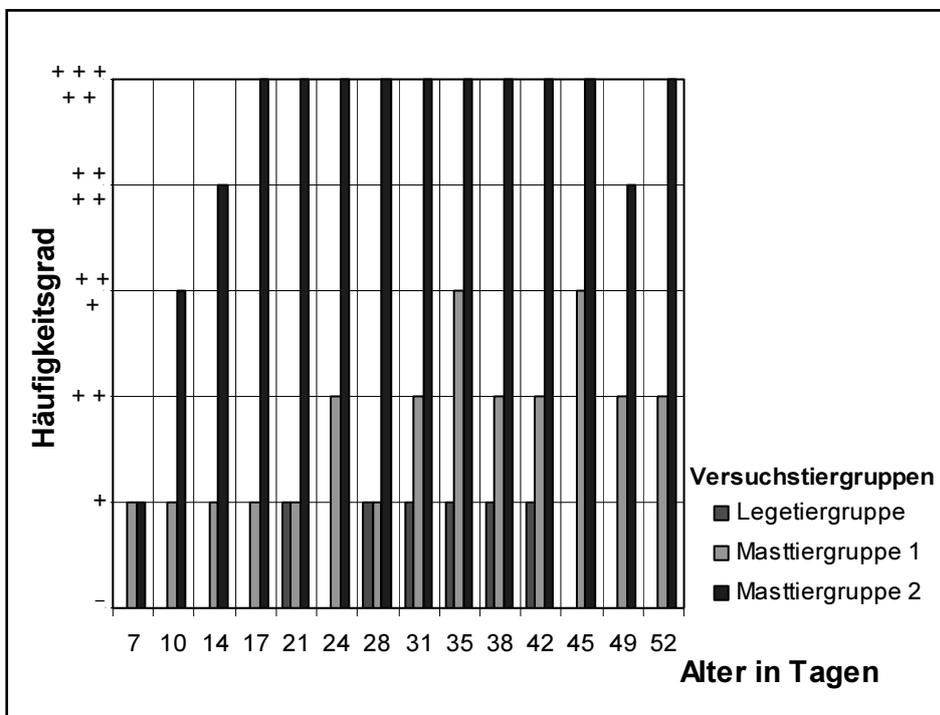


Abb. 48 : Der sich im Versuchsverlauf ändernde Häufigkeitsbefund (immer der höchste pro Schlachttag) der ektopen, knorpeligen und knöchernen Lungenknötchen in den untersuchten Lungengewebebeben in den drei Versuchstiergruppen