

Aus dem
Institut für Veterinär-Anatomie
der Freien Universität Berlin

**Quantitativ- und qualitativ-morphologische Untersuchungen an Nieren und
Nebennieren von Katzen im Altersgang und unter Berücksichtigung des Plasma-Taurin-
Gehaltes**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Veterinärmedizin
an der
Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Annett Skorka
Tierärztin aus Berlin
Berlin 1999

Journal-Nr.: 2351

Gedruckt mit Genehmigung
des Fachbereiches Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

Dekan: Univ.-Prof. Dr. K. Hartung

Erster Gutachter: Univ.-Prof. Dr. habil. R. Berg

Zweiter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. L. Brunberg

Tag der Promotion: 21.01.2000

Inhaltsverzeichnis

0	Abkürzungsverzeichnis	6
1	Einleitung	8
2	Literaturübersicht	9
2.1	Makroskopisch-anatomische Parameter	9
2.1.1	Nieren	9
2.1.1.1	Form, Lage und Blutversorgung	9
2.1.1.2	Größe und Masse	10
2.1.2	Nebennieren	12
2.1.2.1	Lage und Gestalt	12
2.1.2.2	Größe und Masse	12
2.2	Mikroskopisch-anatomische Parameter	15
2.2.1	Nieren	15
2.2.1.1	Anzahl und Dichte der Nierenkörperchen	16
2.2.1.2	Größe der Nierenkörperchen	20
2.2.1.3	Abstand der zehn kapselständigsten NK zur Nierenkapsel	25
2.2.1.4	Durchmesser der Nierenrinde	25
2.2.1.5	Glomerulusindex	26
2.2.2	Nebennieren	28
2.2.2.1	Funktion der Nebennierenrinde	29
2.2.2.2	Anteil der Zona glomerulosa an der Gesamtnebenierenrinde und Zellkerngröße der Zona-glomerulosa-Zellen	30
2.3	Taurin unter besonderer Berücksichtigung der Katze	35
2.3.1	Geschichte	35
2.3.2	Aufbau, Bildung und Ausscheidung von Taurin	35
2.3.3	Taurin-Mangel bei der Katze	37
2.3.4	Taurin-Normwerte und Taurin-Bestimmung	40
2.3.5	Vorbeugung eines Taurin-Mangels	41
3	Eigene Untersuchungen	42
3.1	Material und Methoden	42
3.1.1	Taurin-Bestimmung	43
3.1.2	Makroskopisch-anatomische Methoden	45
3.1.3	Mikroskopisch-anatomische Methoden	46

3.1.3.1	Histometrie der Niere	46
3.1.3.2	Histometrie der Nebenniere	49
3.1.4	Statistische Methoden	51
3.1.5	Nomenklatur	54
3.2	Ergebnisse	55
3.2.1	Makroskopisch-anatomische Parameter	55
3.2.1.1	Körpermasse	55
3.2.1.2	Scheitel-Steiß-Länge	57
3.2.1.3	Absolute und relative Nierenmasse	59
3.2.1.4	Absolute und relative Nebennierenmasse	63
3.2.2	Mikroskopische-anatomische Parameter	66
3.2.2.1	Niere	66
3.2.2.1.1	Größe der Glomeruli und Corpuscula	66
3.2.2.1.2	Dichte der Nierenkörperchen	72
3.2.2.1.3	Glomerulusindex	78
3.2.2.1.4	Mittlerer Abstand der zehn kapselständigsten Glomeruli zur Nierenkapsel	81
3.2.2.1.5	Breite der Nierenrinde	83
3.2.2.2	Nebenniere	85
3.2.2.2.1	Zellkerngröße der Zona-glomerulosa-Zellen	85
3.2.2.2.2	Breite der Nebennierenzonen	89
3.2.2.2.3	Prozentualer Anteil der Zona glomerulosa an der Gesamtnebnierenrindenfläche	92
3.2.3	Plasma-Taurin-Gehalt	95
3.2.4	Korrelation zwischen den Merkmalen	97
4	Diskussion	105
4.1	Makroskopisch-anatomische Merkmale	106
4.2	Mikroskopisch-anatomische Merkmale	109
4.2.1	Niere	109
4.2.2	Nebenniere	115

4.3	Wertung der Ergebnisse im Komplex des Taurin-Mangels	118
4.4	Korrelative Betrachtung	120
5	Zusammenfassung	125
6	Summary	126
7	Literaturverzeichnis	128
8	Tabellenanhang	144
9	Danksagung	160
10	Lebenslauf	161

0 Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
Aa.	Arteriae
Anz	Anzahl
bNR	Breite der Nierenrinde
bNNR	Breite der Nebennierenrinde
Gfl	Glomerulusfläche
Gindex	Glomerulusindex
Glom	Glomerulus
Glomfl	Glomerulusfläche
Glomm/mm ²	Anzahl der Glomeruli pro mm ²
Glv	Glomerulusvolumen
i. m.	intramuskulär
i. p.	intraperitoneal
ju	juxtamedullär
KM	Körpermasse
li VW	linke Ventrikelwand
Myofl.	Myozytenquerschnittsfläche
n	Anzahl der Tiere pro Gruppe
NM	Nierenmasse
Nn.	Nervi
NN	Nebenniere
NNM	Nebennierenmark
NNM in g	Nebennierenmasse in g
NNR	Nebennierenrinde
n.s.	nicht signifikant
rel.	relative
r _s	Korrelationskoeffizient
s	Standardabweichung
sk	subkapsulär
SSL	Scheitel-Steiß-Länge
Std. abw	Standardabweichung

V.	Vena
Vv.	Venae
\bar{x}	Mittelwert
Zglomfl	Zona-Glomerulosa-Fläche
ZkV	Zellkernvolumen der Glomerulosazellen
Zretfas	Zona-reticularis- und Zona-fasciculata-Fläche
μ_u/ μ_o	untere/ obere Grenze des 0,95-Konfidenzintervall

1 Einleitung

Im Institut für Veterinär-Anatomie des Fachbereiches Veterinärmedizin der Humboldt-Universität zu Berlin bzw. Freien Universität Berlin wurden unter anderem zahlreiche quantitativ-morphologische Untersuchungen von Herz, Niere und Nebenniere bei verschiedenen Tierarten unter Berücksichtigung verschiedener Parameter durchgeführt. Dabei wurden in den meisten Arbeiten die Schwerpunkte auf das Herz-Kreislauf-System gesetzt (HAUSMANN, 1989; GRÜBEL, 1990; SPIELER, 1995) und später auch die Beteiligung anderer Organe mit einbezogen (GENSICKE, 1996; NIETZ, 1997; STARKE, 1997).

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es nun, die makroskopisch und mikroskopisch-anatomischen Parameter in der Niere und Nebenniere bei der Hauskatze zu untersuchen, und diese in Korrelation zum Alter, Geschlecht und dem Taurin-Wert im Plasma zu setzen.

Dabei ist bekannt, daß Taurin für die Katze eine essentielle Aminosäure ist. Durch Taurin-Mangel-Zustände kommt es hauptsächlich zu Veränderungen am Herzen und an der Retina, aber auch die Niere kann davon betroffen sein. Bei der Auswahl der Tiere wurden Katzen unterschiedlichen Geschlechts, Alters und Herkunft mit einbezogen, wobei allerdings nicht immer ein klinisch manifester Taurin-Mangel vorhanden war, so daß es auch möglich war, die erfaßten Daten der Niere und Nebenniere der Katze mit den zahlreichen Untersuchungen anderer Autoren zu vergleichen. Neben den üblichen makroskopisch-anatomischen Parametern werden hauptsächlich histometrische Untersuchungen zur Größe und Dichte der Glomeruli, dem Abstand der kapselständigsten Nierenkörperchen zur Nierenkapsel, der Nierenrindenbreite, dem Zellkernvolumen der Glomerulosazellen der Nebenniere und der Breite der Zona glomerulosa ermittelt, um eventuell vorhandene morphologisch faßbare Korrelationen zwischen den untersuchten Parametern aufzudecken.

Neben dem Vergleich zu anderen Tierarten soll aber das Hauptziel sein, die makroskopisch- und mikroskopisch-anatomischen Untersuchungsergebnisse in den Komplex des Taurin-Mangels bei der Katze einzubeziehen.

2 Literaturübersicht

2.1 Makroskopisch-anatomische Parameter

2.1.1 Nieren

2.1.1.1 Form, Lage und Blutversorgung

Die Katzennieren werden als bohnenförmig beschrieben und bei den meisten Tieren sind sie kaudal des Rippenbogens durch ihre lockere Aufhängung, als Hängenieren deutlich tastbar. Sie liegen retroperitoneal (SCHMIDT und HORZINEK, 1997). Bei vielen Säugetieren befindet sich die rechte Niere weiter kranial als die linke Niere und reicht somit weiter in den intrathorakalen Bereich der Bauchhöhle hinein. Bei der Katze liegen beide Nieren etwa auf gleicher Höhe. Zwischen der Niere und dem Peritoneum befindet sich eine Fettschicht, die als Capsula adiposa bezeichnet wird. Der Nierenkörper selber ist mit einer dicht anliegenden, aber leicht abziehbaren Bindegewebskapsel, der Capsula fibrosa, überzogen (KOCH und BERG, 1990).

Durch die stark geschlängelten, anastomosierenden subkapsulären Vv. stellatae auf der Oberfläche wird ihnen ihr typisches Aussehen verliehen. Im Querschnitt erkennt man die Capsula fibrosa, die Nierenrinde (Cortex), das Mark (Medulla) sowie das Nierenbecken (Pelvis renalis) bereits makroskopisch und kann diese Abschnitte schon deutlich unterscheiden. In der Rinde sind alle Glomeruli und der Großteil des Tubulusapparates angeordnet, im Mark befinden sich die Henleschen Schleifen und Sammelkanälchen sowie Blutgefäße.

Die Versorgung der Katzenniere erfolgt über die A. renalis, die sich in mehrere Aa. interlobares renis aufteilt. An der Mark-Rinden-Grenze geben diese die Aa. arcuatae ab, die sich in die Aa. interlobulares verzweigen und in die afferenten Arteriolen aufteilen. Diese bilden die Glomeruli, von denen die Vasa efferentia ausgehen. Die efferenten Arteriolen versorgen in der oberflächlichen Rinde nur den dazugehörigen Tubulus, in den tieferliegenden Nephronen versorgen sie auch die Tubuli benachbarter Glomeruli. Der äußere Rindenbereich der Katzenniere wird durch die subkapsulären Vv. stellatae gesondert venös entsorgt.

Die am Gefäßpol austretenden Vasa afferentia und die Vasa efferentia bilden mit den modifizierten Tubuluszellen der Macula densa den juxtaglomerulären Apparat, der über den Renin - Angiotensin - Mechanismus den renalen Blutfluß und somit die Filtrationsrate steuert. Von den efferenten Arteriolen der juxtamedullären Glomeruli gehen die Vasa recta aus, die mit einer Haarnadelschleife ins Mark hineinragen (SCHMIDT und HORZINEK, 1997).

2.1.1.2 Größe und Masse

Die Größe eines Organes kann weitgehend als Maßstab für dessen Leistungsfähigkeit angesehen werden (DRESCHER, 1974). Die Masse eines Organes ist von der Körpergröße abhängig. So muß also zunächst analysiert werden, welche Beziehungen zwischen Körper- und Nierenmasse bestehen.

Einige Autoren stellten in ihren Untersuchungen fest, daß mit steigender Körpermasse auch die Nierenmasse zunimmt, allerdings nicht im gleichen Verhältnis (SCHILLING, 1951; BERG et al., 1976; RIEGER, 1989). So wurden negative Korrelationen zwischen Körper- und Nierenmasse beim Schwein (BERG et al., 1976), Pferd und Rind (WITTMANN, 1959), Hund (EISENBRANDT und PHEMISTER, 1979), Ratte (POTHMANN, 1981) sowie beim Menschen (NYENGAARD und BENDTSEN, 1992) ermittelt.

Die Nieren eines Tieres unterscheiden sich oft in der Masse, dabei können im Einzelfall deutliche Unterschiede auftreten. Diese sind aber im Durchschnitt nicht signifikant, so daß man von gleich schweren Nieren ausgehen kann (KOCH und BERG, 1990).

So wurde bei der Untersuchung von Mäusestämmen durch POTHMANN (1981) und auch bei Mastschweinhybriden von RIEGER (1989) keine statistisch gesicherten Masseunterschiede zwischen linker und rechter Niere festgestellt.

Betrachtet man die Nierenmasse im Altersgang, so wird eine Zunahme der absoluten und ein Abnehmen der relativen Nierenmasse mit dem Alter von einigen Autoren beschrieben (BONVALET et al., 1977; POTHMANN, 1981; HACKBARTH, 1987; KOCK, 1990; SEIFERT und HENNEBERGER, 1991).

Bei MWF-Ratten wurde eine Abnahme der relativen Nierenmasse um 34% vom 10. bis 150. Lebensstag ermittelt (POTHMANN, 1981). Ähnliche Ergebnisse konnten auch beim Schaf und Kaninchen von SCHILLING (1951), beim Hund von EISENBRANDT und PHEMISTER (1979) und beim Menschen von NYENGAARD und BENDTSEN (1992) bestätigt werden.

Interessante Vergleiche der Nierenmasse konnten auch im Zusammenhang mit dem Geschlecht in der Literatur gefunden werden. Dabei wurden zum Beispiel schwerere Nieren bei männlichen Schafen von SCHILLING (1951) und auch bei männlichen Hunden von KLATT und VORSTEHER (1923) gefunden. Keine signifikante Geschlechtsabhängigkeit von absoluter und relativer Nierenmasse wurde hingegen bei der Untersuchung von Haus- und Wildschweinen festgestellt (THIESSEN, 1976). Diese Aussage konnte auch von ERBINGER (1972) bei Wanderratten bestätigt werden.

In der Literatur wurden über jahreszeitliche Schwankungen der Nierenmasse bei Wildtieren berichtet. Dabei wird eine erhöhte Nierenmasse im Frühjahr und Sommer mit einer verstärkten Stoffwechselaktivität in dieser Jahreszeit gegenüber dem Winter erklärt (DRESCHER, 1974).

Tab. 1: Absolute und relative Nierenmasse

	Masse beider Nieren absolut in g	relative Nierenmasse in %
NEWBOLD et al. (1992) Mensch, erwachsen	160 – 480	
POTHMANN (1981) Ratte 10 Tage	0,21 - 0,28	1,33 - 1,43
100 Tage	2,71 - 3,38	0,87 - 0,99
WITTMANN (1959) Rind 50 kg KM	187	0,37
470 kg KM	1077	0,23
Pferd 500 kg KM	1365	0,27
Schwein 130 kg KM	288	0,22
BERG et al. (1976) Miniaturschwein		
25,6 kg KM	121,6	0,47
84,4 kg KM	221,6	0,27

2.1.2 Nebennieren

2.1.2.1 Lage und Gestalt

Beim Hund und bei der Katze liegen die Nebennieren (NN) etwas weiter von den Nieren entfernt als bei den übrigen Haustieren. Ihre Farbe ist gelb. Die linke Nebenniere liegt unmittelbar vor der A. und V. renalis sinistra, d.h. in der Mitte zwischen der Extremitas cranialis der linken Niere und der Aorta abdominalis. Die rechte Nebenniere liegt vor der V. renalis dextra der Hohlvene dorsal und rechts unmittelbar an. (KOCH und BERG, 1985). Diese Autoren beschreiben die Gestalt der Katzennebeniere ähnlich einer Kaffeebohne. Die Form ist nicht nur zwischen den einzelnen Tierarten, sondern auch zwischen der rechten und linken Nebenniere zum Teil sehr unterschiedlich. So besitzt zum Beispiel die Katze rundovale, beiderseits symmetrisch ausgebildete Nebennieren, während die rechte Nebenniere des Rindes herzförmig, die linke dagegen bohnenförmig ist (MATTHIAS, 1968).

2.1.2.2 Größe und Masse

Bei Untersuchungen über die Größe und Masse der Nebennieren wurde festgestellt, daß diese Parameter in Abhängigkeit von Tierart, Rasse, Geschlecht, Alter, Jahreszeit und Ernährungszustand variieren (KRACHT und SPAETHE, 1953; MATTHIAS, 1968).

Bei den Haustieren ist, außer beim Hund, beim Pferd und bei der Katze, die linke NN schwerer als die rechte. Beim Hund und beim Pferd ist es umgekehrt, und bei der Katze sind beide NN gleich schwer (SASHEGYI, K. 1935).

Bei der Katze liegt das Durchschnittsgewicht der Nebennieren bei etwa 0,3 bis 0,5 g und das Durchschnittsmaß bei 1:0,75:0,3 cm (KOCH und BERG, 1985).

SMOLLICH (1964) ermittelte die Nebennierenmasse von fünf Meerschweinchen, dabei lag der Mittelwert aller Tiere bei 0,0562%.

Betrachtete man die Masse der Nebennieren hinsichtlich des Geschlechtes der Tiere, erkannte man, daß die absolute Masse der Nebennieren bei weiblichen Tieren stets höher ist als bei männlichen Tieren (JACKSON, 1913/14; HATAI, 1914; HOLTKAMP-ENDEMANN, 1974). Diese Aussage kann mit verschiedenen Beispielen aus der Literatur unterstützt werden.

Bei 45 untersuchten Kaninchen betrug die durchschnittliche Nebennierenmasse etwa 0,38 g. Dabei war die Masse der Nebennieren bei weiblichen Tieren teilweise erheblich höher als bei Böcken und Kastraten. Dieser Unterschied konnte jedoch nicht statistisch gesichert werden. Kaninchen mit Körpermassen zwischen 1,5 und 6,9 kg hatten im Durchschnitt eine relative Nebennierenmasse von 0,013 %. Dabei wurde im Vergleich zwischen der linken und der rechten Nebennierenmasse in 87% der Fälle eine schwerere linke Nebenniere ermittelt (WILKE, 1963).

Bei den Untersuchungen von BAMBAUER (1953) an den Nebennieren von Rindern konnte festgestellt werden, daß die Durchschnittsmasse der Nebennieren beim einjährigen männlichen Rind mit 6,3 g unter der Masse des gleichaltrigen weiblichen Rindes lag, welches 7,0 g betrug. Der anschließende Masseanstieg bis zum vierten Lebensjahr war bei beiden Geschlechtern gleich, wobei jedoch die Masse der Bullennebennieren stets um einige Zehntelgramm unter der der Kühe lag. Bei Tieren im Alter von fünf Jahren zeigte sich wieder ein deutlicher Unterschied. Die Durchschnittsmasse der Nebennieren bei den weiblichen Tieren lag bei 17,5 g und die der männlichen Tiere bei nur etwa 12 g.

BERG et al. (1976) fanden allerdings keinen geschlechtsbedingten Unterschied.

Auch bei der Ermittlung der relativen Nebennierenmassen zeigte die überwiegende Mehrheit der Säugetierspezies bei den weiblichen Tieren stets höhere Werte als bei den männlichen Tieren. Eine Ausnahme bildeten dabei die Rodentia (DEANE, 1962).

Diese Aussage wurde von SEIFERT und HENNEBERGER (1991) bestätigt, welche von 33 Meerschweinchen des Stammes alb/Jena die absoluten und relativen Nebennierenmassen bestimmten. Die juvenilen Meerschweinchen zeigten bei männlichen und weiblichen Tieren ähnliche Werte auf. Bei den Adulten hatten die männlichen Tiere jedoch die größeren absoluten Nebennierenmassen. Die relativen Werte waren dagegen bei beiden Geschlechtern ähnlich.

Bei ähnlichen Studien am Meerschweinchen wurde bei adulten Tieren ebenfalls eine signifikant höhere absolute und relative Nebennierenmasse bei männlichen Tieren ermittelt (GENSICKE, 1996).

Andere Autoren fanden jedoch bei ihren Untersuchungen bei den weiblichen Ratten absolut und relativ schwerere Nebennieren (DHOM et al., 1971; HOLTKAMP-ENDEMANN, 1974; MALENDOWICZ, 1986).

Bei den Studien von HOLTKAMP-ENDEMANN (1974) an den Nebennieren von Wild- und Laborratten wurden folgende Ergebnisse erzielt.

Die Weibchen der Wild- und Laborratte zeigten jeweils höhere Nebennierenmassen als die Männchen, wobei die Autorin annahm, daß die höheren Massen bei den Weibchen durch die größere Nebennierenrinde bedingt war. Die Nebennieren der weiblichen Laborratten waren im Durchschnitt um 7,0 mg schwerer als bei den männlichen Tieren, die der weiblichen Wildratten um 7,1 mg.

Einige Autoren stellten bei ihren Untersuchungen einen ausgeprägten Sexualdimorphismus während der Fortpflanzungsperiode fest.

Bei Untersuchungen an der Wühlmaus konnten SCHWARZ et. al. (1964) feststellen, daß die Jahreszeit, in welcher die Tiere gefangen und getötet wurden, einen wesentlichen Einfluß auf den gewichtsmäßig erfaßbaren Sexualdimorphismus hatte. So konnten diese Autoren beobachten, daß die männlichen Tiere im Frühjahr höhere Nebennierenmassen aufwiesen, als die im Sommer und Winter gefangenen und untersuchten Tiere. Nebennieren von männlichen Tieren, die zusammen mit weiblichen Tieren gehalten wurden, zeigten jedoch im Frühjahr keinen Anstieg ihrer Masse. Die Autoren folgerten, daß die höheren Nebennierenmassen im Frühjahr nicht auf eine erhöhte Keimdrüsenaktivität zurückzuführen waren, sondern vielmehr auf den physiologischen Streß der Wildtiere in der Fortpflanzungsphase, wie er z.B. durch die Suche nach den Weibchen, Rivalenkämpfe, Wanderungen und schlechte Klimabedingungen entsteht.

2.2 Mikroskopisch-anatomische Parameter

2.2.1 Nieren

Schon im Jahre 1666 beschreibt MARCELLO MALPIGHI den Glomerulus bei seinen Untersuchungen über die Feinstruktur der Niere. Jedoch erst 1830 berichtet JOHANNES MÜLLER von der Existenz einer Glomeruluskapsel, ohne jedoch die Bedeutung zu erkennen (SCHOELER, 1987).

Die Niere dient der Ausscheidung harnpflichtiger Stoffe und der Regulierung des Salz- und Wasserhaushaltes. Sie ist somit zwischen Blutbahn und Außenwelt geschaltet (SMOLLICH und MICHEL, 1992).

Die Nephronen sind funktionelle Grundeinheiten der Niere, welche aus dem Nierenkörperchen (Corpusculum renale) und einem daran anschließenden Tubulussystem bestehen. Das Nierenkörperchen setzt sich aus einem arteriellen Gefäßknäuel, dem Glomerulus, und aus einer zweiblättrigen Hülle, der Bowmanschen Kapsel, zusammen (KOLB, 1989).

Dabei ist der Glomerulus ein arterioarterielles Kapillarnetz, welches sich aus der Aufzweigung des zuführenden Vas afferens in 4-8 Äste entwickelt. Nun gehen aus diesen Einzelästen bis zu 50 Kapillarschlingen hervor, die ihrerseits untereinander wieder durch Anastomosen in Verbindung stehen (WEISERT, 1990; LIEBICH, 1993). Die Glomeruluskapillaren besitzen ein charakteristisches Porenendothel, wobei diese Poren einen Durchmesser von ca. 80 nm aufweisen. Die anschließende Basallamina hat eine Stärke von etwa 100 nm. Auf ihr liegen die aus dem viszeralen Blatt der Bowmanschen Kapsel hervorgegangenen, mit stark verzweigten Fortsätzen versehenen, Podozyten. Die Podozytenfortsätze enthalten Mikrotubuli und kontraktile Mikrofilamente und enden mit den der Basallamina anliegenden und alternierend miteinander verzahnten Fußleisten. Zwei miteinander benachbarte Fußleisten werden durch 40-45 nm breite Schlitzporen voneinander getrennt. Sie werden von einer ca. 5 nm dicken Membran, dem Schlitzporendiaphragma überbrückt. Das Schlitzporendiaphragma repräsentiert die feinste Filterstruktur der aus dem Porenendothel, der Basallamina und den Fußleisten der Deckzellen mit ihren Filtrationsschlitzten und den Schlitzporendiaphragmen bestehenden Blut-Harn-Schranke. Durch diese werden Substanzen mit Molekülmassen über 70000 oder mit einem Durchmesser über 7,5 nm zurückgehalten (SMOLLICH und MICHEL, 1992; LIEBICH, 1993).

Der durch das Innen- und Außenblatt der Bowmanschen Kapsel gebildete Spaltraum wird zum Sammelraum für das Ultrafiltrat, das im Harnpol das Nierenkörperchen verläßt (SMOLLICH und MICHEL, 1992). An dieser Stelle beginnen die harnbereitenden Tubuli, die sich aus dem Hauptstück, der HENLEschen Schleife und dem Schaltstück zusammensetzen. Dabei gelten die Nierenkörperchen und Tubuli als morphologische und funktionelle Einheit. Die Sammelrohre werden dagegen nicht zum Nephron gezählt, weil sie anderer embryonaler Herkunft sind als das Nephron (MOSIMANN und KOHLER, 1990).

Die Zusammensetzung des im Nierenkörperchen gebildeten Primärharns entspricht einem Ultrafiltrat des Blutplasmas. Im Gegensatz zum Blutplasma ist er allerdings frei von Proteinen und zum Blut isoton bzw. isoosmotisch. Die Menge des Glomerulusfiltrates hängt entscheidend von der Filtrationspermeabilität für Wasser, der Filtrationsfläche in den Glomeruli und vom effektiven Filtrationsdruck ab. Dieser ergibt sich aus dem glomerulären Blutdruck, dem kolloidosmotischen Druck und dem interstitiellen Gewebedruck (LIEBICH, 1993).

In der Nierenrinde sind die Nierenkörperchen etagenweise angeordnet und man unterteilt sie in die subkapsulären (externen, kapselnahen), die intermediären und die juxtamedullären (internen, marknahen). Die Etagen lassen sich morphologisch nicht eindeutig voneinander abgrenzen. Dabei kann man diese etagenweise Anordnung nur für die Nierenkörperchen und die gewundenen Tubulusabschnitte beschreiben. Im Gegensatz dazu verlassen die geraden Nephronanteile, die Henleschen Schleifen, die zugehörige Etage und steigen ins Nierenmark ab. Im Querschnitt erkennt man die sogenannten Markstrahlen (KRITZ, 1973).

2.2.1.1 Anzahl und Dichte der Nierenkörperchen

In der Literatur gibt es verschiedene Angaben zu Untersuchungen über die Anzahl und Dichte der Nierenkörperchen. Dabei ist diese Anzahl abhängig von der Körper- und Nierenmasse und von den funktionellen Anforderungen, die eine Niere zu erfüllen hat (RYTAND, 1938).

In den meisten Literaturangaben sind die Autoren der Meinung, daß die Nephrogenese pränatal bzw. unmittelbar post partum abgeschlossen ist.

Bei der Untersuchung von Hunden im Alter von 2 bis 200 Tagen wurde schon ab dem 8. bis 10. Lebenstag keine Vermehrung der Nierenkörperchenanzahl mehr festgestellt (EISENBRANDT und PHEMISTER, 1979).

Zu einem ähnlichen Ergebnis kam EZILIUS (1990), der auch bei Hunden eine Zunahme der Glomerulianzahl bis zu zwei Wochen post partum beschreibt, wobei kleinere Rassen eine geringere Glomerulianzahl als große Rassen hatten.

Bei Studien an Mäusen und Meerschweinchen untersuchte man auch eine Gruppe von Tieren, mit einseitiger Nephrektomie. Die kontralateralen Nieren wiesen danach Hypertrophien auf. Es war bekannt, daß die Bildung neuer Nephrone bei der Maus etwa bis 14 Tage post partum erfolgt. Erfolgte die Nephrektomie innerhalb dieser Zeit, erhöhte sich die Anzahl der Glomeruli in dieser Gruppe noch über diesen Zeitpunkt hinaus. Da bei den Meerschweinchen die physiologische Neubildung der Nierenkörperchen mit der Geburt abgeschlossen ist, konnte nach der Nephrektomie keine weitere Bildung von Glomeruli festgestellt werden. Aus diesen Versuchen konnte geschlußfolgert werden, daß die Bildung neuer Nephrone nach erfolgter Nephrektomie vor allem vom Stadium der Nierenreife und nicht so sehr von möglichen Hypertrophiemechanismen abhängig ist (BONVALET et al., 1977).

Die Anzahl der Glomeruli wurde von verschiedenen Autoren auf unterschiedliche Art und Weise bestimmt. Dabei werden vier wesentliche Methoden verwandt:

1. indirekte Methode über die Projektion der Glomeruli auf Papier oder Folie und deren anschließender Gewichtsbestimmung
2. direkte Vermessung durch Anwendung von Meßokularen oder computergestützten halbautomatischen Bildanalysesystemen
3. Mazerationsmethode mit anschließender Zählung und Vermessung
4. stereologische Methode (NYENGAARD und BENDTSEN, 1990).

Bei der Katze wurde von MILLER und CARLTON (1896) ein relativ niedriger Wert von 1600 ermittelt, wobei sie sich allerdings dabei einer Injektionsmethode bedienten. Bei der gleichen Tierart werden 200- bis 300.000 Glomeruli von PETER (1909) angegeben.

Bei einer anderen Methode zählte BRODIE (1914) bei einem Hund von 11 kg Körpermasse 142.000 Glomeruli und bei einem 8 kg schweren Hund 125.000. Dabei wog er ein Stück Hundeniere und fertigte daraus Serienschnitte. An der Konturzeichnung der Schnitte zählte er die Anzahl der Glomeruli. Aus diesen Werten berechnete er die Gesamtmenge in der Niere.

Anhand der Supravitalfärbung mit Janusgrün wurden beim Kaninchen 200.000 Glomeruli ermittelt (NELSON, 1922).

Durch die Injektion von Preußen-blau und Mazeration in HCL wurden in der Niere der Katze ca. 173.805, beim Hund ca. 507.913 und bei der Albinoratte ca. 33.826 Glomeruli bestimmt (VIMTRUP, 1928).

Von NYENGAARD und BENDTSEN (1990) wurden für den Menschen 680.500, für die Maus 8.600, für die Ratte 23.000 und für den Hund 360.000 Glomeruli pro Niere angegeben.

Nach KOLB (1989) beträgt die Zahl der Nephronen in beiden Nieren des Schafes 1,04 Millionen. Es wird in der Literatur von KAUFMANN (1990) bei männlichen Ratten eine größere Glomerulianzahl als bei den weiblichen Tieren beschrieben.

Aus diesen doch sehr unterschiedlichen Angaben läßt sich aber trotzdem schlußfolgern, daß Tiere mit kleiner Körper- bzw. Nierenmasse auch weniger Glomeruli aufweisen und umgekehrt (RYTAND, 1938; MOFFAT, 1975; MOSIMANN und KOHLER, 1990).

Da die Filtrationsleistung der Niere unter anderem von der Anzahl und der Filtrationsfläche der zur Verfügung stehenden Glomeruli abhängig ist, wurde der Bestimmung der Gesamtzahl und der Größe der Nierenglomeruli in der Literatur großes Interesse beigemessen. In diesem Zusammenhang standen auch die Bemühungen eine Beziehung zwischen Glomeruligröße, Glomerulianzahl und Körpergröße bzw. Körperoberfläche zu finden.

So stellte VIMTRUP (1928) beim Vergleich säuremazerierter Nieren von Ratte, Katze und Hund fest, daß eine Abhängigkeit zwischen der Anzahl der Nierenkörperchen und der Körpermasse besteht. Zu einem ähnlichen Ergebnis kam KUNKEL (1930) bei der Bestimmung der Gesamtzahl der Glomeruli bei Ratten.

SMITH (1951) konnte aus den Meßergebnissen seiner Nierenuntersuchungen schlußfolgern, daß die Anzahl der Glomeruli bei adulten Tieren innerhalb einer Spezies relativ konstant war und keine Korrelationen zwischen der Anzahl der Nierenglomeruli und der Körpergröße bestand. Allerdings war die Anzahl der Daten, die diese Aussagen beweisen sollten, zu gering.

FINCO und DUNCAN (1972) hatten bei der Untersuchung der Nieren von 27 männlichen Mischlingshunden aller Altersstufen eine signifikante Korrelation zwischen dem Glomerulusdurchmesser und der Körpermasse bzw. der Körperoberfläche festgestellt.

Allerdings konnten sie keine signifikante Korrelation zwischen der Anzahl der Glomeruli und der Körpermasse bzw. der Körperoberfläche ermitteln.

Bei ähnlichen vergleichenden histometrischen Untersuchungen konnten HACKBARTH et al. (1987) diese Aussagen bestätigen. Sie untersuchten Körpermasse, Nierenmasse und Durchmesser der Glomeruli von 26 Mäuseinzuchtstämmen, 10 Ratteninzuchtstämmen und 4 Subspezies von Hamstern und vermuteten, daß innerhalb einer Spezies die Anpassung an eine steigende Körpermasse durch eine Größenzunahme der Glomeruli erreicht werde.

Bei der Untersuchung der Anzahl der Glomeruli pro Niere kam auch die Frage nach der Dichte der Glomeruli in der Nierenrinde auf. So wurde schon von KÜLZ (1899) bei der Untersuchung von Menschennieren festgestellt, daß die Dichte zum Zeitpunkt der Geburt etwa fünfmal größer ist als im erwachsenen Alter. Des weiteren stellte sich heraus, daß die Dichte der Nierenkörperchen in der Rindenperipherie zwei- bis viermal größer ist als in Marknähe, und das bis zum Alter von zwei Jahren. Beim Erwachsenen soll die Dichte in der Rindenperipherie und in Marknähe annähernd gleich sein.

Bei gleichen Untersuchungen am Menschen fand MOBERG (1929) heraus, daß nur bis zum Alter von zwei Monaten im inneren Drittel der Nierenrinde eine geringere Nierenkörperchendichte als außen festzustellen ist. Später ist eine Gleichverteilung zu finden. Andere Autoren jedoch beschrieben in ihren Arbeiten, daß die Dichte der Glomeruli in der kortikalen Zone stets größer ist als in der juxtamedullären Zone (MAGASSA 1983 bei Mäusen, HAGEMANN 1986 bei Ratten, KOCK 1990 bei Kaninchen, EZILIUS 1990 bei Hunden, MÖLLER 1994 bei Schweinen, STARKE 1997 bei Schafen, TILCH 1998 bei Schweinen).

Es wurden weiterhin Abhandlungen dokumentiert, die auch die Beziehung zum Geschlecht darstellten, wobei für SCHOELER (1987) und STARKE (1997) keine Geschlechtsunterschiede in Bezug auf die Anzahl der Nierenkörperchen je mm² Rindenfläche feststellbar waren. Bei weiblichen Tieren wurde gegenüber männlichen Tieren eine größere Nierenkörperchendichte bei Mäusen von MAGASSA (1983), bei Ratten von GUNTER (1986) und bei Meerschweinchen von GENSICKE (1996) beschrieben.

Interessante Ergebnisse wurden bei der Untersuchung von Rattennieren ermittelt (BAXTER und YOFFEY, 1948). Bei Neugeborenen sind die gesamten Nierenkörperchen in den inneren zwei Dritteln der Rinde verteilt. Die übrige Zone wurde als neogenetische Zone bezeichnet, wobei unmittelbar unter dieser Zone die kleinsten Nierenkörperchen zu finden waren und die größten Nierenkörperchen sich in Marknähe einreihen. Diese Glomerulireihen vermehrten sich nach einer Lebenswoche.

Nach 11 Tagen ordneten sich die Nierenkörperchen in 7 bis 8 Reihen und die Anzahl der Nierenkörperchen verdoppelte sich innerhalb von zwei Wochen. Die Folge daraus war eine Erhöhung der Anzahl der beschriebenen Reihen und eine Verkleinerung der äußeren neogenetischen Rindenzone.

2.2.1.2 Größe der Nierenkörperchen

Unterschiedliche physiologische und pathologische Faktoren beeinflussen die Größe der Glomeruli in der Niere. Da sich verschiedene Autoren mit der Größenbestimmung der Glomeruli beschäftigten, kamen auch unterschiedliche Methoden zur Anwendung. So orientierte sich die Größenermittlung einerseits an den Glomeruli und zum anderen an den Kapseln der Nierenkörperchen. Der Glomerulus ist aber größeren funktionellen und pathologischen Veränderungen ausgesetzt als die eher konstante Kapsel (BUSCH, 1988). So füllt der Glomerulus im Zustand der normalen Diurese den Kapselraum nahezu vollständig aus (VOGEL, 1959). Nach der Auffassung einiger Autoren besteht eine annähernd lineare Korrelation zwischen dem Durchmesser der Bowmanschen Kapsel und dem des Kapillarschlingenanteiles (POTHMANN, 1981; GUNTER, 1986).

So war es SCWEIGGER-SEIDEL (1865) der bei seinen Untersuchungen an verschiedenen Tierarten den Breitendurchmesser des Glomerulus (Kapsel) ermittelte und ihn z.B. bei der Hausmaus mit 60 μm angab. Später unternahm auch STANDFUSS (1908) vergleichend histologische Studien an den Malpighischen Körperchen der Wirbeltiernieren. In seinen Ergebnissen beschreibt er eine annähernde Größengleichheit der Nierenkörperchen bei Vögeln und Fischen. Hingegen fand er erhebliche Schwankungen in der Größe der Nierenkörperchen bei Amphibien und Reptilien und diese selbst in ein und derselben Niere.

Ähnliche Untersuchungen wurden von ARATAKI (1926) durchgeführt (Tab. 2). Er teilte bei seinen Messungen nach Alter und Geschlecht die Nierenrinde in eine Außen- und eine Innenzone. Dabei zeigte sich, daß die Größe der Nierenkörperchen mit steigender Körpermasse bei zunehmendem Alter zunimmt.

Tab. 2: Durchmesser der Glomeruli von 17 Albinoratten in μm nach ARATAKI (1926)

Alter in Tagen	männliche Tiere			weibliche Tiere		
	ganze Rinde	außen	innen	ganze Rinde	außen	innen
Geburt	62	55	69	60	55	66
10	60	55	65	61	56	66
50	81	78	84	80	76	84
100	101	98	105	97	97	98
200	110	106	115	107	102	112
250	111	109	114	114	110	117
500	124	119	129	122	116	129

Es wurde bei der Menschenniere ein schnelleres Ansteigen der Glomerulusgröße von der Geburt bis zum Alter von ca. 30 Jahren als danach ermittelt. Dabei hatte ein 3 Jahre altes Kind eine Glomerulusgröße von $73 \mu\text{m}$, bei einem 32 jährigen betrug sie $174 \mu\text{m}$ und bei einem Alter von 66 Jahren $208 \mu\text{m}$ (MOBERG, 1929).

Neben der Ermittlung der Durchmesser der Glomeruli gibt es auch Angaben über die Bestimmung der Volumina von Glomerulus und Bowmanscher Kapsel. So gehen PALKOVITS und ZOLNAI (1963) davon aus, daß der Glomerulus mit der Bowmanschen Kapsel statt einer Kugel ein Rotationsellipsoid sei. Sie ermittelten an 17μ dicken Schnitten mittels eines Okularmikrometers direkt oder durch Projektion den größten und den dazu senkrecht stehenden Durchmesser von 300 Glomerulusschnitten. Aus diesen Angaben errechneten sie das Volumen der Glomeruli und der dazugehörigen Kapsel und bestimmten weiterhin das Verhältnis der aus den Glomerulus- und Capsula-glomeruli-Schnitten errechneten Volumina. In ihrer Arbeit bemerkten die Autoren auch, daß unter pathologischen Verhältnissen (akute Glomerulonephritis, verschiedene Arten von Glomerulosklerose) die Veränderungen des Glomerulus und der Capsula glomeruli verschiedenartig ausfallen. Schwillt der Glomerulus an, dehnt er sich aus und füllt die Kapsel aus. Im Falle einer Schrumpfung entsteht zwischen ihm und der Kapsel ein freier oder mit Hyalin gefüllter Raum. Es ist bekannt, daß die Entwicklung der Nierenkörperchen von außen nach innen stattfindet.

Sie beginnt an der Peripherie der Nierenrinde, in der neogenetischen Zone, und setzt sich zum Inneren der Niere fort. Dadurch befinden sich die ältesten Nierenkörperchen in der juxtamedullären und die jüngsten in der äußeren kortikalen Zone (WESEMEIER, 1986). Somit lassen sich auch die zum Teil erheblichen Größenunterschiede beim Vergleich kortikaler und juxtamedullärer Glomeruli erklären.

So stellte THIESSEN (1976) an der Schweineniere fest, daß die größten Glomeruli, welche meist unmittelbar an der Grenze zum Mark lagen, etwa doppelt so groß im Durchmesser waren, wie die kleinsten peripher gelegenen Glomeruli. Der Autor beschreibt auch eine Zunahme des Volumens der Nierenkörperchen mit zunehmender Organgröße. Diese Größenzunahme verläuft nicht proportional, da das Wachstum der Kapseln gegenüber dem Gesamtorgan etwas zurückbleibt. Diese Aussage begründete er mit der altersbedingten Zunahme der bindegewebigen Anteile des Parenchyms.

Die Größenzunahme der Glomeruli von peripher nach zentral wird auch von anderen Autoren bei unterschiedlichen Tierarten bestätigt (TAPKEN, 1983; BRANDWIE, 1987; BUSCH, 1988; RIEGER, 1989; GENSICKE, 1996; STARKE, 1997).

Entgegen diesen Feststellungen wurden bei den histometrischen Untersuchungen an den Nieren der Haussäugetiere von YADAVA und CALHOUN (1958) beim Rind und beim Schaf in der Zona corticalis größere Glomeruli als in der Zona juxtamedullaris gemessen.

Tab. 3: Mittlerer Nierenkörperchendurchmesser (μm) in Abhängigkeit von Alter und Lokalisation nach YADAVA und CALHOUN (1958)

		Pferd	Rind	Schaf	Ziege	Schwein	Hund	Katze
Corpusculum	Z corticalis	178	181	153	158	137	122	96
	Z. juxtamed.	191	173	147	157	156	124	106
Glomerulus	Z. corticalis	159	150	123	127	114	98	82
	Z. juxtamed.	166	141	123	126	130	100	87

Tab. 4: Mittlerer Nierenkörperchendurchmesser (μm) in Abhängigkeit von Alter und Lokalisation nach RIEGER (1989)

	Schwein	1 Tag	21 Tage	56-70 Tage	6-8 Monate	2,5-3 Jahre
Corpusculum	Z. corticalis	62,76	82,70	79,00	114,72	138,62
	Z. juxtamedullaris	86,95	115,11	110,78	151,01	199,38
Glomerulus	Z. corticalis	48,89	71,45	66,71	88,84	112,72
	Z. juxtamedullaris	68,49	95,15	90,48	119,97	160,90

Tab. 5: Mittlerer Nierenkörperchendurchmesser (μm) in Abhängigkeit von Alter und Lokalisation nach EZILIUS (1990)

	Hund, kleine Rasse	0. – 3. Lebenstag	2. – 4. Lebensmonat
Nierenkörperchen	Z. corticalis	94,64	104,4
	Z. juxtamedullaris	104,91	123,08
	Hund, große Rasse		
Nierenkörperchen	Z. corticalis	62,25	108,0
	Z. juxtamedullaris	99,54	127,51

Tab. 6: Mittlerer Nierenkörperchendurchmesser (μm) in Abhängigkeit von Alter und Lokalisation nach GENSICKE (1996)

	Meerschwein	7-9 Monate	10-15 Monate	16-20 Monate	21-26 Monate
Glomerulus	Z. corticalis	71,36	71,10	74,95	77,84
	Z. juxtamedullaris	79,45	76,64	82,35	84,17

Bei der Untersuchung der Geschlechtsabhängigkeit der Glomerulidurchmesser ermittelte MAGASSA (1983) bei den männlichen Mäusen mit 86,56 μm stets größere Durchmesser als bei den weiblichen Tieren mit nur 75,18 μm . Bei GUNTER (1986), welcher Ratten-Inzuchtstämme untersuchte, waren auch die Durchmesser der Nierenkörperchen und Glomeruli bei weiblichen Tieren kleiner als bei den männlichen Tieren. Diese Aussagen bestätigt HÖRMEYER (1978) bei ihren Untersuchungen über die stammesspezifischen Unterschiede im Vorkommen des parietalen Epithels der Bowmanschen Kapsel in der Niere bei Mäusen.

Die Ergebnisse zeigten, daß der Durchmesser des Kapselraumes männlicher Tiere durchschnittlich größer ist als der der weiblichen. Für die männlichen Tiere wurden im Mittel Werte von 60,64 μm und für die weiblichen Tiere von 55,95 μm notiert. Beim Glomerulus wurden bei den Männchen durchschnittlich 39,98 μm und bei den Weibchen nur 37,41 μm gemessen.

KANGALOO (1977), BRANDWIE (1987) und STARKE (1997) ermittelten hingegen keinen geschlechtsspezifischen Unterschied hinsichtlich der Nierenkörperchengröße. Bei Untersuchungen von TILCH (1998) an weiblichen Schweinen wurden aber zum Beispiel unterschiedliche Nierenkörperchengrößen bei verschiedenen Rassen festgestellt. Er konnte bei den Tieren im Ferkelalter noch keinen Unterschied zwischen Edelschwein und Piétrain in Bezug auf die Nierenkörperchengröße ermitteln. Bei den Mastläufern und den Mastschweinen konnten von ihm in beiden Nierenzonen signifikant größere Nierenkörperchenflächen für die Rasse Piétrain beobachtet werden.

Die enge Beziehung zwischen Größe und Funktion der Glomeruli stellte OGAWA (1968) bei Wasserbewohnern, die das Milieu wechseln, fest. Dabei stellte sich heraus, daß die Durchmesser der Glomeruli von im Meerwasser lebenden Stichlingen (*Gasterosteus aculeatus*) kleiner sind, als die jener Exemplare, die im Süßwasser vorkommen. Verbringt man die Stichlinge aus dem Meer ins Süßwasser, so vergrößern sich die Glomeruli innerhalb von 12 Stunden.

Pathologische Veränderungen der Nierengröße wurden von ELLIS (1961) beschrieben, so wurde beim Menschen festgestellt, daß sich beim Cor pulmonale die Glomeruli vergrößern. Beim Vergleich der Nieren von Bronchitispatienten mit den Anzeichen eines Cor pulmonale mit den Nieren von gesunden Patienten wurden bei allen Bronchitispatienten vergrößerte Glomeruli festgestellt. Anschließend erhielt eine bestimmte Patientengruppe über einen längeren Zeitraum eine Sauerstofftherapie. Dabei wurde ein Rückgang der Größe der

Glomeruli bemerkt, so daß auf eine Korrelation zwischen Sauerstoffpartialdruck und Glomeruligröße geschlußfolgert werden konnte (CAMPBELL et al., 1982).

2.2.1.3 Abstand der zehn kapselständigsten NK zur Nierenkapsel

Die Nierenkörperchen liegen bei Neugeborenen meist direkt unter der Nierenkapsel und reichen auch bis an diese heran. Später liegen sie nur noch selten direkt unter der Nierenkapsel (EZILIUS, 1990). Dieser glomerulifreie Bereich wird als der Cortex corticis bezeichnet und besteht aus Tubuli contorti, Verbindungsstücken und Interstitialgewebe (JARCK, 1981).

Dabei gilt die Breite der glomerulusfreien Zone als Bewertungskriterium für den Entwicklungsgrad der Nierenrinde, denn erst im Endstadium der Nephrogenese werden die Glomeruli durch ein ausgeprägtes Volumen- und Längenwachstum der Tubuli aus der unmittelbaren Kapselnähe verdrängt (HAGEMANN, 1986).

Zur Ermittlung der Breite der glomerulusfreien Zone wurde von einigen Autoren der Abstand der zehn kapselständigsten Nierenkörperchen zur Nierenkapsel bestimmt. Dabei wurde von EZILIUS (1990) bei Hunden eine Vergrößerung der Cortex corticis mit zunehmendem Alter festgestellt. Hingegen fand GENSICKE (1996) bei seinen Studien an Meerschweinchen eine unabhängig vom Alter etwa gleichbreite glomerulusfreie Zone. Dabei war diese Zone bei den männlichen Tieren größer als bei weiblichen Tieren.

FINKE (1989) stellte bei Untersuchungen über die Beziehung zwischen mittlerer Distanz der 10 oberflächlichsten Glomeruli zur Nierenkapsel und dem systolischen Blutdruck von Ratten fest, daß mit höher werdendem Blutdruck die Distanzen der Nierenkörperchen zur Kapsel immer geringer werden. Ein Tier mit einer mittleren Distanz von 54 µm hatte einen systolischen Blutdruck von 149 mm Hg und ein anderes mit einer mittleren Distanz von 120 µm nur einen systolischen Blutdruck von 116 mm Hg. Dabei konnte für beide Merkmale ein linearer Zusammenhang mit statistisch signifikanten Korrelationen errechnet werden.

2.2.1.4 Durchmesser der Nierenrinde

Bereits bei der Längsteilung der Niere können makroskopisch zwei deutliche Bereiche voneinander getrennt werden. Außen die dunklere Substantia corticalis, die den harnproduzierenden Teil darstellt und innen die hellere Substantia medullaris, die zum ableitenden Nierengewebe gehört. In verschiedenen Arbeiten gibt es Angaben über das Mark

- Rinden - Verhältnis und über die Breite der Nierenrinde. Das Gewichtsverhältnis von Rinde zu Mark wurde von SCHWEIGGER-SEIDEL (1865) an erwachsenen Schweinenieren untersucht und mit 8:1 angegeben. Im Jahre 1896 ermittelten MILLER und CARLTON bei erwachsenen Katzen ein Volumenverhältnis von 2,33:1. Bei der Bestimmung des Massenverhältnisses von Rinde zu Mark von HOLLATZ (1922) sollte seine Bedeutung für die Nierenform überprüft werden. Diese Untersuchungen wurden an den Nieren des Menschen und einiger Säugetiere durchgeführt. Seine Ergebnisse zeigten eine verhältnismäßig geringe Rindenmasse bei Nieren mit einheitlicher Marksubstanz, wobei die Nieren mit geteiltem Mark die höchste Rindenmasse aufwiesen. Er ermittelte folgende Volumenrelationen der Rinde zum Mark: Kaninchen 1,55:1, Katze 2,32:1 und Mensch von 2,06:1 bis 2,59:1.

MAGASSA (1983) ermittelte bei vergleichend-histometrischen Studien an den Nieren verschiedener Inzuchtstämme von Mäusen bei der Trennung nach dem Geschlecht der Tiere für die männlichen Tiere einen größeren Nierenrindendurchmesser als für die weiblichen. Die männlichen Tieren lieferten Werte zwischen 1,89 mm und 0,84 mm und die weiblichen zwischen 1,45 mm und 0,77 mm.

2.2.1.5 Glomerulusindex

Nach GENSICKE (1996) ist es möglich, die Größe und Dichte der Glomeruli pro Flächeneinheit in einem Parameter zu vereinigen, den er als Glomerulusindex bezeichnete. Dabei wird dieser Wert berechnet durch Multiplikation der mittleren Fläche der Glomeruli mit der Anzahl der Glomeruli pro mm² Schnittfläche. Der Autor ist weiterhin der Meinung, daß der Glomerulusindex in der externen Zone der Nierenrinde größer ist als in der internen. Daraus kann man also schlußfolgern, daß die Filtrationsleistung in der äußeren Rindenzone größer ist. Das Ergebnis seiner Untersuchungen waren starke Schwankungen in der Größe des Indexes in den vier untersuchten Altersgruppen von Meerschweinchen in der kortikalen Zone. In der juxtamedullären Zone war der Glomerulusindex im Gesamtmittel kleiner als in der kortikalen Zone. Bemerkenswert ist aber, daß in beiden Zonen der Nierenrinde die weiblichen Tiere signifikant größere Indices besaßen. NIETZ (1997), der ebenfalls diesen Wert errechnete, fand entgegen den Angaben von GENSICKE (1996) in der juxtamedullären Zone einen Trend in der Altersentwicklung des Glomerulusindexes.

Die Schlußfolgerung dieses Ergebnisses ist, daß in der juxtamedullären Zone im Unterschied zur subkapsulären Zone mit zunehmendem Alter die Größe der filtrierenden Oberfläche der Niere zunimmt.

2.2.2 Nebennieren

Bei histologischen Untersuchungen an den Nebennieren gehen viele Autoren auf den Bau der Nebennierenkapsel ein. So machte schon BAMBAUER (1953) detaillierte Angaben über die enge Beziehung zwischen Kapsel und Nebennierenrinde beim Rind. Nach SMOLLICH und MICHEL (1992) ist sie eine feste Organkapsel, die einen Schichtenaufbau aufweist. So wird beschrieben, daß die äußere Kapselschicht aus zellarmen kollagenem Bindegewebe besteht und auch oft feine elastische Fasern enthält. Die tiefe Schicht hingegen ist reich an Bindegewebszellen und Retikulinfasern und von ihr soll eine ständige Neubildung von Nebennierenrindenzellen ausgehen.

Die unter der Kapsel liegende Nebenniere besteht aus zwei funktionell völlig verschiedenen Drüsenanteilen mit entwicklungsgeschichtlich unterschiedlichem Ursprung: Nebennierenrinde (mesodermaler Ursprung) und Nebennierenmark (ektodermaler Ursprung) (NICKEL et al., 1975).

Das Verhältnis der peripher gelegenen, radiär gestreiften, hellen Rindenschicht zur von dieser umschlossenen, dunkleren Marksubstanz weist tierartige und geschlechtsspezifische Schwankungen auf. Beispielsweise beträgt es bei der Hündin 5,3:1, beim Rüden 5,7:1, beim weiblichen Kaninchen 9:1 und beim Kaninchenbock 20:1 (MATTHIAS, 1968).

Die Nebennierenrinde läßt sich grundsätzlich in drei Schichten einteilen. Der periphere subkapsuläre Rindenbereich enthält entweder glomeruläre (Rind, Schwein) oder arkadenförmige (Pferd, Hund) Endokrinozytenformationen und wird Zona glomerulosa genannt. Diese geht in radiär orientierte faszikuläre Epithelverbände über. Dies ist der breite Mittelabschnitt mit der Bezeichnung Zona fasciculata. Von ihr läßt sich meist nur undeutlich die perimedulläre Zona reticularis abtrennen (SMOLLICH und MICHEL, 1992).

Diese Einteilung in drei Zonen geht schon auf ARNOLD (1866) zurück.

Auf Grund von funktionellen Gesichtspunkten teilte BENNETT (1940) die Nebennierenrinde bei der Katze nach dem Lipidbild in eine präsekretorische, sekretorische, postsekretorische und eine senescente, juxtamedulläre Zone ein.

Die Zona glomerulosa wird wie oben schon beschrieben von einigen Autoren beim Pferd, Hund, gelegentlich bei der Katze, sowie beim Reh und Rentier auf Grund seines Aussehens auch als Zona arcuata bezeichnet. Dahingegen spricht BACHMANN (1941) von der Zona multiformis und SMOLLICH (1962) von der Zona externa.

Als zusätzliche Zone wurden von NICANDER (1952) bei Haussäuge- und Labortieren, von CATER und LEVER (1954) bei Ratte, Katze, Hund, Schaf, Kaninchen und Schwein und von BARONE und BACQUES (1953) bei Equiden die Zona intermedia zwischen Zona glomerulosa und Zona fasciculata beschrieben.

Das Nebennierenmark besitzt ein gröberes Bindegewebsgerüst, welches je nach Tierart mehr oder weniger zahlreiche elastische Elemente enthält. Die hormonproduzierenden Markzellen (Adrenalin, Noradrenalin) zeichnen sich durch eine zarte Zytoplasmagranulierung und durch ihre Anfärbbarkeit mit Chromsalzen aus (SMOLLICH und MICHEL, 1992).

Zwischen Rinde und Mark wurde beim Pferd, Kaninchen, Ratte und nicht tragenden Mäusen (NICANDER, 1952) die juxtamedulläre Zone nachgewiesen. Diese wurde auch bei den Equiden von BARONE und BACQUES (1953) und von MIKHAIL (1973) bei Ratten beschrieben.

Von ELLIOT und TUCKET (1906) wurden Untersuchungen über die Mark - Rinden - Proportionen bei unterschiedlichen Haustieren durchgeführt. Wie verschieden in dieser Beziehung die Verhältnisse bei den einzelnen Tierarten lagen, zeigten ihre Ergebnisse. Sie gaben an, daß die Nebennieren des Huhnes 50%, des Hundes 20%, der Katze 5,7%, der Ratte 5%, des Kaninchens 2,5% und des Meerschweinchens 1,6% Mark enthalten. Dabei wurde durch diese Autoren von jeder Art zwei Individuen bearbeitet, von denen jedoch nähere Angaben fehlten.

Ähnliche Studien über die Mark - Rinden - Proportionen wurden von NEHLS (1958) an Pferden durchgeführt. Dabei fand er, daß die Mark - Rinden - Proportionen bei geborenen Tieren, im Gegensatz zur fetalen Nebenniere, im wesentlichen gleichbleibend war. Der Rindenanteil schwankte hier zwischen 70 und 80%, der Markanteil zwischen 20 und 30% des Drüsenanteils. Dabei bildeten rossige und gravide Stuten eine Ausnahme, die größere Rindenanteile aufwiesen. Bei schlecht ernährten Tieren verschob sich dieses Verhältnis zugunsten des Markes.

2.2.2.1 Funktion der Nebennierenrinde

Das Vorhandensein der Nebennierenrinde ist lebensnotwendig, wohingegen das Fehlen des Nebennierenmarkes nicht zum Tode führt, da andere Organe, namentlich das Nervensystem, diese regulative Funktion übernehmen (BLOOM und FAWCETT, 1975).

In der Zona glomerulosa findet die Bildung der für die Regulation des Stoffwechsels von Na-, K- und Chlorid-Ionen wichtigen Mineralokortikosteroide Aldosteron und Desoxycorticosteron statt.

In der Zona fasciculata und in der Zona reticularis erfolgt die Sekretion der Glukokortikosteroide und kleiner Mengen an Androgenen, an Östrogenen und an Progesteron. Das Progesteron ist ein wichtiger Metabolit bei der Synthese der Mineralo- und Glukokortikosteroide. Im Nebennierenmark werden die Hormone Adrenalin und Noradrenalin produziert (KOLB, 1989).

Die Produktion des Aldosterons wird über eine Registrierung der Natrium-Kalium-Konzentration durch die epitheloiden Zellen des juxtaglomerulären Apparates der Niere und dem daraus resultierenden Renin-Angiotensin-Mechanismus dem aktuellen Bedarf angepaßt (WITTGE, 1984).

Dabei überwachen Hypothalamus und Adenohypophyse die Funktion der beiden inneren Rindenzonen, die Neurohypophyse bewirkt über die Nn. splanchnici die Ausschüttung der Markhormone (VOTH et al., 1963; BLOOM und FAWCETT, 1975).

2.2.2.2 Anteil der Zona glomerulosa an der Gesamtnebennierenrinde und Zellkerngröße der Zona-glomerulosa-Zellen

Aus der Literatur ist bekannt, daß es in den drei Zonen der Nebenniere zu reversiblen Umbauvorgängen kommen kann. Dies ist eine Antwort des Organismus auf verschiedene Belastungssituationen, die eine strukturelle Funktionsanpassung der Nebenniere nach sich zieht (TONUTTI, 1953).

Dabei bezeichnet der Autor eine durch kortikotrope Beeinflussung der Nebennierenrinde erfolgte Anpassung an erhöhte Leistungsanforderungen als progressive Transformation. Diese ist gekennzeichnet durch Zellkernschwellung und undeutliche Grenzen zwischen den einzelnen Zonen. Zellkernschrumpfung und deutliche Grenzen zwischen den Zonen der Nebennierenrinde sind hingegen Ausdruck einer erfolgten Anpassung an geringe Leistungsanforderungen und werden als regressive Transformation bezeichnet.

In diesem Zusammenhang seien die Arbeiten einiger Autoren zu nennen, welche die Nebennierenrinde während des Belastungsgeschehens untersuchten.

Dabei bemühten sich unter anderem CRAMER (1926), RICHTER und WISLOCKI (1930), SEYLE (1936), KNOBIL (1953), WEXLER (1963), AHRVI (1966) die Auswirkungen sogenannter Stressoren wie Hunger, Durst, Kälte, Hitze, Sauerstoffmangel, Infektionen und toxische Stoffe auf die Nebenniere mit Hilfe morphologisch - histologischer und histochemischer Analysen zu erfassen.

Außerdem versuchten sie durch Untersuchungen an der Nebenniere nach ACTH - Zufuhr, Hormongaben, Verabreichung von Pharmaka, Hypophysektomie und Exstirpation der Glandulae suprarenales das Belastungsgeschehen zu klären. Im wesentlichen stimmten sie in ihren Betrachtungen überein und bezeichneten die Anpassung des Organismus an die gesteigerte Belastung und die dadurch hervorgerufenen Reaktionen als Adaptationssyndrom.

Dabei schlußfolgerten sie, daß es in der ersten Phase (kurzzeitige ACTH - Zufuhr) in der Nebennierenrinde zu einer stärkeren Durchblutung, zur Abnahme der doppeltbrechenden Lipide und der Ascorbinsäure kommt. Es treten fettfreie Vakuolen und hyaline Tropfen auf und es kommt zur Bildung von drüsenähnlichen Hohlräumen in der Zona fasciculata. Es kommt zu einem Anstieg des RNS- und Phosphatasegehaltes und in den Epithelien aller Rindenschichten treten vermehrt Mitochondrien auf. Mit diesen aufgezählten Veränderungen der Nebennierenrinde ist ein Anstieg der Cholesterinwerte und der Ascorbinsäure im Blut verbunden.

Nach längerer Einwirkung des Stressors (länger anhaltende ACTH - Zufuhr) schließt sich die zweite Phase (Widerstandsphase) an. Dabei kommt es zu einer Hypertrophie und Hyperplasie aller Nebennierenrindenzonen, verbunden mit einer Gewichtszunahme und einer Wiederaufspeicherung der Rindenepithelien mit Fetten.

Ist aber die Schädigung so stark, daß sich der Organismus in der Widerstandsphase nicht anpassen kann oder wirkt der Stressor weiterhin auf die Nebenniere ein (monatelange ACTH - Zufuhr), stellt sich eine Erschöpfung der Nebennierenrinde ein. Es kommt als Ergebnis zu einer Rindenhypoplasie und Abnahme des Gesamtvolumens der Nebenniere. Schwere Ausfallerscheinungen und Exitus sind die Folge. Dabei wurde ersichtlich, daß zwischen akuter und chronischer Belastung unterschieden und auch die Stärke der Belastung beachtet werden muß.

In der Literatur gibt es neben den Untersuchungen, die die gesamte Nebennierenrinde umfaßt, auch Angaben, die sich nur auf die Zona glomerulosa beziehen.

So kam KRACHT (1963) zu der Ansicht, daß eine relative Unabhängigkeit zwischen den Zonen der Nebennierenrinde besteht, so daß der Zona glomerulosa eine funktionelle Eigenständigkeit zuerkannt werden muß.

Die Breite der Zona glomerulosa wurde von BAMBAUER (1953) mit steigendem Alter gemessen, wobei eine geringfügige Zunahme deutlich wurde. Dabei nahm diese Zone etwa $1/6 - 1/8$ der Nierenrindenbreite ein. NEHLS (1958) beobachtete dagegen an Pferdenebennieren im Laufe des Lebens eine sich stetig auf Kosten der Randzonen verbreiternde Zona fasciculata.

Bei Untersuchungen an Hamsternebennieren von FREITAG (1985) wurde festgestellt, daß der Anteil der Zona glomerulosa an der Gesamtrindenfläche geschlechtsspezifisch unterschiedlich war. Bei den Angaben von BEUSTER et al. (1973) wurde von einer statistisch signifikanten größeren Breite der Zona glomerulosa bei Rehböcken gesprochen. Sie fanden heraus, daß die Zona gomerulosa bei den Böcken 1:4 bis 1:3 der Rindenbreite ausmacht und bei den Ricken nur 1:6 bis 1:5.

Weitere geeignete Indikatoren zur morphologischen Beurteilung der Funktionslage der Nebennierenrinde sind der Lipidgehalt, die zonale Gliederung, die Zell-, Zellkern- und Kernkörperchengröße der Rindenzellen (SMOLLICH und MICHEL, 1985). Dabei bemerkten die Autoren, daß eine Steigerung der Nebennierenrindenleistung u.a. mit einer Steigerung des Zell-, Zellkern- und Kernkörperchenvolumens einhergeht. Dabei ist eine herabgesetzte Leistung mit einer regressiven Morphokinese der Nebennierenrinde verbunden. Diese kommt in einer deutlich in Erscheinung tretenden Rindenzonierung sowie der Verminderung des Zell-, Zellkern- und Kernkörperchenvolumens zum Ausdruck.

Bei der Untersuchung der Nebennieren von Meerschweinchen ermittelte SMOLLICH (1964) die Zellkerngröße der Zellen der Zona glomerulosa an fünf unbehandelten Meerschweinchen. Das mittlere Zellkernvolumen lag bei $118,7 \mu\text{m}^3$.

Auch von FREITAG (1985) wurden histometrische Untersuchungen an Nebennieren durchgeführt. Die Autorin stellte bei vier Hamsterarten hochsignifikante Geschlechts- und Speziesunterschiede hinsichtlich des maximalen Kerndurchmessers in allen drei Rindenzonen fest. Bei drei von vier Hamsterarten waren die Zellkerne der Zona-glomerulosa-Zellen am größten. Sie bemerkte weiter in ihrer Arbeit, daß bei zwei Hamsterarten die weiblichen Tiere in jeder Rindenzone größere Zellkerne als bei den männlichen Tieren aufwiesen. Bei den anderen Hamsterarten war es genau umgekehrt.

Desweiteren war auch der Anteil der Zona glomerulosa an der Gesamtrindenfläche geschlechtsspezifisch unterschiedlich. Auch traten hier in den jeweiligen Tendenzen Speziesunterschiede auf.

An den Nebennieren des Sumpfbibers konnte auch SMOLLICH (1962) eine mehr oder weniger eindeutige Geschlechtsdiagnose stellen. Bei den männlichen Tieren waren die Zellen und Zellkerne der äußeren Rindenzone sehr klein, bei den weiblichen Individuen waren sie in der Regel wesentlich größer und nicht so intensiv gefärbt.

Andere Autoren konnten aber in ihren Untersuchungen keine Geschlechtsunterschiede hinsichtlich der Zellkerngröße der Zona-glomerulosa-Zellen feststellen. Diese Aussage wurde von DHOM et al. (1971) bei Ratten im Alter von 6 Tagen bis zu 12 Wochen und auch in den Abhandlungen von GENSICKE (1996) über Meerschweinchen bestätigt.

Der Einfluß des Alters auf die Zellkerngröße der Glomerulosazellen wurde von BAMBAUER (1953) bei Rindern untersucht. In den ersten Lebensjahren bleibt die Größe der Zellkerne in der Zona glomerulosa fast unverändert. Bei der Kuh wurde erst mit 10 Jahren und beim Bullen mit 4 Jahren eine Schrumpfung der Zellkerne festgestellt. Die Zellkomplexe der Zona glomerulosa gingen mit steigendem Alter bei der Kuh und beim Bullen von einer runden über eine längliche in eine faszikelähnliche Form über. Dadurch wird auch die Abgrenzung zur Zona fasciculata schwieriger (Tab. 7).

Die Abnahme des Zellkernvolumens der glomerulären kortikalen Endokrinozyten konnte auch GENSICKE (1996) im Altersgang des Meerschweinchens feststellen (Tab. 9).

Tab. 7: Zellkerndurchmesser der Zona glomerulosa Zellen nach BAMBAUER (1953)

Rind, weiblich	1 Jahr	3 Jahre	5 Jahre	7 Jahre	10 Jahre
Zellkerndurchmesser (μm)	5,2-6,5	5,2-6,5	5,2-6,5	5,2-6,5	4,0-6,0
Rind, männlich	1 Jahr	3 Jahre	5 Jahre	7 Jahre	10 Jahre
Zellkerndurchmesser (μm)	5,2-6,5	5,2-6,5	5,2-6,5	4,0-5,0	4,0-5,0

Tab. 8: Zellkernvolumen der Zona-glomerulosa-Zellen nach BEUSTER (1972)

Reh	männlich	weiblich
Zellkernvolumen (μm^3)	57,87	62,83

Tab. 9: Zellkernvolumen der Zona-glomerulosa-Zellen nach GENSICKE (1996)

Meerschwein	7-9 Monate	10-15 Monate	16-20 Monate	21-26 Monate
Zellkernvolumen (μm^3)	90,97	89,43	70,95	70,61

2.3 Taurin unter besonderer Berücksichtigung der Katze

2.3.1 Geschichte

Im Jahre 1827 wurde die Aminosäure Taurin zum erstenmal aus der Galle von Ochsen isoliert (TIEDEMANN und GMELIN, 1827). Entsprechend der lateinischen Bezeichnung dieser Spezies (*Bos taurus*) erhielt diese Verbindung dann auch den deskriptiven Namen Taurin. Taurin zählt zu den häufigsten Aminosäuren im tierischen Organismus (STURMAN und HAYES, 1980; HAYES, 1988; CHAPMAN und GREENWOOD, 1988).

Bis zum Jahre 1970 hat Taurin lediglich als Endprodukt des Stoffwechsels schwefelhaltiger Aminosäuren gegolten. Bis heute ist erst relativ wenig über die Funktion von Taurin bekannt und das Interesse an ihr stieg erst in den letzten zwanzig Jahren mit der Entdeckung von Taurin-Mangelsymptomen bei Katzen gewaltig an. Heute steht fest, daß Taurin für die Katze eine essentielle Aminosäure ist (KNOPF et al., 1978; HAYES und TRAUTWEIN, 1989; MORRIS et al., 1990).

2.3.2 Aufbau, Bildung und Ausscheidung von Taurin

Chemisch ist Taurin ($\text{SO}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-H}_2\text{N}$) eine β -Aminosulfonsäure. Das bedeutet, daß Taurin keine Carbonyl-, sondern eine Sulfonylgruppe als Säuregruppe aufweist, und daß die Aminogruppe, die sich bei klassischen Aminosäuren am α -C-Atom befindet, beim Taurin in β -Position steht (WOLFFRAM, 1991). Taurin besitzt eine große Ähnlichkeit zum β -Alanin, wobei beim Taurin im Vergleich zum β -Alanin der hohe Säuregrad der Schwefelsäure auffallend ist. Auch die Aminogruppe ist im Vergleich zu verwandten Gruppen weniger basisch (HUXTABLE, 1982).

In Pflanzen ist praktisch kein Taurin vorhanden, jedoch zählt es im tierischen Organismus zu den am häufigsten vertretenen freien Aminosäuren (JACOBSEN und SMITH, 1968; STURMAN und HAYES, 1980; HAYES, 1988). Die Begrenzung des Vorkommens von Taurin auf die Tierwelt spiegelt sich natürlich auch im Tauringehalt von Nahrungs- bzw. Futtermitteln wider. Während im Fisch und Fleisch hohe Konzentrationen von Taurin enthalten sind, weist Getreide kein Taurin auf (HAYES und TRAUTWEIN, 1989; PASANTES-MORALES et al., 1989).

Es gibt erhebliche Speziesunterschiede bezüglich des Taurin-Gehaltes in der Milch. Bei der Katze und dem Hund ist Taurin die häufigste freie Aminosäure in der Milch. Bei Mensch und Ratte kommt Taurin als zweithäufigste freie Aminosäure in der Milch vor, bei Kuh und Pferd hingegen ist Taurin nicht unter den vier am häufigsten vorkommenden freien Aminosäuren zu finden (RASSIN et al., 1978; RASSIN und GAULL, 1981).

Die Verteilung der Aminosäure im Körper ist nicht gleichmäßig. Bestimmte Organe bzw. Gewebe, wie die Herz- und Skelettmuskulatur, das Nervengewebe, aber auch neutrophile Granulozyten und Thrombozyten, weisen besonders hohe Taurin-Konzentrationen auf (JACOBSEN und SMITH, 1968; STURMAN und HAYES, 1980; KLEIN et al., 1983; HUXTABLE, 1989; CHESNEY, 1986).

Bezüglich des Turnovers von Taurin in verschiedenen Organen bestehen erhebliche Unterschiede. Während parenchymatöse Organe wie die Leber, die Niere und das Pankreas eine hohe Austauschrate zwischen Gewebe und Plasma mit einer Halbwertszeit von weniger als einem Tag aufweisen, liegt die Austauschrate in der Herz- und Skelettmuskulatur sowie dem ZNS mit einer Halbwertszeit von über drei Tagen bedeutend niedriger. Der relativ geringe Turnover von Taurin in diesen Organen bedeutet natürlich eine höhere Resistenz gegenüber einer Taurin-Depletion und kann als Hinweis für eine besondere Bedeutung von Taurin in diesen Geweben gewertet werden (SPAETH und SCHNEIDER, 1974; HAYES und STURMANN, 1981).

Die Neusynthese findet vor allem in der Leber statt (MORRIS et al., 1990). Die Katze hingegen ist nur in beschränktem Ausmaß zur Taurin-Synthese fähig (HARIDSON et al., 1977; KNOPF et al., 1978; Morris et al., 1990). Als Ausgangsubstanzen für die Synthese dienen die Aminosäuren Methionin bzw. Cystein. Die Synthese von Taurin verläuft über zwei Wege. Die erste Möglichkeit ist die Bildung von Hypotaurin durch Decarboxylierung der Cystein-Sulfinsäure mit anschließender Oxidation von Hypotaurin zu Taurin. Der zweite Syntheseweg besteht in der Decarboxylierung der Cysteinsäure zum Taurin. In beiden Schritten wird für die Decarboxylierung das Enzym Cystein-Sulfinsäure-Decarboxylase (CSAD) benötigt. Die geringe Aktivität dieses Enzyms in der Leber der Katze gilt als Grund für die geringe endogene Synthese von Taurin bei dieser Spezies (HARIDSON et al., 1977; KNOPF et al., 1978; ZELIKOVIC und CHESNEY, 1989).

Das Cystein kann dem Körper direkt über in der Nahrung enthaltene Proteine zugeführt werden, oder wird aus Methionin gebildet. Es stammt ebenfalls aus mit der Nahrung aufgenommenen Proteinen. Die Umwandlung von Methionin in Cystein erfolgt über Homocystein und Cystathionin (STURMAN, 1986; HUXTABLE, 1978).

Da L-Cystein von in der Nahrung enthaltenen Aminosäuren stammt, und Cystein eine Vorstufe des Taurins ist, sollte die Aufnahme von schwefelhaltigen Aminosäuren die Größe des Vorstufenpools beeinflussen. In Langzeitstudien ist gezeigt worden, daß sich die Taurin-Konzentration im Plasma erhöht, wenn die im Futter enthaltenen schwefelhaltigen Aminosäuren von 9 auf 17 g/kg Futter erhöht werden, unabhängig von der Taurinaufnahme durch das Futter. Daher ist eine Aufnahme schwefelhaltiger Aminosäuren ein wichtiger Faktor, der die Rate der endogenen Taurinsynthese bei Katzen beeinflusst (MORRIS et al., 1990).

Die Hauptausscheidung von Taurin erfolgt über die Niere. Die Aminosäure wird in den Glomeruli frei filtriert. Somit bestimmt das Ausmaß der Rückresorption aus dem primären Filtrat die ausgeschiedene Menge an Taurin. Die Niere ist in gewissem Umfang in der Lage, den Taurin-Gehalt des Organismus zu regulieren. Bei einem hohen Plasma-Taurin-Spiegel erfolgt eine Reduktion der Rückresorption und damit eine vermehrte Ausscheidung. Entgegengesetzte Verhältnisse lassen sich bei einem Absinken des Taurin-Spiegels feststellen, d.h. also eine verstärkte Rückresorption und demzufolge eine verringerte Taurin-Ausscheidung über den Harn (ZELIKOVIC et al., 1989; CHESNEY et al., 1983; CHESNEY, 1986).

Bei Katzen mit festgestelltem Taurin-Mangel ist die Harnkonzentration des Taurins 200mal geringer als die von Kontrollkatzen (KNOPF et al., 1978).

2.3.3 Taurin-Mangel bei der Katze

Die wichtigsten Funktionen der Aminosäure Taurin im Säugerorganismus ist aber wahrscheinlich die Konjugation von Gallensäuren, Entgiftungsreaktionen, Osmoregulation, Antioxidans, Membranstabilisierung und Regulation der Ca²⁺-Homöostase, wobei bis heute nur die Konjugation von Gallensäuren die einzige gesicherte biologische Funktion ist (WOLFFRAM, 1991).

Für die Katze ist Taurin eine essentielle Aminosäure, d.h. sie ist auf eine Taurin-Zufuhr mit der Nahrung angewiesen. Der Taurinmangel wird bei der Katze deutlich, wenn ihr über einen

längeren Zeitraum hinweg kein oder zu wenig Taurin mit dem Futter zugeführt wird oder das Taurin im Futter schlecht verwertbar ist. Die klinische Manifestation eines Taurin-Mangels kann jedoch erst nach Wochen oder Jahren in Erscheinung treten.

Interessante Angaben zum Taurin-Mangel beim Menschen wurde von SHEIKH (1981) beobachtet. Dabei kommt es beim Menschen durch vermehrte Besiedlung des Intestinums mit aeroben und anaeroben Bakterien zu einer Abnahme der Taurin-Konzentration im Plasma um ca. 50 %. Bei der Katze haben Forschungen über den mikrobiellen Abbau von Taurin durch Darmbakterien ergeben, daß *Escherichia coli* und *Salmonella tallahassee* in der Lage sind, Taurin oder auch Taurocholsäure als alleinige Quelle für Stickstoff zu nutzen (KEARNS und SUNVOLD, 1996).

Bei einer ungenügenden Zufuhr kommt es besonders bei Welpen und Jungtieren zu Taurin-Mangelsymptomen. An erster Stelle unter den Symptomen eines klinisch manifesten Taurin-Mangels stehen Veränderungen der Retina und des Tapetum lucidum (HAYES et al., 1975; PION und KITTLESON, 1990).

1975 entdeckten HAYES et al., daß bei Katzen nach Fütterung einer Diät auf Kaseinbasis eine zentrale Retinadegeneration aufgetreten ist. Dabei kommt es bei dieser Erkrankung zu einer Degeneration der retinalen Photorezeptorzellen. Die Krankheit ist fortschreitend und kann zur Erblindung führen. Die Läsionen sind zuerst mit dem Ophthalmoskop im Zentralbereich zu erkennen und können sich dann als ovale Zonen über die ganze Retina ausbreiten. Histologisch werden Bläschenbildung, Desorientierung und Zerfall der äußeren Segmente der Photorezeptoren sichtbar.

Eine weitere Veränderung, die auf einem chronischen Taurin-Mangel beruht, betrifft das Herz. Bei schwerer und lang anhaltender Unterversorgung mit Taurin kommt es zu einer dilatativen Kardiomyopathie. Man fand heraus, daß durch Zufütterung von Taurin die dilatative Kardiomyopathie, welche zuvor immer eine sehr schlechte Prognose gehabt hat, reversibel ist (PION et al., 1987; PION, 1989).

Dabei sind die Mechanismen, die der Wirkungsweise von Taurin am Herzen zugrunde liegen, weitgehend unbekannt. Im Herzen liegt Taurin in hoher Konzentration vor. Diese hohe Konzentration (etwa das 100- bis 250fache der Plasmakonzentration) wird durch ein aktives Transportsystem, welches Energie verbraucht und β -adrenerger Stimulation unterliegt, aufrechterhalten.

Weiterhin fanden die Autoren heraus, daß kein Zusammenhang zwischen Taurin und anderen Formen der Herzerkrankungen bei Katzen besteht (PION und KITTLESON, 1990).

FOX et al. (1993) verglichen die Plasma-Taurin-Werte von gesunden Katzen mit den Werten von Tieren mit Herzerkrankungen. Bei Katzen mit dilatativer Kardiomyopathie ergab sich eine niedrigere mittlere Plasma-Taurin-Konzentration als bei Katzen anderer Krankheitsgruppen.

Zwei Drittel der Katzen mit dilatativer Kardiomyopathie hatten einen Plasma-Taurin-Wert unter 30 nmol/ml, wobei bei 50 % der Katzen die Werte sogar unter 20 nmol/ml lagen.

Bemerkenswert ist allerdings, daß nicht jede Katze mit niedrigen Taurin-Werten, ob experimentell provoziert oder klinisch diagnostiziert, eine dilatative Kardiomyopathie und/oder Retinadegeneration entwickelte. Dieses läßt den Schluß zu, daß ein Taurin-Mangel allein nicht ausreichend ist, um diese Erkrankungen zu entwickeln. Man vermutet, daß die dilatative Kardiomyopathie durch Taurin-Mangel und andere noch nicht näher definierte Faktoren hervorgerufen wird (PION et al., 1992).

Ein Taurin-Mangel kann auch zu Reproduktionsstörungen führen. Bei Muttertieren mit schwerem Taurin-Mangel kam es zu vermehrten intrauterinen Absterben der Feten und einer erhöhten Anzahl von totgeborenen Welpen. Überlebende Welpen zeigten zum Teil zentralnervöse Störungen, die sich z.B. in motorischen Störungen, einer extremen Spreizstellung der Hintergliedmaßen und einer schlechten Entwicklung der Welpen äußerten. Es wurde von Entwicklungsstörungen wie z.B. Hydrozephalus oder Anenzephalie bei abortierten Feten von Katzen berichtet, wenn die Mütter mit einer taurinreduzierten Diät während der Trächtigkeit gefüttert waren. Es wurde festgestellt, daß die Konzentration von Taurin im Gehirn von lebend geborenen Welpen einer Katze mit Taurin-Mangel bei 30 % der Konzentration lag, die bei Welpen von Katzen mit normalen Werten gemessen wurden. Die Trächtigkeit, Geburt und die Entwicklung der Welpen waren normal, sobald das Futter der Katzen mit Taurin angereichert wurde (STURMAN et al., 1985, STURMAN, 1986).

Eine weitere Folge eines Taurin-Mangels ist eine eingeschränkte Immunfunktion. Sowohl die Zahl der Leukozyten und der Prozentsatz der polymorphkernigen Leukozyten (PMNLs) als auch die phagozytische Aktivität der PMNLs sowie die Gammaglobulinkonzentrationen im Serum waren bei Katzen mit Taurin-Mangel verringert. Dabei ermittelten SCHULLER-LEVIS und STURMAN (1988) bei taurindefizienten Katzen eine signifikante Erniedrigung der Leukozyten auf durchschnittlich $9,3 (\pm 3,4) \times 10^3 / \mu\text{l}$ [Norm: $18,2 (\pm 4,2) \times 10^3 / \mu\text{l}$].

Desweiteren wurde auch über eine histologische Veränderung des Nierengewebes berichtet. Bei Katzenwelpen führte der Taurin-Mangel zu einer Abnahme der Nierenmasse und zu einer Vereinfachung des Tubulusepithels. Bei erwachsenen Katzen entwickelten sich diese Veränderungen zu einer Atrophie der Nierenrinde sowie zu einer fortgeschrittenen Glomerulosklerose (BURGER und EARLE, 1992).

2.3.4 Taurin-Normwerte und Taurin-Bestimmung

Das Plasma der Katze enthält bei ausreichender Versorgung 50-120 nmol/ml Taurin. Werte unterhalb von 30-50 nmol/ml weisen auf eine Mangelversorgung mit Taurin hin (HAYES und TRAUTWEIN, 1989). Der Normalwert des Plasma-Taurins beträgt nach PION et al. (1987) 82 (± 33) nmol/ml. Von FOX et al. (1993) wird ein Wert von 70-82 nmol/ml angegeben.

Für die Beurteilung des Taurin-Status wird die Bestimmung der Taurin-Konzentration im Plasma herangezogen. Ideal wäre auch die Bestimmung der intrazellulären Taurin-Konzentration im Gewebe. Das würde allerdings mit einer Biopsie verbunden sein, die unter klinischen Bedingungen meist nicht praktikabel ist (MORRIS et al., 1990; HAYES und TRAUTWEIN, 1989).

Aus der Literatur ist bekannt, daß die Bestimmung der Plasma-Taurin-Werte mit Problemen einhergeht.

Die festen Blutbestandteile, vor allem die Granulozyten und Thrombozyten, enthalten Taurin in hoher Konzentration. Kommt es zu einem Austritt von Taurin aus diesen Zellen ins Plasma, werden die Plasma-Taurin-Werte verändert. Von Untersuchungen an Kindern ist bekannt, daß 83 % des Taurins in den festen Blutbestandteilen vorliegt (MORRIS et al., 1990). Auch eine längere Aufbewahrung von Blutproben bei Raumtemperatur bewirkt einen Austritt von Taurin aus den festen Bestandteilen. Bei sofortiger Eiskühlung werden die Taurin-Werte wenig beeinflusst. Hohe Plasma-Taurin-Werte werden auch durch eine schlecht durchgeführte Blutentnahme, die eine Hämolyse zur Folge hat, hervorgerufen (SISSON et al., 1991).

Des weiteren ist die Konzentration des Taurins im Plasma abhängig von der Zeitspanne zwischen der letzten Nahrungsaufnahme und der Blutentnahme zur Taurin-Bestimmung. Dieser Zeitraum sollte standardisiert sein (MORRIS et al., 1990). Von PION et al. (1992) sind die Blutproben für die Plasma-Taurin-Bestimmung zwei bis zehn Stunden nach der letzten Nahrungsaufnahme entnommen worden. Es sollte auch beachtet werden, daß die Plasma-Taurin-Werte nicht in jedem Fall die Vollblut- oder Muskelkonzentrationen reflektieren, da

das Taurin in den Muskeln und Blutzellen, bedingt durch den nötigen aktiven Transport, nach Taurin-Gabe erst mit Verzögerung ansteigt. Deshalb scheint der Vollblut-Taurin-Wert gegenüber dem Plasmawert der bessere Index zu sein. In der Literatur gibt es aber nur wenige Aussagen über die Vollblut-Taurin-Konzentrationen bei gesunden und Taurin defizienten Katzen. Nach MORRIS et al. (1990) liegt ein Wert von 250 nmol/ml im Normbereich.

2.3.5 Vorbeugung eines Taurin-Mangels

PION et al. (1987) stellten fest, daß die Richtwerte für den Mindestbedarf von Taurin für Katzen mit Werten von 400mg/kg für Katzenwelpen und adulte Katzen und mit 500 mg/kg für trächtige Katzen, aufgestellt durch das amerikanische „National Research Council“, nicht ausreichen. Sie zeigten in ihren Studien, daß Katzen, denen jahrelang 500 mg/kg Taurin im Trockenfutter gefüttert worden ist, dennoch zu niedrige Plasma-Taurin-Werte hatten und sich als Folge eine dilatative Kardiomyopathie entwickelte. Die Futtermittelhersteller waren nun angehalten, die Menge des Taurins im Futter zu erhöhen.

MORRIS et al. (1990) analysierten den Unterschied des Plasma-Taurin-Gehaltes nach Aufnahme von Dosen- und Trockenfutter. Bei gleichen Konzentrationen an Taurin in beiden Futtermitteln kommt es beim Trockenfutter zu wesentlich höheren Plasma-Taurin-Werten als nach der Aufnahme von Dosenfutter.

Um der Entstehung eines Taurin-Mangels sicher vorzubeugen, sollte der Taurin-Gehalt im Trockenfutter im Bereich von 1000-1200 mg und beim Feuchtfutter bei 2000-2500mg/kg Trockensubstanz liegen (MORRIS et al., 1990; HAYES und TRAUTWEIN, 1989).

3 Eigene Untersuchungen

3.1 Material und Methoden

In der vorliegenden Arbeit wurden von 52 Europäischen Kurzhaarkatzen makroskopisch- und mikroskopisch-anatomisch die Niere und die Nebenniere untersucht und im Blutplasma der Taurin-Gehalt bestimmt.

Die Tiere stammten aus verschiedenen Tierarztpraxen Berlins und dem Lande Brandenburg. Sie wurden dort eingeschläfert und anschließend für die Probenentnahme zur Verfügung gestellt. Keines der ausgewählten Tiere zeigte klinische Anzeichen einer Nierenerkrankung oder einer Erkrankung des endokrinen Systems.

Aus den bekannten Daten konnten hinsichtlich der Haltung zwei Katzensgruppen unterschieden werden. In die erste Gruppe konnten 22 Tiere eingeordnet werden, die überwiegend in der Wohnung gehalten und mit kommerziellem Katzenfutter ernährt wurden. Zur zweiten Gruppe zählten 30 Katzen aus ländlichen Gegenden, die frei laufend gehalten und z. T. verwildert waren. Bei diesen Tieren bestand das Futter aus Beutetieren, Kuhmilch und Küchenabfällen.

Das Alter der Tiere konnte entweder exakt aus den Vorberichten der Tierbesitzer übernommen werden, oder erfolgte durch eine Altersschätzung anhand der Zähne. Das Lebensalter lag in der Gruppe der juvenilen Tiere zwischen 3 und 10 Wochen. Alle Katzen, die älter als 9 Monate waren, wurden als adult eingestuft.

Alle Tiere erhielten vor der Euthanasie eine Injektionsnarkose mit Ketamin-Xylazin. Dabei wurde in einer Mischspritze 15 mg/kg KM Ketamin und 0,5 mg/kg KM Xylazin i. m. verabreicht. Anschließend erfolgte die schmerzlose Tötung durch i. p. Gabe der Injektionslösung T 61.

Im Rahmen der Diagnostik wurde von fast allen Tieren venöses Blut entnommen. Das Blut wurde unter Zusatz von Heparin sofort zentrifugiert und anschließend in beschrifteten Plastikbehältern bei -18° C tiefgefroren.

Im Rahmen der Versuchsplanung wurden als Konstantfaktoren die Rasse der Tiere, die Art ihrer Tötung und die Gewinnung und Weiterverarbeitung des Probenmaterials angesehen. Als zu prüfende Faktoren gelten das Alter und das Geschlecht der Tiere sowie die unterschiedlichen Nieren- und Nebennierenuntersuchungsergebnisse.

Die Haltungsbedingungen, die Fütterung und die individuelle Schwankungsbreite (z.B. Krankheiten) sind Faktoren, die nicht zu beeinflussen waren und zur Streuung innerhalb der Stichproben führten.

3.1.1 Taurin-Bestimmung

Für die Beurteilung des Taurinstatus wurde die Bestimmung der Taurinkonzentration im Plasma herangezogen. Die Plasmataurinkonzentrationen korrelieren gut mit den Gewebespiegeln (BURGER und EARLE, 1992).

Die tiefgefrorenen Proben wurden zur Analyse in das Klinisch-Diagnostische Labor an der Kinderklinik und Poliklinik der Universität Rostock zu Frau Dr. rer. nat. E. Peters gebracht.

Das Plasma wurde mit dem gleichen Volumen 10 %iger Sulfosalicylsäure enteiweißt, 10 Minuten zentrifugiert und der enteiweißte Überstand mit einem Probenverdünnungspuffer im Verhältnis 1:1 versetzt. Die Taurin-Bestimmung erfolgte säulenchromatographisch mit einem Aminosäureanalysator LC 3000 der Fa. Eppendorf. Zur Nachsäurederivatisierung wurde Ninhydrin verwendet. Insgesamt wurden von 12 Blutproben Doppelbestimmungen durchgeführt. Die nachfolgende Grafik verdeutlicht die Sicherheit und Genauigkeit dieser Bestimmungsmethode.

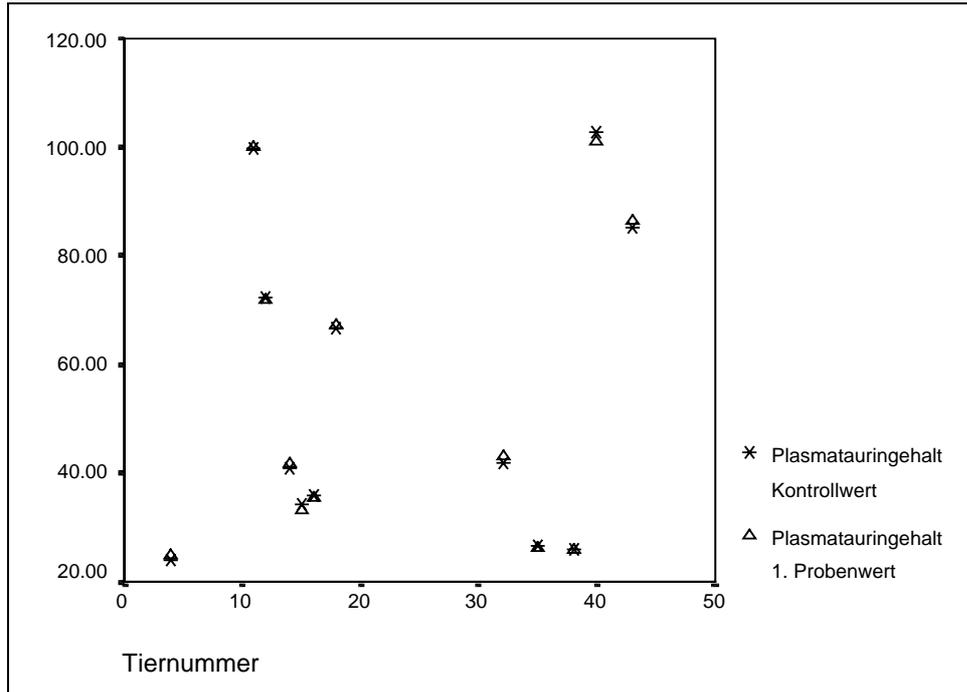


Abb. 1: Gegenüberstellung der Meßwerte der Plasma-Taurinbestimmung

Die Aussagekraft der Taurinwerte ist nur im relativen Sinne möglich. Methodische Unsicherheiten sind einige der Gründe. So weisen HAYES und TRAUTWEIN (1989) darauf hin, daß das Blut von gefasteten Tieren entnommen werden sollte, um ein einheitliches Bild zu erhalten und Einflüsse variierender Stoffwechselfätigkeit auszuschließen. So entnahmen MÜHLUM und MEYER (1989) die Blutproben zur Plasma-Taurin-Bestimmung nach 16 stündiger Nüchterung.

Die festen Blutbestandteile vor allem die Granulo- und Thrombozyten enthalten Taurin in hoher Konzentration. Kommt es zu einem Austritt von Taurin aus diesen Zellen ins Plasma werden die Plasmataurinwerte verändert. Wie bereits erwähnt, ist von Untersuchungen an Kindern bekannt, daß 83 % des Taurins in den festen Blutbestandteilen vorliegt (MORRIS et al. 1990). Auch eine längere Aufbewahrung von Blutproben bei Raumtemperatur bewirkt einen Austritt von Taurin aus den festen Bestandteilen. Bei sofortiger Eiskühlung werden die Taurin-Werte wenig beeinflußt. Hohe Plasma-Taurin-Werte werden auch durch eine schlecht durchgeführte Blutentnahme, die eine Hämolyse zur Folge hat, hervorgerufen (SISSON et al. 1991). Die hier vorliegenden Taurin-Werte unterliegen Schwankungen, die bei der Interpretation berücksichtigt werden müssen, da nicht bekannt ist, in welchem Abstand zur letzten Fütterung die Blutentnahme erfolgte.

3.1.2 Makroskopisch - anatomische Methoden

Bei allen Tieren wurden das Geschlecht und Alter mit den Angaben aus den Untersuchungsprotokollen der Tierärzte verglichen und überprüft. Mit einem Bandmaß wurde die Scheitel-Steiß-Länge ermittelt. Die Bestimmung der Körpermassen erfolgte auf einer mechanischen Waage. Nach Abpräparation des Felles wurde die Bauchhöhle in der Linea alba eröffnet. Vom Medianschnitt ausgehend wurden zwei laterale Entlastungsschnitte entlang der Rippenbögen geführt. Nach der Entnahme des Verdauungstraktes, der Leber und Milz konnten die beiden Nieren und Nebennieren herauspräpariert werden. Diese wurden nach Befreiung von anhaftenden Bindegewebs- und Gefäßresten gewogen und durch einen zentralen Schnitt quergeteilt. In den Querschnitten stellten sich bei beiden Organen die Rinde und das Mark in der Schnittebene vollständig dar.

Die Ermittlung der Organmasse erfolgte mit einer elektronischen Laborwaage der Firma Sartorius. Anschließend wurden die Proben in gekennzeichneten Gläsern mit 4 % Formaldehydlösung fixiert und aufbewahrt.

Die Berechnung der relativen Organmasse erfolgte nach folgender Formel:

$$\text{Formel (1): } \textit{relativeOrganmasse} = \frac{\textit{absoluteOrganmasse} * 100\%}{\textit{Körpermasse}}$$

3.1.3 Mikroskopisch - anatomische Methoden

Nach der Formaldehydfixierung durchliefen alle Nieren- und Nebennierenproben die Alkoholreihe und die Paraffineinbettung. Mit dem Schlittenmikrotom erfolgte die Herstellung 4 µm dicker histologischer Schnitte. Von jeder Probe wurden 10 Schnitte mit Hämatoxylin-Eosin (HE) (ROMEIS, 1989) gefärbt und die kontrastreichsten für die Auswertung verwendet.

3.1.3.1 Histometrie der Niere

Bei allen Tieren erfolgte die Einteilung der Nierenrinde in eine kortikale und in eine juxtamedulläre Zone, wobei jeweils Durchmesser und Flächeninhalt des Glomerulus (Kapillarschlingenkonvolut) bzw. des Corpusculum renis bestimmt wurden. Dabei wurde mit dem Nikon-Mikroskop OPTIPHOT 2 und dem daran gekoppelten automatischen Bildanalysesystem Lucia M gearbeitet. Pro Tier wurden an fünf unterschiedlichen Schnitten in beiden Nierenzonen 50 Nierenkörperchen mit ihren Glomeruli vermessen. Nur Glomeruli bzw. Nierenkörperchen mit angeschnittenem Gefäßpol gelangten zur Auswertung. Mit Hilfe des Computerprogrammes wurde im ersten Schritt der Glomerulus an der Grenze von Kapillaren und Kapsellumen, im zweiten Schritt das Nierenkörperchen entlang der Bowmannschen Kapsel markiert (Abb. 2). Der Computer ermittelte automatisch (Abb. 3) die eingeschlossene Fläche und den großen und kleinen Durchmesser der gekennzeichneten Objekte. Die erhobenen Meßdaten (Max Feret, Min Feret, Area, Perimeter) wurden in das ECXEL - Computerprogramm übertragen. Aus diesen Daten erfolgte die Volumenberechnung der annähernd kugelförmigen Nierenkörperchen mit der Formel (2) nach FISCHER und INKE (1956) sowie PALKOVITS und ZOLNAI (1963).

Formel (2):

$V = \frac{\pi}{6} (ab)^{\frac{3}{2}}$	a- großer Durchmesser b- kleiner Durchmesser
--	---

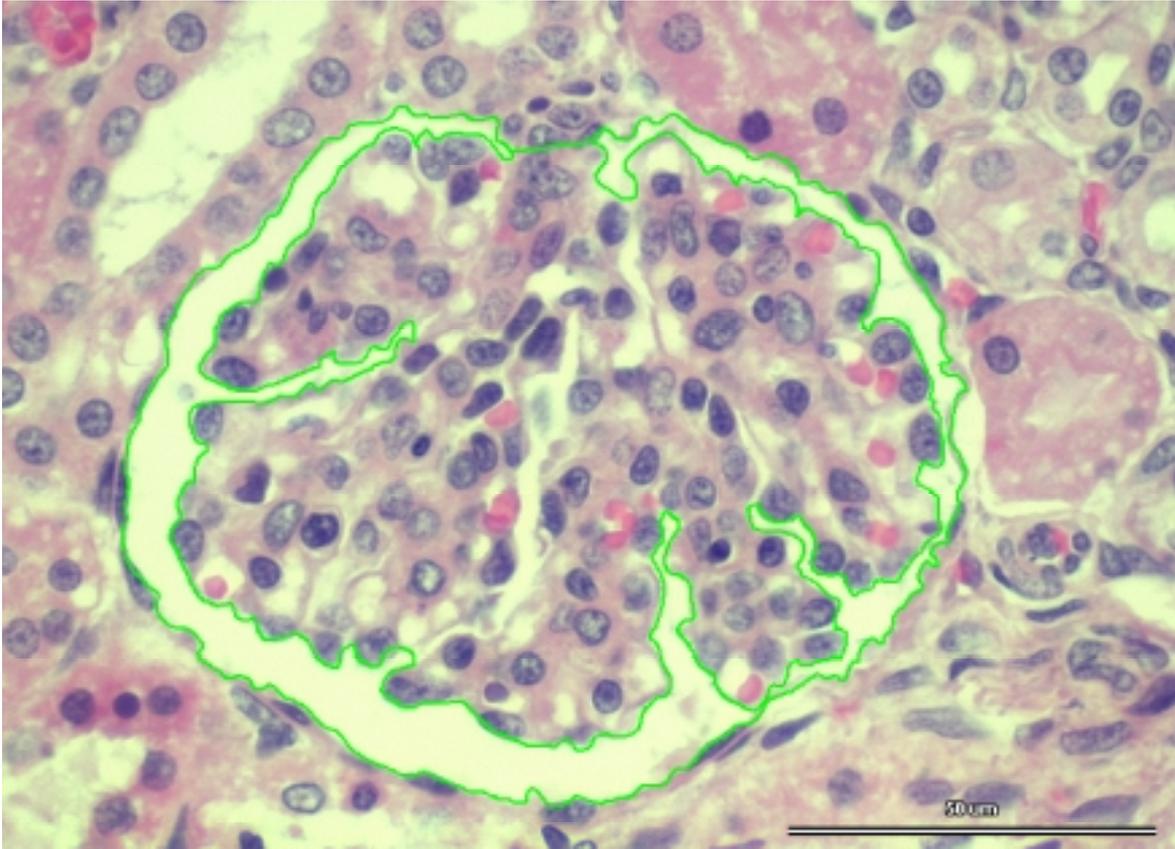


Abb. 2: Glomerulus und Nierenkörperchen in der Z. juxtamedullaris mit der Maus umfahren
 Katze, weiblich, 3 Wochen, Herkunft: Land
 HE-Färbung, Vergr. 1000 fach

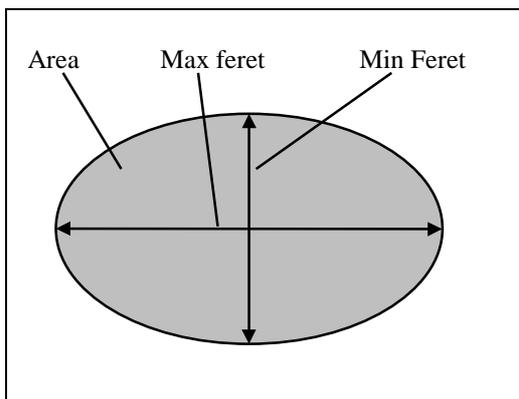


Abb. 3: Gemessene Werte an den Glomeruli bzw. Nierenkörperchen

In jeder Nierenrindenzone wurde die Glomerulianzahl pro mm² bestimmt. Gezählt wurde unter dem Zoom-Mikroskop Leica-Wild M3Z und mit Hilfe einer Okularstrichplatte. Der Zoom war so eingestellt, daß die Strichplatte mit definierter Fläche die gesamte Rinde einschloß und gleichzeitig die Nierenrinde in eine kortikale und juxtamedulläre Zone teilte. Mit dem Objektmikrometer wurde kalibriert. Pro Tier wurden an fünf unterschiedlichen Schnitten mindestens 100 Glomeruli ausgezählt. Mittels eines Hämatologie-Zählgerätes konnten in einem Arbeitsgang kortikale und juxtamedulläre Glomeruli erfaßt werden. Das Gerät errechnete auch den prozentualen Anteil der subkapsulären und juxtaglomerulären Glomeruli an der Gesamtglomerulianzahl.

Zur Berechnung des Glomerulusindexes wurde die Anzahl der Glomeruli pro mm² Schnittfläche und deren mittlere Fläche nach GENSICKE (1996) verwendet, wobei folgende Formel zur Anwendung kam :

Formel (3): $Glomerulusindex = Glomeruli / mm^2 * \text{mittlerer Fläche der Glomeruli}$

In Anlehnung an PANNWITZ (1997) konnte die Anzahl der Glomeruli/ mm² weiterhin für die Berechnung der Glomerulianzahl/ mm³ eingesetzt werden. Dabei entstand folgende Formel:

Formel (4): $Glomeruli / mm^3 = \frac{Glomeruli / mm^2}{\text{mittlerer Durchmesser der Glomeruli} + \text{Schnittdicke}}$

Das schon oben beschriebene Bildanalyzesystem LUCIA M konnte auch für Ermittlung des mittleren Abstands der zehn kapselständigen Nierenkörperchen zur Nierenkapsel angewandt werden. Dabei wurden pro Tier an fünf unterschiedlichen Schnitten der Abstand der 30 subjektiv kapselnahesten Nierenkörperchen bestimmt. Mit 100 facher Vergrößerung und einem speziellen Längenmakro konnte mit der Maus eine Verbindungslinie zwischen Nierenkapsel und dem Außenblatt der Bowmannschen Kapsel hergestellt werden und anschließend fand im EXCEL-Programm die Ermittlung des arithmetischen Mittels der 10 kürzesten Distanzen statt.

Die Bestimmung der Breite der Nierenrinde wurde mit Hilfe eines Binokulars „Wild Zeiss-Lupe“ mit Zeichentubus und mit einem Morphomaten durchgeführt. Bei 60 facher Vergrößerung wurden pro Tier 4 Schnitte auf Zeichenpapier projiziert und die Nierenrinde eingezeichnet. Die Kalibrierung erfolgte durch ein Objektmikrometer, wobei die 1-mm-Strecke ebenfalls auf das Zeichenpapier projiziert wurde. Anschließend wurden an vier unterschiedlichen Stellen in der Nierenrinde Abstandslinien zur Bestimmung der Breite eingezeichnet. Mit Hilfe des halbautomatischen Bildanalyzesystems Morphomat 30 Zeiss Oberkochen wurden die Distanzen vermessen und die Daten in das EXCEL-Programm übertragen sowie der Mittelwert bestimmt.

3.1.3.2. Histometrie der Nebenniere

Die Messung der Durchmesser und Bestimmung des Volumens von Kernen der Zona-glomerulosa-Zellen erfolgte wieder mit dem Nikon-Mikroskop OPTIPHOT 2 und dem daran gekoppelten automatischen Bildanalyzesystem LUCIA M. Bei 1000 facher Vergrößerung (100 x 10, Ölimmersion) wurde pro Tier an 4 verschiedenen Schnitten 100 Zellkerne vermessen. Anhand der Farbkontraste des Objektes bestimmte „LUCIA M“ die Zellgrenzen. Automatisch wurden jetzt der große und der kleine Durchmesser und die Fläche der Zellkerne ermittelt. Es wurden nur die deutlich sichtbaren Zellkerne berücksichtigt und auch diese Meßdaten in das EXCEL-Programm übertragen. Nach SMOLLICH (1962a) weichen die Glomerulosazellkerne von der Kugelform ab. PALKOVOITS und FISCHER (1963) legten als Grenze zwischen kugelartiger und ellipsoider Form ein Durchmesser Verhältnis von 1: 1,20 fest. Bei uns liegt dieses Verhältnis bei 1: 1,24 somit kommt Formel (5) für Rotationsellipsoide zur Anwendung. PALKOVITS und HAJTMANN (1965) definierten das Rotationsellipsoid, wobei der große Zellkerndurchmesser die Rotationsachse ist.

Formel (5):

$$V = \frac{\pi}{6} ab^2$$

a- großer Zellkerndurchmesser
b- kleiner Zellkerndurchmesser

Die Bestimmung des Anteils der Zona-glomerulosa-Fläche an der Gesamtnebennierenrindenfläche wurde wieder mit Hilfe eines Binokulars „Wild Zeiss-Lupe“ mit Zeichentubus und mit einem Morphomaten durchgeführt. Bei 60 facher Vergrößerung wurden pro Tier 4 Schnitte auf Zeichenpapier projiziert und die Zona glomerulosa sowie das Nebennierenmark eingezeichnet. Die Kalibrierung erfolgte durch einen Objektmikrometer, wobei eine Strecke von 1mm ebenfalls auf das Zeichenpapier projiziert wurde. Anschließend wurden an vier unterschiedlichen Stellen in der Nebennierenrinde und im Nebennierenmark Abstandslinien zur Bestimmung der Breite der Nebennierenzonen eingezeichnet. Mit Hilfe des halbautomatischen Bildanalyseesystems Morphomat 30 Zeiss Oberkochen wurden die Zonen umfahren, der prozentuale Anteil errechnet und die Breite der Nebennierenzonen bestimmt (Abb. 4).

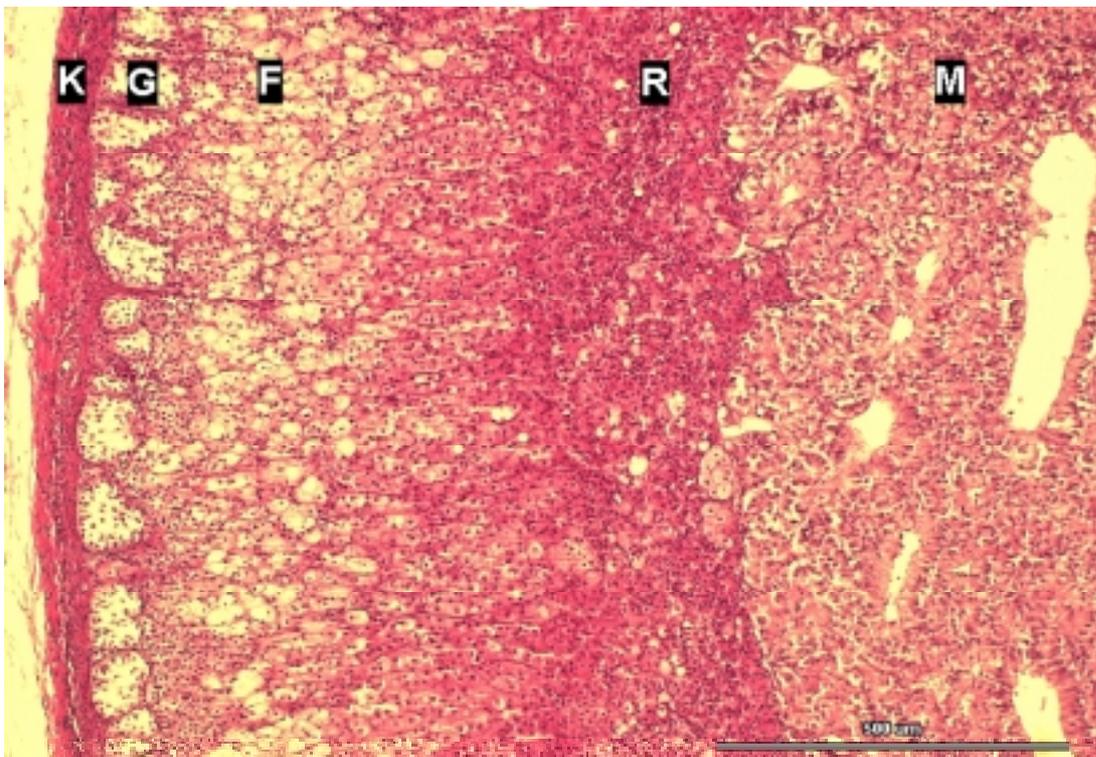


Abb. 4: Übersichtsdarstellung der Nebennierenzonen

Katze, weiblich, 5 Jahre, Herkunft: Land

HE-Färbung, Vergr. 100 fach

K = Nebennierenkapsel

R = Zona reticularis

G = Zona glomerulosa

M = Nebennierenmark

F = Zona fasciculata

3.1.4 Statistische Methoden

Die statistische Auswertung der Meßergebnisse erfolgte mit dem Statistikprogramm SPSS Version 8.0. Alle gesammelten Daten wurden im Tabellenkalkulationsprogramm EXCEL geordnet und weitere Parameter berechnet:

- relative Organmasse
- Volumen der Glomeruli in der subkapsulären/ juxtamedullären Region
- Volumen der Nierenkörperchen in der subkapsulären/ juxtamedullären Region
- Anzahl der Glomeruli pro mm² Schnittfläche
- Anzahl der Glomeruli pro mm³ Schnittfläche
- Glomerulusindex in der subkapsulären/ juxtamedullären Region
- Zellkernvolumen der Zona-glomerulosa-Zellen der Nebenniere
- Anteil der Zona-glomerulosa-Fläche an der Nebennierenrindenfläche.

Anschließend wurden sämtlichen Ergebnisse in das SPSS-Programm transferiert. Mit diesem Programm erfolgte neben den statistischen Berechnungen und Tests auch die Diagrammerstellung.

Aus den bekannten Daten der 52 Katzen wurden zur Auswertung der Meßergebnisse folgende Tiergruppen gebildet:

Tieranzahl	Geschlecht	Alter
13	männlich, juvenil	3 - 10 Wochen
6	männlich, adult	älter als 9 Monate
23	weiblich, juvenil	3 - 10 Wochen
10	weiblich, adult	älter als 9 Monate

Aus den Vorberichten waren neben Alter und Geschlecht auch die Herkunft der Tiere zu entnehmen, so daß es sinnvoll erschien, eine weitere Gruppeneinteilung vorzunehmen:

Tieranzahl	Gruppe	Alter	Herkunft/ Fütterung
14	Stadt, juvenil	3 - 10 Wochen	Wohnung/ kommerziell und regelmäßig
8	Stadt, adult	älter als 9 Monate	Wohnung/ kommerziell und regelmäßig
22	Land, juvenil	3 - 10 Wochen	freilaufend, verwildert/ Beutetiere, Abfälle, Kuhmilch und unregelmäßige Fütterung
8	Land, adult	älter als 9 Monate	freilaufend, verwildert/ Beutetiere, Abfälle, Kuhmilch und unregelmäßige Fütterung

Als statistische Berechnungen wurden zunächst der arithmetische Mittelwert, die Standardabweichung und der Medianwert für jede Meßwertreihe eines Tieres bestimmt. Dabei diene der arithmetische Mittelwert als Repräsentant aller Meßwerte eines Tieres. Standardabweichung und Medianwert wurden lediglich zur Feststellung von Streuung und Schiefe jeder tierbezogenen Meßreihe benutzt.

Die aus der Literatur vorliegenden Angaben (PEHLEMANN, 1986; MÖLLER, 1994; SPIELER, 1995; GENSICKE, 1996) weisen auf eine annähernde Normalverteilung der Merkmale hin. Nach dem zentralen Grenzwertsatz gilt außerdem: „Bei den meisten Merkmalen tendiert die Mittelwertverteilung zu einer Normalverteilung, gleichgültig, welche Verteilungsform die Meßwerte selbst haben.“ (LORENZ, 1992).

Für jedes untersuchte Merkmal der betreffenden Gruppe wurden folgende statistische Kennzahlen erhoben:

- Anzahl der Tiere pro Gruppe (n)
- größter (x_{\max}) und kleinster (x_{\min}) arithmetischer Mittelwert in einer Gruppe
- arithmetischer Mittelwert (\bar{x})
- Standardabweichung (s)
- erstes, zweites und drittes Quartil (das zweite Quartil ist der Medianwert)
- das 0,95 Konfidenzintervall (μ_u, μ_o) für den Erwartungswert μ der Grundgesamtheit

Von den statistischen Testverfahren kam zum Vergleich zweier voneinander abhängiger Stichproben (z.B. Vergleich der Glomerulidurchmesser in den äußeren und inneren Nierenrindenzonen) der Paired-Samples-t-Test zur Anwendung.

Unter Annahme einer Normalverteilung konnte ermittelt werden, ob sich im Mittel Differenzen zwischen den beiden Nierenzonen ergeben.

Voneinander unabhängige Stichproben wurden einer Varianzanalyse mit anschließendem Scheffé-Test unterzogen. Dabei wurden alle möglichen paarweisen Mittelwertvergleiche durchgeführt.

Das globale Signifikanzniveau wurde auf $\alpha = 0,05$ festgelegt ($p < 0,05$). Dabei berücksichtigte der Scheffé-Test die Vervielfachung der Irrtumswahrscheinlichkeit beim Vergleich von mehr als zwei Gruppen. Es sind also auch signifikante Ergebnisse mit 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit im multiplen Mittelwertvergleich nachzuweisen.

Bei signifikanten Unterschieden wurde in den Tabellen der p - Wert ($p < 0,05$) eingetragen. Die nicht signifikanten Unterschiede wurden mit n.s. (nicht signifikant) gekennzeichnet.

Zur Beschreibung der Korrelationen wurde der SPEARMANSche Rangkorrelationskoeffizient r_s herangezogen, da er sowohl lineare als auch monotone nichtlineare Beziehungen zwischen den Parametern untersucht. Die Interpretation der Koeffizienten erfolgte in Anlehnung an SCHLITTGEN (1996) und dabei gelten folgende Grenzen:

- schwache Korrelation ($r_s < 0,5$)
- mittlere Korrelation ($0,5 \leq r_s \leq 0,8$)
- starke Korrelation ($r_s > 0,8$)

Als graphische Darstellung der beschreibenden Statistik wurden zur Veranschaulichung der Lage, Streuung und Schiefe der Meßwertreihen der Box- and- Whisker- Plot gewählt. Er dient der Veranschaulichung einer großen Anzahl von Werten (Extremwert, Ausreißer, größter Wert, drittes Quartil, Median, erstes Quartil, kleinster Wert). Dabei liegen innerhalb der Box 50% aller Werte und ihre Unter- bzw. Oberkante stellen das erste und dritte Quartil dar. Der Medianwert (zweites Quartil) wird durch den innen befindlichen Querstrich dargestellt. Die Whiskers (Schnurrhaare) erstrecken sich von den kleinsten bis zu den größten Meßwerten, die keine Ausreißer sind. Die Ausreißer sind definiert als innerhalb von 1,5 bis 3 Boxhöhen vom oberen bzw. unteren Boxrand entfernt liegende Werte. Als Extremwerte bezeichnet man die Werte, die mehr als drei Boxhöhen vom oberen bzw. unteren Boxrand entfernt zu finden sind.

Zusätzlich ist es möglich, Aussagen über eine symmetrische oder schiefe Verteilung aus dem Plot zu formulieren. Von einer schiefen Verteilung spricht man, wenn erstes und drittes Quartil unterschiedlich große Abstände vom Median aufweisen. Die Daten können als positiv schief interpretiert werden, wenn der Median dem unteren Rand der Box näher ist als dem oberen. Ist der Median dem oberen Rand der Box näher, ist die Verteilung negativ schief (LORENZ, 1992).

Eine weitere graphische Darstellungsform ist der Scatter-Plot, bei dem die Abhängigkeit zweier Parameter voneinander verdeutlicht wird. Er kann verschiedene Arten von Zusammenhängen (lineare, exponentielle, n-förmige Beziehungen) zwischen zwei oder mehreren Variablen sichtbar machen.

Für die Beschreibung der Korrelationen wurden mehrere Scatter-Plots mit einer Tabelle kombiniert. Dabei sind diagonal die einzelnen Parameter angeordnet, rechts befinden sich die Scatter-Plots und links die jeweils SPEARMANschen Rangkorrelationskoeffizienten r_s .

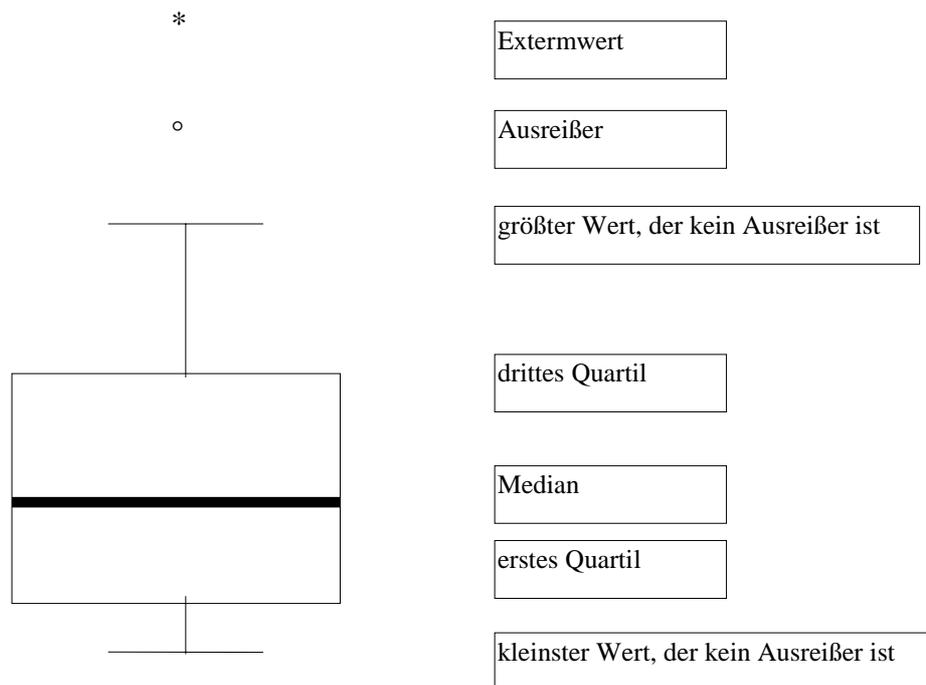


Abb. 5: Box-Whisker-Plot

3.1.5 Nomenklatur

Die anatomischen und histologischen Termini technici wurden der Nomina Anatomica Veterinaria (1994) sowie der Nomina Histologica (1994) entnommen.

3.2 Ergebnisse

Die ermittelten Merkmale werden hinsichtlich ihrer Unterschiede in Abhängigkeit vom Alter und Geschlecht und andererseits in Abhängigkeit vom Alter und der Herkunft untersucht. Dabei folgen zuerst die graphischen Darstellungen für die Gruppen Alter/ Geschlecht. Waren in den Gruppen Alter/ Herkunft ähnliche Abbildungen zu erkennen, wurde auf die graphische Darstellung und auf die Tabellen mit Mittelwerten, Standardabweichungen, 0,95-Konfidenzintervall verzichtet und nur die Besonderheiten erwähnt. Die Tabellen für die signifikanten Gruppenunterschiede (Alter/ Herkunft) werden ebenfalls nur gezeigt, wenn sie sich von den Tabellen (Alter/ Geschlecht) unterscheiden.

3.2.1 Makroskopisch-anatomische Parameter

3.2.1.1 Körpermasse

Die Körpermasse der untersuchten Katzen liegt zwischen minimal 300 g bis maximal 6500 g. Den kleinsten Median mit 550 g wird in der weiblich juvenilen Gruppe gefunden. Der größte Median mit 3500 g zeigt sich bei den männlich adulten Tieren.

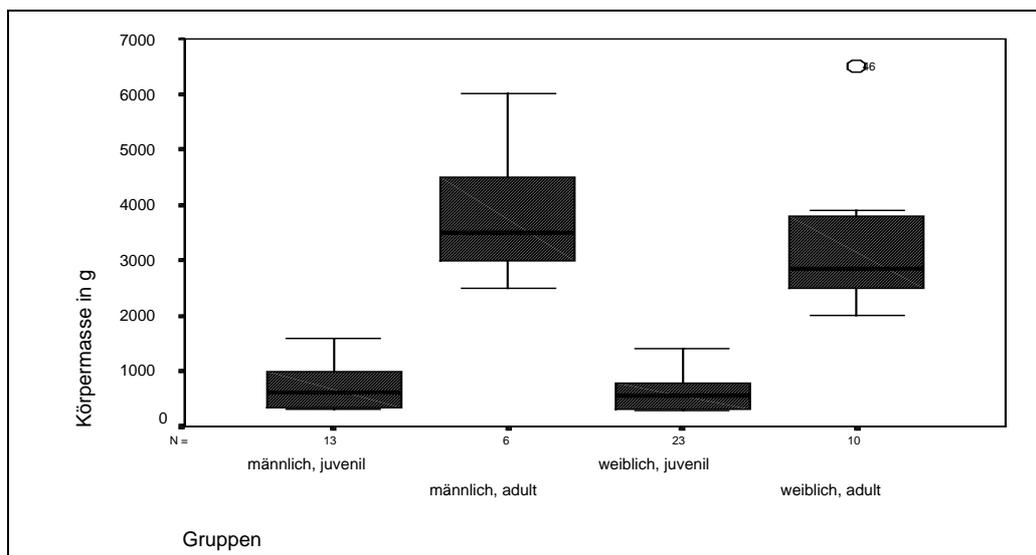


Abb. 6: Körpermasse in g in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

Aus der Abb. 6 kann man entnehmen, daß die Medianwerte der weiblichen Tiere stets kleiner sind als die der männlichen Tiere.

Tab. 10: Mittelwerte, Standardabweichung, 0,95- Konfidenzintervall (μ_u , μ_o) der Körpermasse zu Abb. 6

	n	\bar{x}	s	μ_u	μ_o
männlich, juvenil	13	750,7692	483,5367	458,5710	1042,9675
männlich, adult	6	3833,3333	1290,9944	2478,5177	5188,1489
weiblich, juvenil	23	595,8696	326,4362	454,7080	737,0312
weiblich, adult	10	3280,0000	1295,9767	2352,9141	4207,0859

Signifikante Gruppenunterschiede gehen aus der Tab. 11 hervor. Der Massenunterschied kann nur zwischen den juvenilen und adulten Tieren statistisch gesichert werden. Ein geschlechtsbedingter Unterschied hinsichtlich der Körpermasse liegt bei den gleichaltrigen Katzen nicht vor.

Tab. 11: Signifikante Gruppenunterschiede der Körpermasse nach Geschlecht und Alter

	männlich, juvenil	männlich, adult	weiblich, juvenil	weiblich, adult
männlich, juvenil	•			
männlich, adult	p<0,05	•		
weiblich, juvenil	n.s.	p<0,05	•	
weiblich, adult	p<0,05	n.s.	p<0,05	•

Bei der Betrachtung der Körpermassen hinsichtlich ihrer Herkunft ist kein signifikanter Unterschied zwischen den Stadt- und Landtieren in gleichen Altersgruppen zu finden.

Wie aus der Abb. 7 aber hervorgeht, liegt der Median der juvenilen Stadttiere (760 g) erkennbar höher als bei den gleichaltrigen Landtieren (342,5 g). Bei den adulten Stadttieren ist ein niedrigerer Medianwert (3000 g) abzulesen als bei den adulten Landtieren (3250 g).

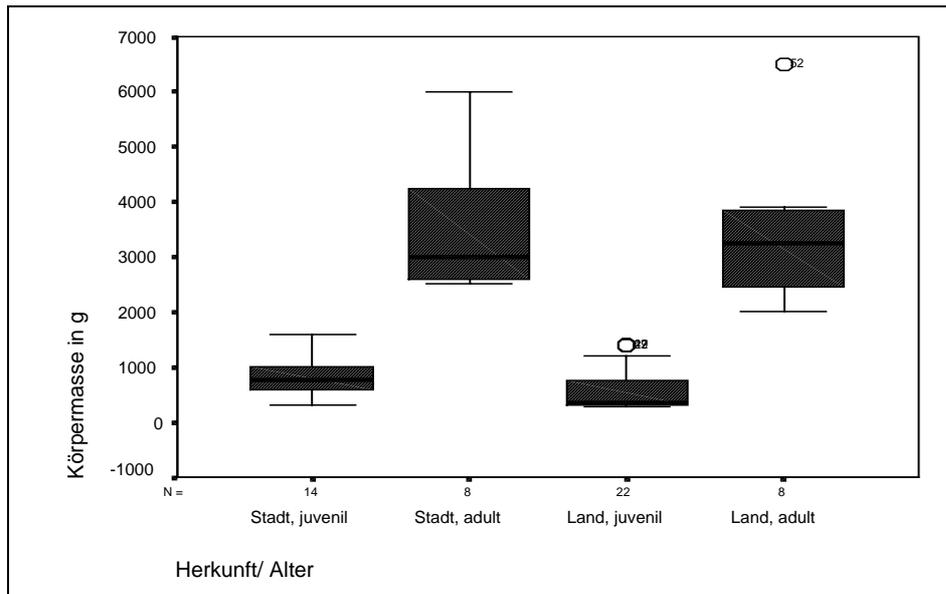


Abb. 7: Körpermasse in g in Abhängigkeit von Herkunft und Alter

Tab. 12: Mittelwerte, Standardabweichung, 0,95- Konfidenzintervall (μ_u , μ_o) der Körpermasse zu Abb. 7

	n	\bar{x}	s	μ_u	μ_o
Stadt, juvenil	14	765	356,0197	559,4404	970,5596
Stadt, adult	8	3525	1232,5931	2494,5264	4555,4736
Land, juvenil	22	579,77	402,8484	401, 1597	758,3857
Land, adult	8	3450	1411,1799	2270,2241	4629,7759

3.2.1.2 Scheitel- Steiß- Länge

Die Scheitel-Steiß-Länge erstreckt sich von 19 cm bei den weiblich juvenilen Katzen bis zu 61 cm bei den männlich adulten Katzen.

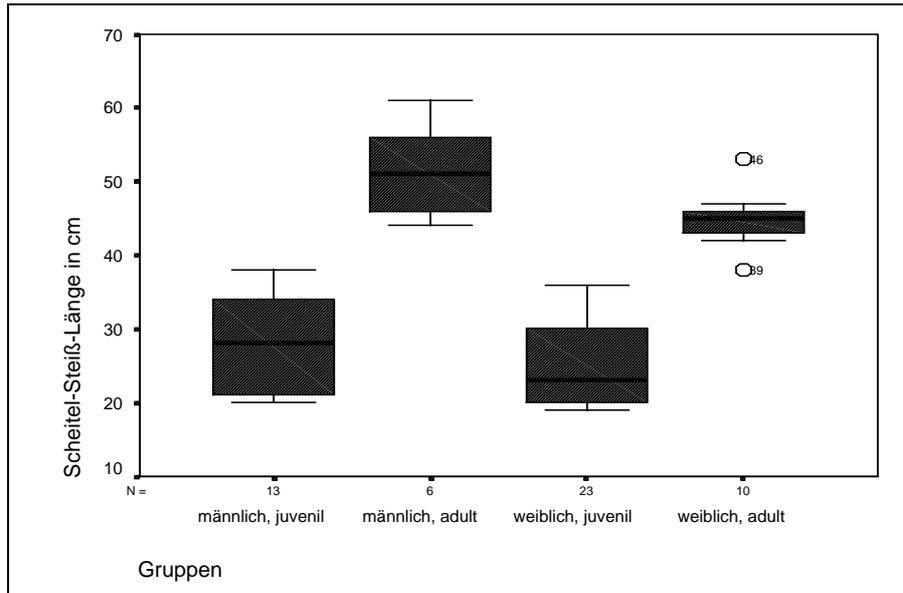


Abb. 8: Scheitel-Steiß-Länge in cm in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

Aus der Abb. 8 gehen die Gruppenunterschiede hervor, die bei diesem Merkmal auch nur zwischen den juvenilen und adulten Tieren deutlich werden. Innerhalb des Geschlechts unterscheiden sich die Scheitel-Steiß-Längen nicht signifikant voneinander. Allerdings wird deutlich, daß die Medianwerte der männlichen juvenilen und der männlich adulten Tiere über den Werten der weiblich juvenilen bzw. weiblich adulten Katzen lagen.

Tab:13: Mittelwerte, Standardabweichung, 0,95- Konfidenzintervall (μ_u , μ_o) der SSL zu Abb. 8

	n	\bar{x}	s	μ_u	μ_o
männlich, juvenil	13	27,5385	7,0192	23,2969	31,7801
männlich, adult	6	51,5000	6,3166	44,8711	58,1289
weiblich, juvenil	23	25,0435	5,7956	22,5373	27,5497
weiblich, adult	10	44,9000	3,8427	42,1511	47,6489

Die Betrachtung des Parameters Scheitel-Steiß-Länge in Abhängigkeit von der Herkunft ergibt in beiden Altersgruppen jeweils höhere Medianwerte der Stadttiere gegenüber den Landtieren. Signifikante Unterschiede werden aber nur zwischen den juvenilen und adulten Katzen unabhängig von ihrer Herkunft ersichtlich.

3.2.1.3 Absolute und relative Nierenmasse

Wie beim Merkmal der Körpermasse steigt die absolute Nierenmasse mit zunehmendem Alter an und die relativen Massen sinken ab. Da die Werte der linken und rechten absoluten und relativen Nierenmasse in allen Gruppen fast übereinstimmt und kein signifikanter Unterschied vorliegt, werden nur die Box-Plots der absoluten und relativen Masse der linken Niere gezeigt. Im Tabellenanhang werden jedoch Lagekenngrößen der rechten und linken Niere angegeben.

In den Gruppen, die nach Alter und Geschlecht getrennt wurden, haben die weiblich juvenilen Tiere den kleinsten Median mit 3,19 g und die männlich adulten Katzen den größten mit 20,14 g.

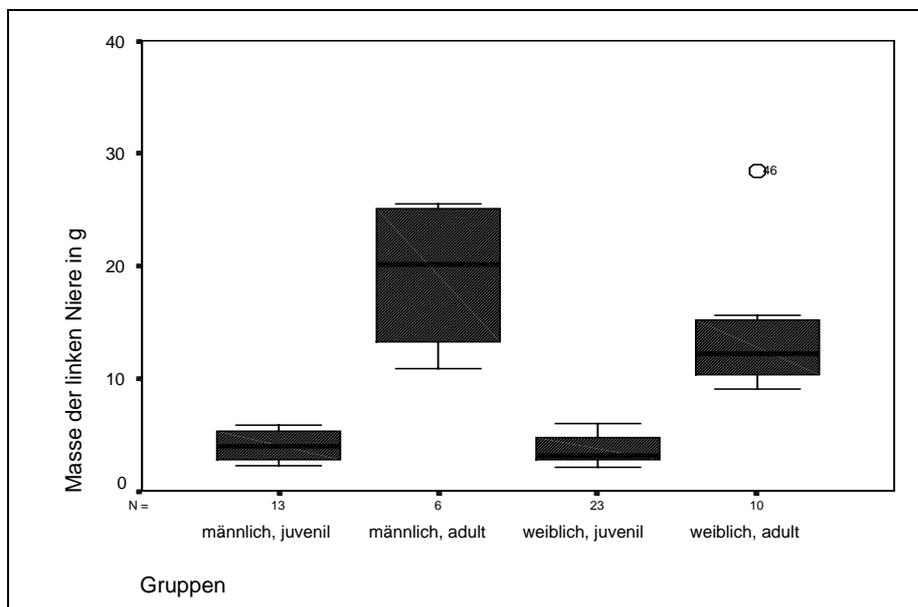


Abb. 9: Absolute Masse der linken Niere in g in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

Die Medianwerte der männlichen Tiere liegen in gleichen Altersgruppen über den Werten der weiblichen Tiere.

Tab. 14: Mittelwerte, Standardabweichung, 0,95- Konfidenzintervall (μ_u , μ_o) absoluten Nierenmasse zu Abb. 9

	n	\bar{x}	s	μ_u	μ_o
männlich, juvenil	13	4,0523	1,3319	3,2475	4,0531
männlich, adult	6	19,1767	6,2070	12,6629	25,6905
weiblich, juvenil	23	3,6696	1,2180	3,1428	4,1963
weiblich, adult	10	13,7540	5,6550	9,7086	17,7994

Allerdings ergeben sich statistisch signifikante Unterschiede wieder nur zwischen den juvenilen und adulten Tieren. Geschlechtsdifferenzen sind nicht zu erkennen.

In der folgenden Abb. 10 wird die Organmasse der linken Niere im Altersverlauf dargestellt und die Gruppeneinteilung aufgehoben. Man erkennt bei den jungen Katzen, daß die Nierenmassen sich kaum zwischen den Geschlechtern unterscheiden. Erst bei den erwachsenen Tieren kommt es zu einer Aufspaltung und die Werte der männlichen Tiere liegen über den Werten der weiblichen Tiere.

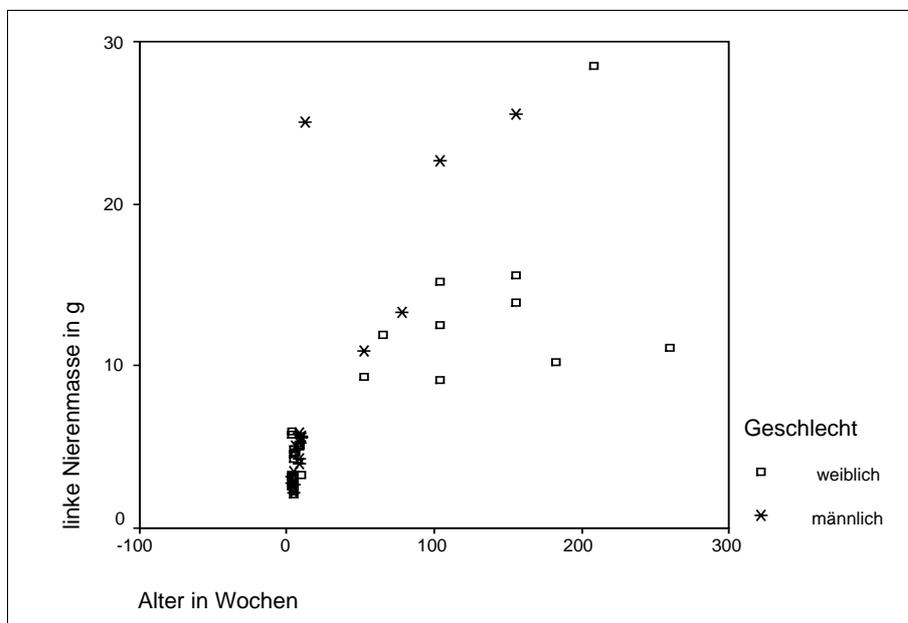


Abb. 10: Masse der linken Niere in g im Altersverlauf

Die Medianwerte der Nierenmasse in den Gruppen, die nach der Herkunft und dem Alter eingeteilt sind, liegen bei den Stadttieren höher als bei den gleich alten Landtieren.

Bei diesem Parameter ist die Differenzen zwischen gleichalten Stadt- und Landtieren wieder nicht signifikant.

Die relative Masse der Nieren bewegt sich in den Gruppen, die nach Alter und Geschlecht geordnet sind, hinsichtlich der Mediane zwischen 0,425 und 0,79 %.

Aus der Abb. 11 werden die höheren Mediane der juvenilen Tiere gegenüber den adulten Tieren sichtbar.

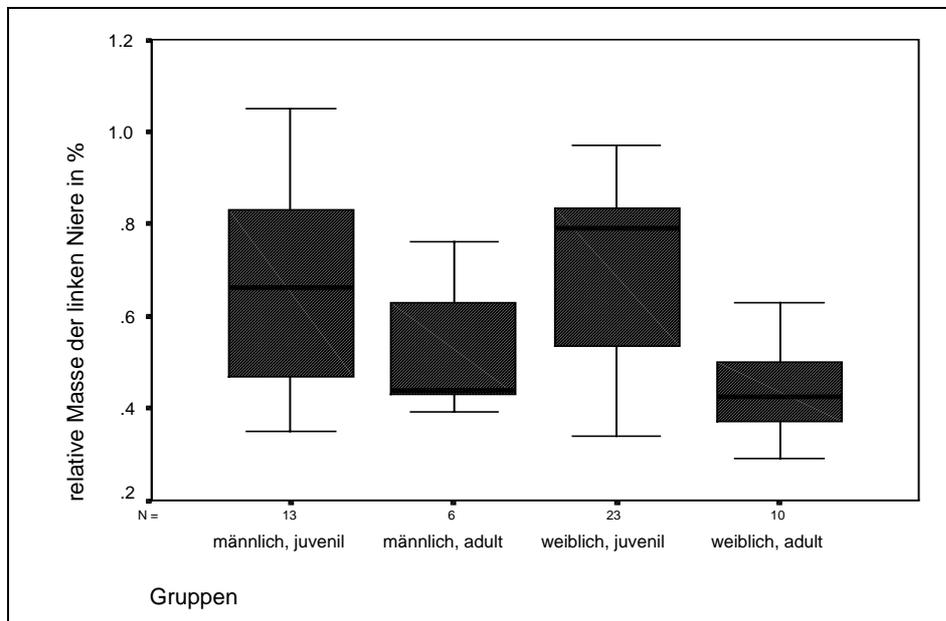


Abb. 11: Relative Masse der linken Niere in % in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

Tab. 15: Mittelwerte, Standardabweichung, 0,95- Konfidenzintervall (μ_u , μ_o) der relativen Masse der linken Niere zu Abb. 11

	n	\bar{x}	s	μ_u	μ_o
männlich, juvenil	13	0,6746	0,2397	0,5297	0,8195
männlich, adult	6	0,5150	0,1465	0,3612	0,6688
weiblich, juvenil	23	0,7104	0,2110	0,6192	0,8017
weiblich, adult	10	0,4400	0,1161	0,3569	0,5231

Signifikante Gruppenunterschiede in Bezug auf Alter und Geschlecht sind bei diesem Merkmal nicht nachweisbar.

Bei den Stadt-/ Landkatzen erkennt man bei den juvenilen Tieren einen höheren Median der Landtiere (0,79 %) gegenüber den Stadttieren (0,67 %). Die adulten Tiere zeigen kaum eine Differenz zwischen Stadt und Land. Statistisch gesicherte Unterschiede der Gruppen (Herkunft/ Alter) ergeben sich nur zwischen juvenilen Landtieren und adulten Landtieren.

Tab. 16: Signifikante Gruppenunterschiede der relativen linken Nierenmasse nach Herkunft und Alter

	Stadt, juvenil	Stadt, adult	Land, juvenil	Land, adult
Stadt, juvenil	•			
Stadt, adult	n.s.	•		
Land, juvenil	n.s.	n.s.	•	
Land, adult	n.s.	n.s.	p<0,05	•

In der folgenden Abb. 12 erkennt man im Altersverlauf, die starke Abnahme der relativen Masse der Niere mit steigendem Alter.

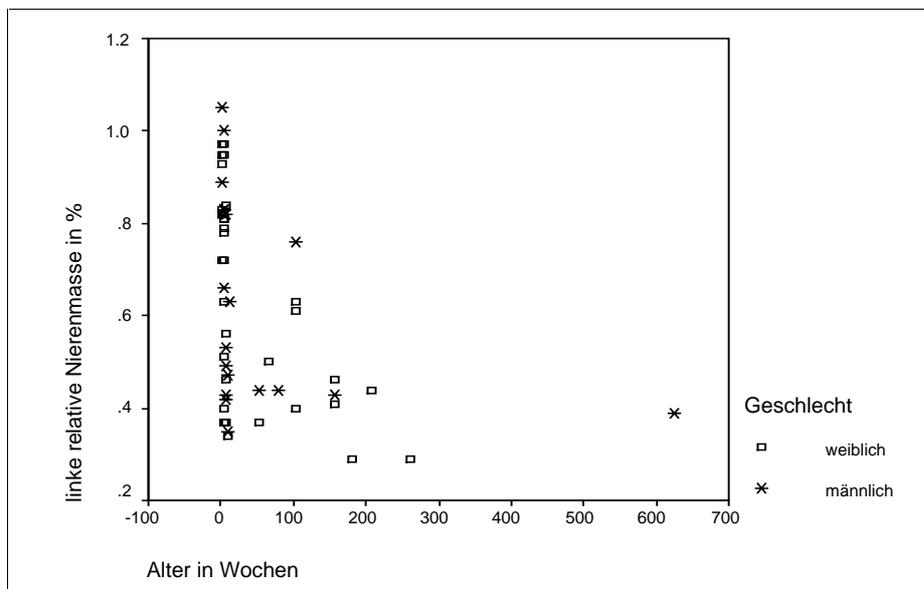


Abb. 12: Relative Masse der linken Niere im Altersverlauf

3.2.1.4 Absolute und relative Nebennierenmasse

Wie bei der Nierenmasse unterscheidet sich die absolute und relative Masse zwischen linker und rechter Nebenniere nicht wesentlich voneinander, so daß bei der graphischen Darstellung und Interpretation nur auf die Daten des linken Organs zurückgegriffen wird. Im Tabellenanhang werden aber wieder die statistischen Kennzahlen der rechten und linken Nebenniere abgebildet.

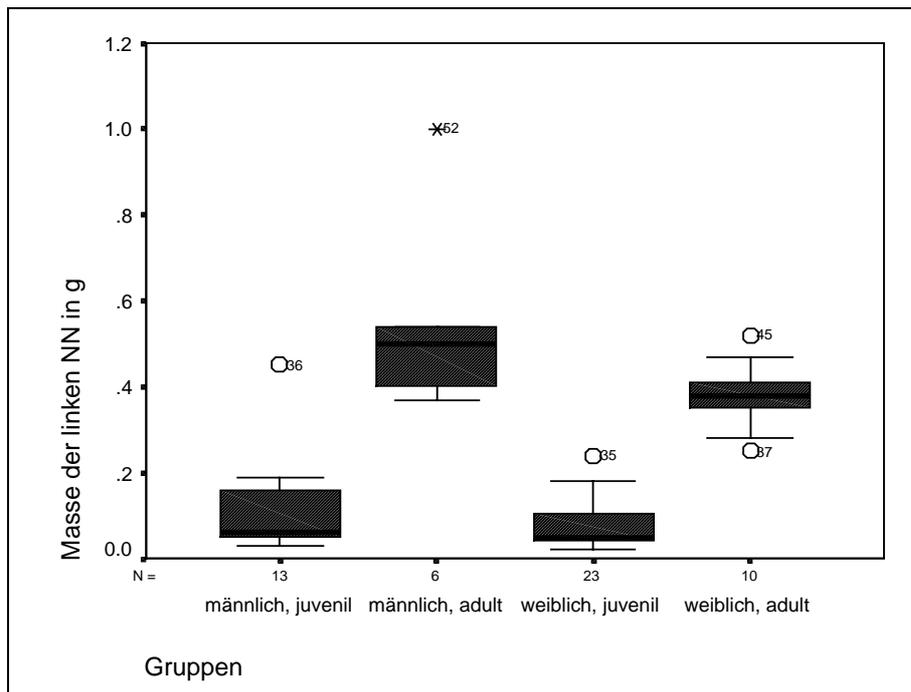


Abb. 13 Absolute Masse der linken NN in g in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

Wie schon bei der Körper- und Nierenmasse deutlich wird, steigt auch bei der Nebenniere die absolute Masse mit steigendem Alter an. Die Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Altersgenossen sind nicht signifikant.

Tab. 17: Mittelwerte, Standardabweichung, 0,95- Konfidenzintervall (μ_u , μ_o) der linken NN zu Abb. 13

	n	\bar{x}	s	μ_u	μ_o
männlich, juvenil	13	0,1223	0,1140	0,05344	0,1912
männlich, adult	6	0,5517	0,2292	0,3111	0,7922
weiblich, juvenil	23	0,07609	0,05663	0,05160	0,1006
weiblich, adult	10	0,3800	0,07986	0,3229	0,4371

Betrachtet man die Mediane der Nebennierenmasse nach der Herkunft der Tiere, liegen die der Stadttiere über den Werten der Landtiere. Die Unterschiede zwischen gleichalten Stadt- und Landkatzen sind aber wieder statistisch nicht gesichert.

Die relative Masse der NN bewegt sich in den Gruppen Alter/ Geschlecht hinsichtlich der Mediane zwischen 0,01 % bei den weiblich adulten Tieren und 0,015 % bei den männlich juvenilen Tieren.

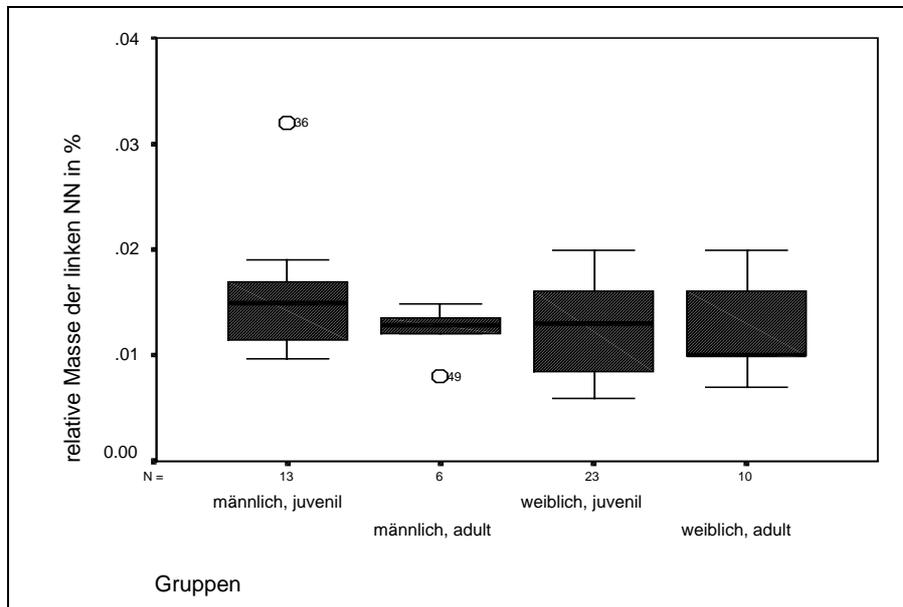


Abb. 14: Relative Masse der linken NN in % in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

Tab. 18: Mittelwerte, Standardabweichung, 0,95- Konfidenzintervall (μ_u , μ_o) der linken relativen Nebennierenmasse zu Abb. 14

	n	\bar{x}	s	μ_u	μ_o
männlich, juvenil	13	0,01528	0,005946	0,01168	0,01887
männlich, adult	6	0,01236	0,002332	0,009911	0,01481
weiblich, juvenil	23	0,01238	0,004299	0,01052	0,01424
weiblich, adult	10	0,01225	0,004225	0,009228	0,01527

Es bestehen keine signifikanten Gruppenunterschiede bei der relativen Nebennierenmasse.

Die relative Nebennierenmassen in Bezug auf die Herkunft der Tiere zeigt kaum Differenzen.

Zwischen den Gruppen bestehen ebenfalls keine signifikanten Unterschiede.

3.2.2 Mikroskopisch-anatomische Parameter

3.2.2.1 Niere

3.2.2.1.1 Größe der Glomeruli und Corpuscula

Im mikroskopischen Bild fällt eine gleichmäßige Verteilung der Nierenkörperchen auf. Wie im Kapitel Material und Methoden schon beschrieben, erfolgt eine Einteilung der Nierenrinde in zwei Zonen. Die peripher gelegene subkapsuläre und die marknah gelegene juxtamedulläre Region. Dabei ist bei den subkapsulär gelegenen Glomeruli eine überwiegend ovale Form auffällig und bei den juxtamedullären Glomeruli eher eine runde Form.

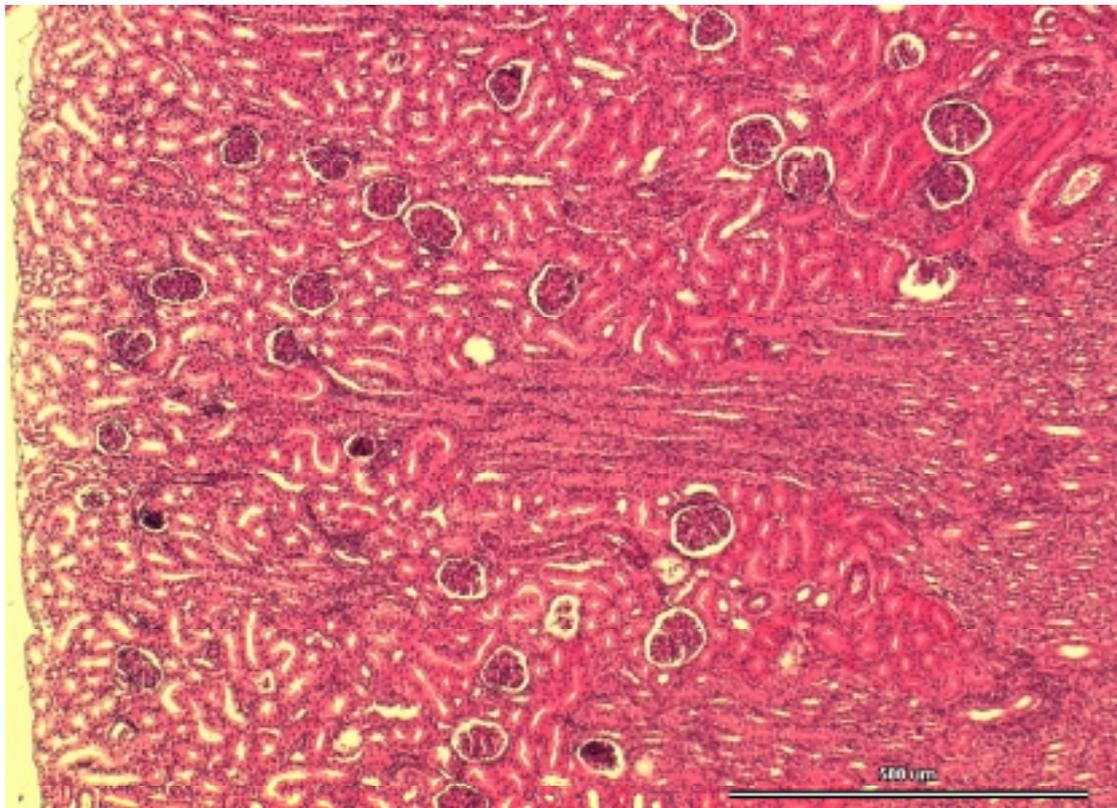


Abb. 15: Übersichtsdarstellung der Nierenrinde mit subkapsulären und juxtamedullären NK
Katze, weiblich, 4 Wochen, Herkunft: Land
HE-Färbung, Vergr. 100 fach

Von den Glomeruli und Corpuscula werden die Fläche, der große und kleine Durchmesser, sowie der Umfang gemessen. Das Volumen wurde aus den beiden Durchmessern berechnet. Neben den Gruppenvergleichen ist auch ein Regionenvergleich möglich. Zur besseren Verständlichkeit sind deshalb kombinierte Box-Plots als graphische Darstellungsmöglichkeit gewählt. Dabei gehen gleichzeitig die Daten der subkapsulären und juxtamedullären Region ein.

Da die unterschiedlichen Parameter der Glomeruli und der Corpuscula außerordentlich stark miteinander korrelieren, werden in den graphischen Darstellungen nur die Glomeruli berücksichtigt. Die starke Korrelation ($r_s = 0,937$) verdeutlicht die nachfolgende Abb. 16 mit einem Scatterplot für die Glomerulifläche und die Nierenkörperchenfläche. Die enge Beziehung zwischen Glomeruli und Corpuscula gilt gleichermaßen für die subkapsuläre und für die juxtamedulläre Region.

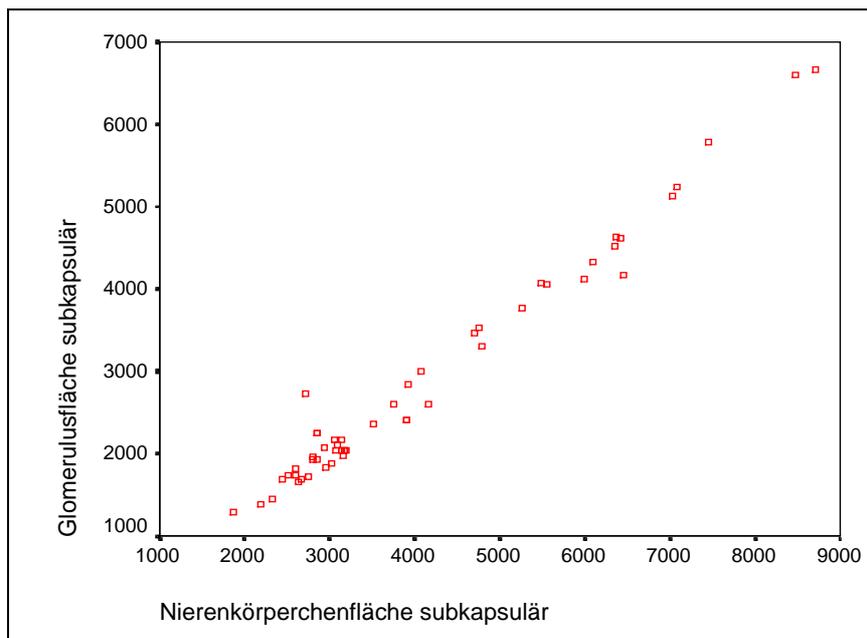
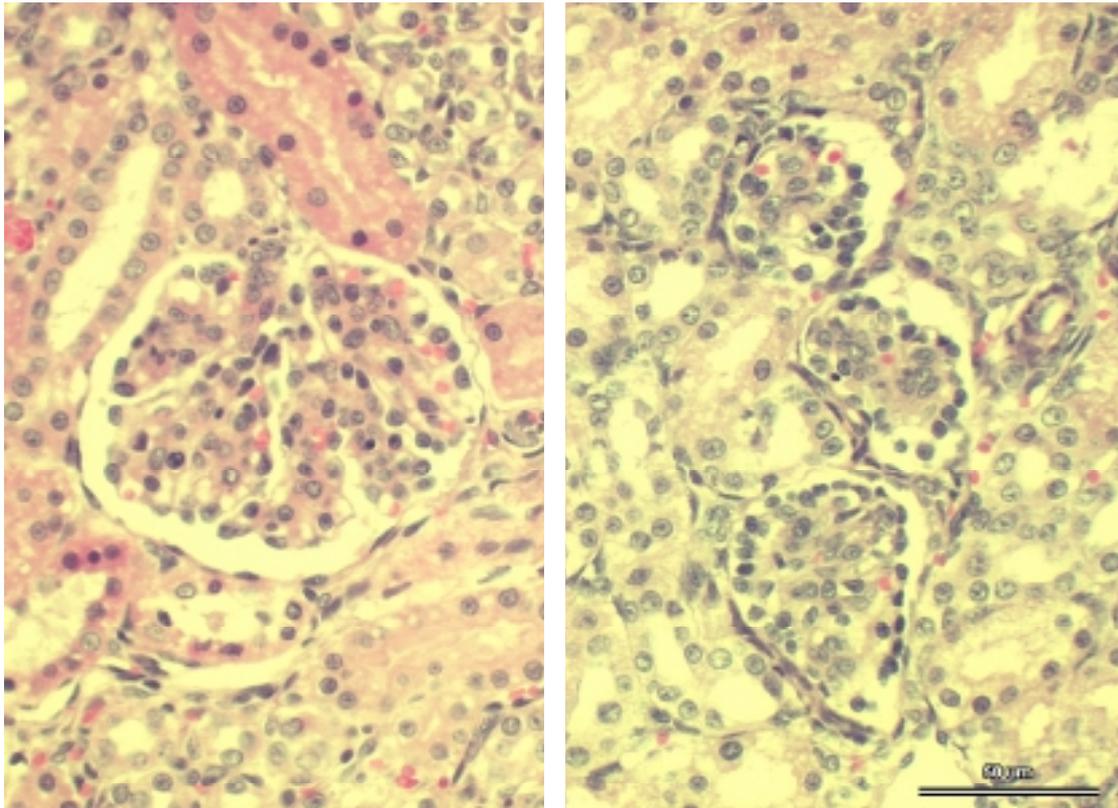


Abb. 16: Flächeninhalte der Glomeruli und Corpuscula subkapsulär

Charakteristische Unterschiede zeigen sich im Zonenvergleich der Glomeruliflächen. Die Glomeruliflächen pro Tier sind in der subkapsulären Region stets kleiner als in der juxtamedullären Region (Abb. 17). Dieser Unterschied ist bei den weiblich juvenilen Tieren, den männlich juvenilen Tieren und den weiblich adulten Tieren signifikant. In der Gruppe der männlich adulten Tiere ist die Differenz statistisch nicht gesichert.



Zona juxtamedullaris

Zona subcapsularis

Abb. 17: Größenvergleich der Glomeruliflächen in beiden Nierenzonen

Katze, männlich, 4 Wochen, Herkunft: Land

HE-Färbung, Vergr. 500 fach, der Maßstab gilt für beide Bildausschnitte

Bei der Betrachtung der Abb. 18 wird deutlich, daß bei den weiblich adulten Tieren in der juxtamedullären Region ein größerer Medianwert ($4990,95 \mu\text{m}^2$) als bei den gleichalten männlichen Tieren ($4695 \mu\text{m}^2$) abzulesen ist. Ansonsten liegen in beiden Nierenrindenzonen die Medianwerte der männlichen Tiere stets über den Werten der weiblichen Tiere. Mit zunehmendem Alter wird ein deutliches Ansteigen der Glomeruliflächen erkennbar. In beiden Nierenzonen ist ein signifikanter Geschlechtsunterschied jedoch nicht vorhanden.

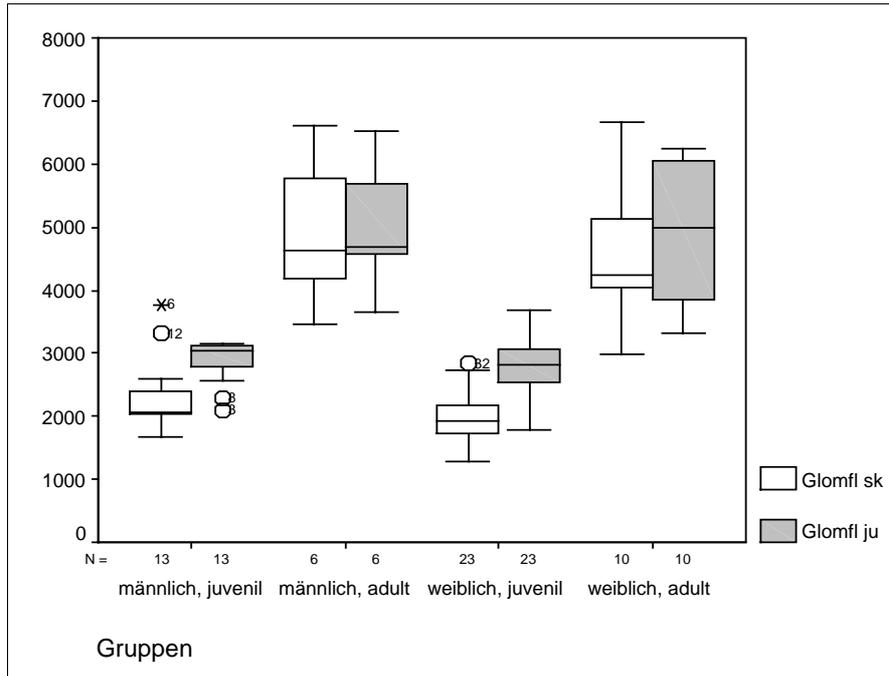


Abb. 18: Glomeruliflächen subkapsulär/ juxtamedullär in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

Tab. 19: Mittelwerte, Standardabweichung, 0,95- Konfidenzintervall (μ_u , μ_o) der Glomeruliflächen subkapsulär/ juxtamedullär in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

subkapsulär	n	\bar{x}	s	μ_u	μ_o
männlich, juvenil	13	2331,5615	596,456	1971,1268	2691,9963
männlich, adult	6	4875,1000	1133,8428	3685,2049	6064,9951
weiblich, juvenil	23	1978,9652	400,1738	1805,9171	2152,0133
weiblich, adult	10	4464,2800	1022,4562	3732,8589	5195,7011
juxtamedullär					
männlich, juvenil	13	2861,6692	345,8180	2652,6935	3070,6449
männlich, adult	6	4966,9000	999,4381	3918,0541	6015,7459
weiblich, juvenil	23	2791,0826	438,4216	2601,4949	2980,6703
weiblich, adult	10	4882,0100	1070,1420	4116,4765	5647,5435

Die Signifikanzaussagen gelten auch für die Nierenkörperchenflächen in beiden Regionen. Einzelwerte dieses Parameters werden im Tabellenanhang aufgeführt.

Bei Betrachtung der Glomeruliflächen in Bezug auf die Herkunft der Tiere wird deutlich, daß in der subkapsulären Region die Medianwerte der Stadttiere in gleichen Altersgruppen größer sind als die der Landtiere. In der juxtamedullären Region ist der Medianwert ($3088,6 \mu\text{m}^2$) der juvenilen Stadttiere ebenfalls wieder größer als der Wert bei den gleichaltrigen Landtieren ($2795,45 \mu\text{m}^2$). Bei den adulten Tieren wird kaum ein Unterschied zwischen Stadt- und Landkatzen deutlich.

Die Unterschiede zwischen Stadt-/ und Landtieren sind aber jeweils in beiden Regionen nicht signifikant.

Die Signifikanzaussagen hinsichtlich des Geschlechtsunterschiedes für die Fläche gelten auch für das Volumen, den großen und den kleinen Durchmesser und den Umfang. Auf eine tabellarische Darstellung wird deshalb verzichtet. Für die Merkmale großer und kleiner Durchmesser und Umfang werden die Daten nur im Tabellenanhang notiert und nicht graphisch dargestellt.

Nierenkörperchenvolumen, große und kleinen Durchmesser und Umfang für beide Zonen werden ebenfalls nur im Tabellenanhang aufgeführt.

In der Abb. 19 wird deutlich, daß die Mediane der Glomerulivolumina in der juxtamedullären Region wieder über den Glomerulivolumina der subkapsulären Region liegen. Auffällig ist allerdings der von den anderen Nierenparametern abweichende höhere Median der subkapsulären Glomeruli gegenüber den juxtamedullären Glomeruli bei den männlich adulten Tieren.

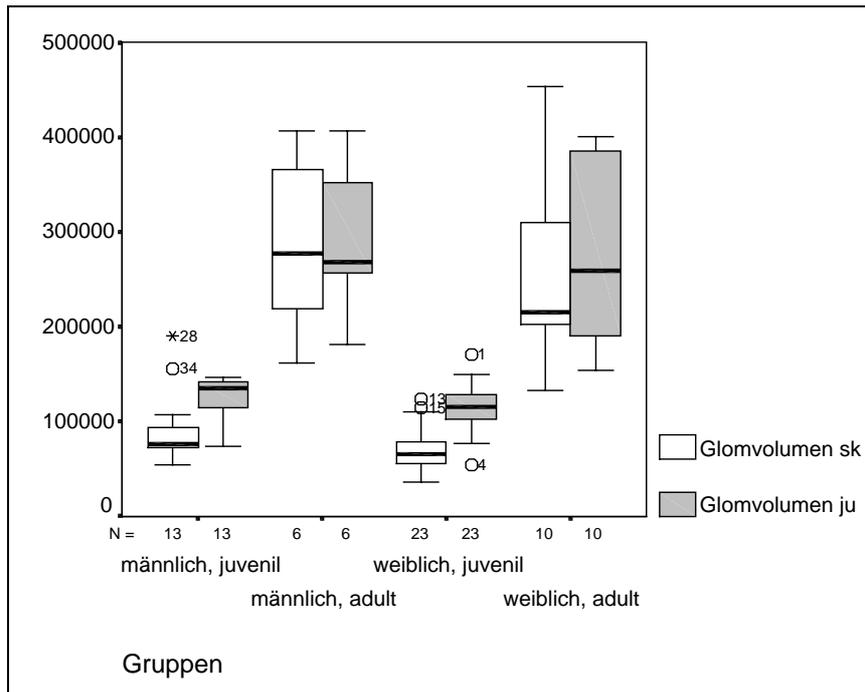


Abb. 19 Glomerulusvolumen subkapsulär/ juxtamedullär in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

Die Zonenunterschiede zwischen den subkapsulären und juxtamedullären Glomerulivolumina sind für die männlich juvenilen Tiere und die weiblich juvenilen Tiere signifikant. Bei den männlich adulten Tieren und weiblich adulten Tieren kann die Differenz statistisch nicht gesichert werden.

Tab. 20: Mittelwerte, Standardabweichung, 0,95- Konfidenzintervall (μ_u , μ_o) der Glomerulivolumina (μm^3) subkapsulär und juxtamedullär in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

subkapsulär	n	\bar{x}	s	μ_u	μ_o
männlich, juvenil	13	92579,70	39080,71	68963,46	116195,9
männlich, adult	6	284224,2	90867,86	188864,2	379584,2
weiblich, juvenil	23	71145,41	23281,15	61077,89	81212,94
weiblich, adult	10	248592,5	95371,95	180367,5	316817,4
juxtamedullär					
männlich, juvenil	13	124915,7	22540,35	111294,7	138536,7
männlich, adult	6	289155,1	78964,35	206287,1	372023,1
weiblich, juvenil	23	114683,3	24772,95	103970,7	125395,9
weiblich, adult	10	275025,3	92666,75	208735,5	341315,1

Bei der Gruppeneinteilung nach der Herkunft der Katzen liegen die Mediane der juxtamedullären Glomerulivolumina wieder über den Werten der subkapsulären. Nur bei den adulten Stadttieren liegen wieder die subkapsulären Glomerulivolumina etwas über den der juxtamedullären Glomerulivolumina. Die Zonenunterschiede sind für die beiden juvenilen Tiergruppen signifikant. Die Unterschiede bei den adulten Tiergruppen ergeben keine Signifikanz.

3.2.2.1.2 Dichte der Nierenkörperchen

Die Dichte gibt die Anzahl der Nierenkörperchen pro mm^2 in den beiden Regionen der Nierenrinde an.

Die absolute und relative Anzahl der Glomeruli ist in der subkapsulären Region stets höher als in der juxtamedullären. Die regionalen Unterschiede beider Parameter sind für alle Gruppen signifikant.

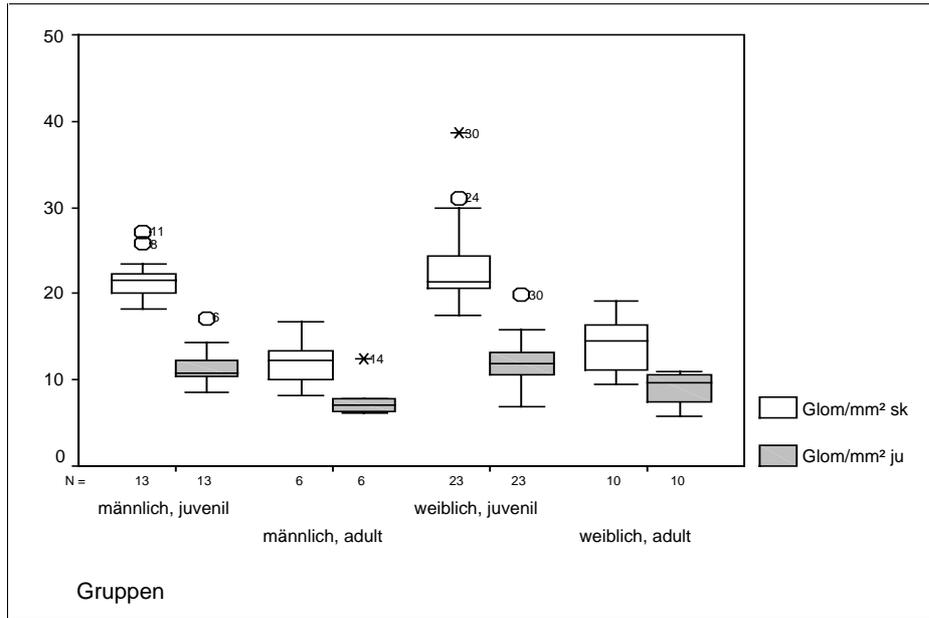


Abb. 20: Anzahl der Glomeruli/ mm² subkapsulär/ juxtamedullär in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

Aus der Abb. 20 erkennt man, daß die Dichte der Nierenkörperchen in der peripheren Zone bei den weiblich juvenilen Tieren mit einem Mittelwert von 23,32/ mm² über dem der gleichaltrigen männlichen Tiere mit 21,77/ mm² liegt. Bei den adulten Tieren sinkt die Gesamtzahl/ mm² deutlich ab. Bei den weiblichen Alttieren liegt der Mittelwert mit 13,98/ mm² über dem der männlichen Alttiere mit 12,19/ mm².

Die Dichtemittelwerte der Nierenkörperchen in der inneren Zone der Nierenrinde liegen in allen Gruppen enger beieinander. Die Mittelwerte der weiblichen Tiere bei gleichen Altersgruppen sind wieder etwas höher als die der männlichen Tiere. Die adulten Katzen zeigen im Mittel geringere Werte als die juvenilen Katzen.

Statistisch läßt sich die Differenz in der subkapsulären Region zwischen den weiblichen und männlichen Katzen nicht sichern. Ein signifikanter Unterschied ist nur zwischen den juvenilen und adulten Tieren vorhanden.

Auch in der juxtamedullären Zone ist der Geschlechtsunterschied nicht signifikant. Signifikante Unterschiede ergeben sich zwischen den juvenilen und adulten Tieren. Eine Ausnahme besteht zwischen der männlich juvenilen Gruppe und der weiblich adulten Gruppe, wo sich die Differenz ebenfalls statistisch nicht sichern läßt.

Tab. 21: Mittelwerte, Standardabweichung, 0,95- Konfidenzintervall (μ_u , μ_o) der Glomerulidichte subkapsulär/ juxtamedullär in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

subkapsulär	n	\bar{x}	s	μ_u	μ_o
männlich, juvenil	13	21,7777	2,5061	20,2633	23,2921
männlich, adult	6	12,1917	2,9646	9,0805	15,3028
weiblich, juvenil	23	23,3287	4,7221	21,2867	25,3707
weiblich, adult	10	13,9860	3,0416	11,8102	16,1618
juxtamedullär	n	\bar{x}	s	μ_u	μ_o
männlich, juvenil	13	11,6985	2,1789	10,3817	13,0152
männlich, adult	6	7,8233	2,3352	5,3726	10,2740
weiblich, juvenil	23	12,0330	2,7753	10,8329	13,2332
weiblich, adult	10	8,8860	1,9378	7,4998	10,2722

Tab. 22: Signifikante Gruppenunterschiede der Glomerulidichte subkapsulär/ juxtamedullär in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

subkapsulär	männlich, juvenil	männlich, adult	weiblich, juvenil	weiblich, adult
männlich, juvenil	•			
männlich, adult	p<0,05	•		
weiblich, juvenil	n.s.	p<0,05	•	
weiblich, adult	p<0,05	n.s.	p<0,05	•
juxtamedullär	männlich, juvenil	männlich, adult	weiblich, juvenil	weiblich, adult
männlich, juvenil	•			
männlich, adult	p<0,05.	•		
weiblich, juvenil	n.s.	p<0,05	•	
weiblich, adult	n.s.	n.s.	p<0,05	•

Mit steigendem Alter wird der prozentuale Anteil der Anzahl der subkapsulär gelegenen Nierenkörperchen verringert (Abb. 20). Den größten Median (66 %) finden wir bei den weiblich juvenilen Tieren und den kleinsten bei den weiblich adulten Tieren (61,5 %). In der inneren Zone der Nierenrinde ist der prozentuale Anteil der Anzahl der Nierenkörperchen bei den juvenilen Tieren geringer als bei den adulten Tieren. Mit steigendem Alter nimmt der prozentuale Anteil an juxtamedullären Nierenkörperchen zu (Abb. 21). Der größte Mittelwert ist bei den männlich adulten Katzen (39 %) zu finden und der kleinsten Mittelwert bei den weiblich juvenilen Tieren (34,04 %).

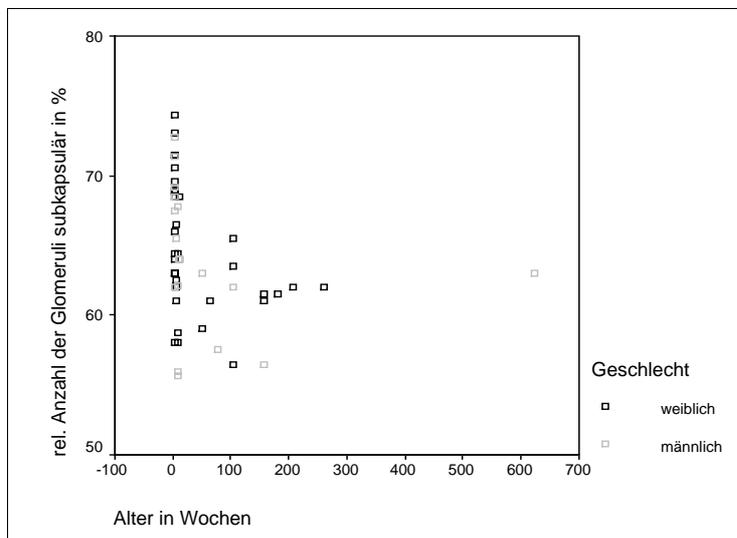


Abb. 21: Relative Anzahl der Glomeruli subkapsulär im Altersverlauf

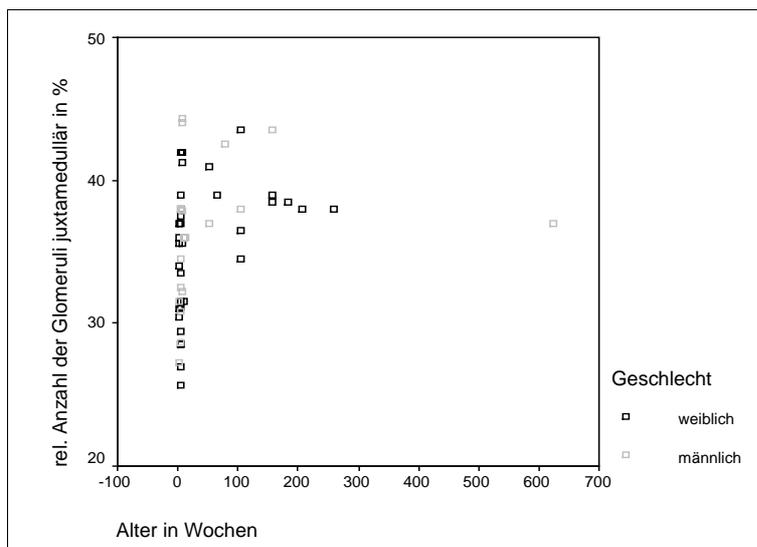


Abb. 22: Relative Anzahl der Glomeruli juxtamedullär im Altersverlauf

Der Unterschied zwischen der subkapsulären und juxtamedullären Zone ist signifikant. Zwischen den Gruppen in beiden Zonen ergeben sich keine signifikanten Unterschiede.

Tab. 23: Mittelwerte, Standardabweichung, 0,95- Konfidenzintervall (μ_u , μ_o) des prozentualen Anteils der NK subkapsulär/ juxtamedullär in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

subkapsulär	n	\bar{x}	s	μ_u	μ_o
männlich, juvenil	13	65,1077	5,2538	61,9329	68,2825
männlich, adult	6	61,0000	3,1780	57,6648	64,3352
weiblich, juvenil	23	65,9522	4,7877	63,8818	68,0225
weiblich, adult	10	61,3500	2,4043	59,6301	63,0699
juxtamedullär	n	\bar{x}	s	μ_u	μ_o
männlich, juvenil	13	34,8923	5,2538	31,7175	38,0671
männlich, adult	6	39,0000	3,1780	35,6648	42,3352
weiblich, juvenil	23	34,0478	4,7877	31,9775	36,1182
weiblich, adult	10	38,6500	2,4043	36,9301	40,3699

Bei der Betrachtung der Dichte der Nierenkörperchen in Abhängigkeit von der Herkunft und dem Alter der Tiere erkennt man wieder die höheren absoluten und relativen Werte in der subkapsulären Region gegenüber der juxtamedullären Zone.

In der äußeren Zone haben die juvenilen Landtiere einen höheren Mittelwert (23,47/ mm²) als die gleichaltrigen Stadttiere (21,65/ mm²). Mit steigendem Alter verringert sich wieder die Anzahl der Nierenkörperchen und es ist kaum ein Unterschied zwischen Stadt- und Landtieren zu erkennen. Die Differenz zwischen Stadt- und Landkatzen bei gleichem Alter läßt sich statistisch nicht sichern.

In der inneren Zone finden wir den größten Mittelwert (12,32/ mm²) bei juvenilen Stadttieren. Bei den adulten Tieren ist kaum eine Differenz zwischen Stadt- und Landtieren sichtbar. Signifikante Unterschiede zeigen sich nur zwischen juvenilen und adulten Katzen. Die Herkunftsunterschiede sind hier ebenfalls nicht signifikant.

Tab. 24: Mittelwerte, Standardabweichung, 0,95- Konfidenzintervall (μ_u , μ_o) der Nierenkörperchendichte subkapsulär/ juxtamedullär in Abhängigkeit von Herkunft und Alter

subkapsulär	n	\bar{x}	s	μ_u	μ_o
Stadt, juvenil	14	21,6564	2,4313	20,2526	23,0602
Stadt, adult	8	13,1613	3,6583	10,1029	16,2196
Land, juvenil	22	23,4764	4,7845	21,3550	25,5977
Land, adult	8	13,4650	2,5419	11,3399	15,5901
juxtamedullär					
Stadt, juvenil	14	12,3250	1,6915	11,3484	13,3016
Stadt, adult	8	8,0338	2,0169	6,3476	9,7199
Land, juvenil	22	11,6495	2,9782	10,3291	12,9700
Land, adult	8	8,9413	2,1885	7,1116	10,7709

Das Sinken des prozentualen Anteils der Anzahl der in der subkapsulären Region liegenden Nierenkörperchen wird schon bei der Gruppeneinteilung nach Alter und Geschlecht beschrieben. Den größten Median (68 %) kann man bei den juvenilen Landtieren ablesen. Bei den adulten Stadttieren liegt der Median (62,5 %) höher als bei den gleichalten Landtieren (61,25 %).

Bei den juxtamedullär gelegenen Nierenkörperchen ist wieder ein Anstieg des prozentualen Anteils mit dem Alter zu verzeichnen. Den kleinsten Median (33,14 %) finden wir bei den juvenilen Landtieren, den größten Median (38,75 %) bei den adulten Landtieren.

In beiden Regionen der Nierenrinde sind die Unterschiede zwischen den Gruppen nicht signifikant. Deutlich wird nur für beide Rindenzonen die statistisch gesicherte Differenz zwischen den juvenilen und den adulten Landkatzen.

Tab. 25: Mittelwerte, Standardabweichung, 0,95- Konfidenzintervall (μ_u , μ_o) der relativen Nierenkörperchenanzahl subkapsulär/ juxtamedullär in Abhängigkeit von Herkunft und Alter

subkapsulär	n	\bar{x}	s	μ_u	μ_o
Stadt, juvenil	14	63,7500	4,6432	61,0691	66,4309
Stadt, adult	8	61,8750	2,9001	59,4504	64,2996
Land, juvenil	22	66,8545	4,7744	64,7377	68,9714
Land, adult	8	60,5625	2,3059	58,6348	62,4902
juxtamedullär					
Stadt, juvenil	14	36,2500	4,6432	33,5691	38,9309
Stadt, adult	8	38,1250	2,9001	35,7004	40,5496
Land, juvenil	22	33,1455	4,7744	31,0286	35,2623
Land, adult	8	39,4375	2,3059	37,5098	41,3652

Es wird weiterhin die Anzahl der Glomeruli/ mm^3 bestimmt. Tendenziell verhalten sich die Werte dieses Parameters wie die Glomeruli/ mm^2 . Auf eine tabellarische und graphische Darstellung kann aus diesem Grunde verzichtet werden. Einzeldaten sind im Tabellenanhang zu finden.

3.2.2.1.3 Glomerulusindex

Der Glomerulusindex ist in der juxtamedullären Zone stets kleiner als in der kortikalen Zone. Dabei ist der Unterschied zwischen den beiden Zonen für alle Gruppen signifikant. In beiden Zonen haben die männlich juvenilen Tiere höhere Mediane als die weiblich juvenilen Tiere. Bei den adulten Tieren finden wir jedoch in beiden Zonen bei den weiblichen Tieren höhere Mediane als bei den männlichen Tieren.

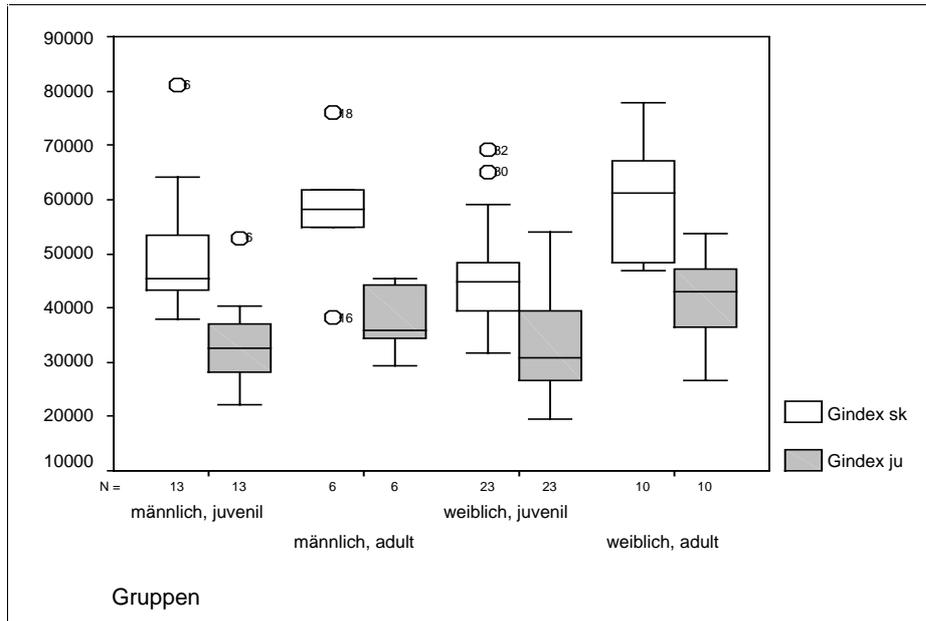


Abb. 23: Glomerulusindex subkapsulär/ juxtamedullär in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

Tab. 26: Mittelwerte, Standardabweichung, 0,95- Konfidenzintervall (μ_u , μ_o) des Glomerulusindexes zu Abb. 23

subkapsulär	n	\bar{x}	s	μ_u	μ_o
männlich, juvenil	14	50258	11753	43155	57360
männlich, adult	8	57832	12150	45081	70583
weiblich, juvenil	22	45797	9484	41696	49899
weiblich, adult	8	60611	10891	52820	68403
juxtamedullär	n	\bar{x}	s	μ_u	μ_o
männlich, juvenil	14	33543	7865	28790	38296
männlich, adult	8	37489	6158	31026	43952
weiblich, juvenil	22	33585	9391	29523	37646
weiblich, adult	8	42180	8186	36324	48037

Statistisch gesicherte Unterschiede zwischen den Gruppen ergeben sich nur in der subkapsulären Region zwischen den weiblich juvenilen und weiblich adulten Tieren. In der juxtamedullären Region läßt sich die Differenzen zwischen den Gruppen statistisch nicht sichern.

Tab. 27: Signifikante Gruppenunterschiede des Glomerulusindex subkapsulär in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

subkapsulär	männlich, juvenil	männlich, adult	weiblich, juvenil	weiblich, adult
männlich, juvenil	•			
männlich, adult	n.s.	•		
weiblich, juvenil	n.s.	n.s.	•	
weiblich, adult	n.s.	n.s.	p<0,05	•

Bei Betrachtung des Glomerulusindex in den Gruppen Herkunft/ Alter finden wir in der juxtamedullären Region niedrigere Werte als in der subkapsulären Region. In der subkapsulären Zone erkennen wir den größten Median (59892,51) bei den adulten Stadttieren und den kleinsten Wert bei den juvenilen Landtieren (43539,56). Die Medianwerte der Stadttiere liegen über den Werten der gleichalten Landtiere. Es kann nur zwischen den juvenilen Landtieren und den adulten Stadttieren ein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Die Differenzen zwischen den anderen Gruppen läßt sich statistisch nicht sichern. In der juxtamedullären Zone liegt der Medianwert (42959,10) der adulten Landtiere über dem der adulten Stadttiere (37032,90). Bei den juvenilen Landtieren hingegen lesen wir einen kleineren Median (31578,11) als bei den juvenilen Stadttieren (36700,72) ab. In der juxtamedullären Region sind die Unterschiede zwischen den Gruppen für den Glomerulusindex nicht signifikant.

Tab. 28: Mittelwerte, Standardabweichung, 0,95- Konfidenzintervall (μ_u , μ_o) des Glomerulusindexes nach der Herkunft

subkapsulär	n	\bar{x}	s	μ_u	μ_o
Stadt, juvenil	14	48300,95	6325,69	44648,60	51953,30
Stadt, adult	8	61097,24	14286,26	49153,63	73040,86
Land, juvenil	22	46840,38	12466,55	41313,03	52367,74
Land, adult	8	58041,82	2566,14	51973,88	64109,77
juxtamedullär	n	\bar{x}	s	μ_u	μ_o
Stadt, juvenil	14	36700,72	6231,13	33102,98	40298,47
Stadt, adult	8	39456,05	753842	33153,77	45758,33
Land, juvenil	22	31578,11	9645,43	27301,57	35854,65
Land, adult	8	41387,15	8129,42	34590,79	48183,52

3.2.2.1.4 Mittlerer Abstand der zehn kapselständigsten Glomeruli zur Nierenkapsel

Der mittlere Abstand zwischen Nierenkapsel und den zehn ihr am nächsten gelegenen Nierenkörperchen variiert bei gleichalten Tieren kaum zwischen männlichen und weiblichen Katzen. Aus der folgen Abb. 24 ist aber im Altersverlauf eine deutliche Zunahme des mittleren Abstands der Nierenkörperchen zur Nierenkapsel erkennbar.

Die Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Tieren in gleichen Altersgruppen sind nicht signifikant. Signifikante Gruppenunterschiede lassen sich nur zwischen juvenilen und adulten Tieren ablesen.

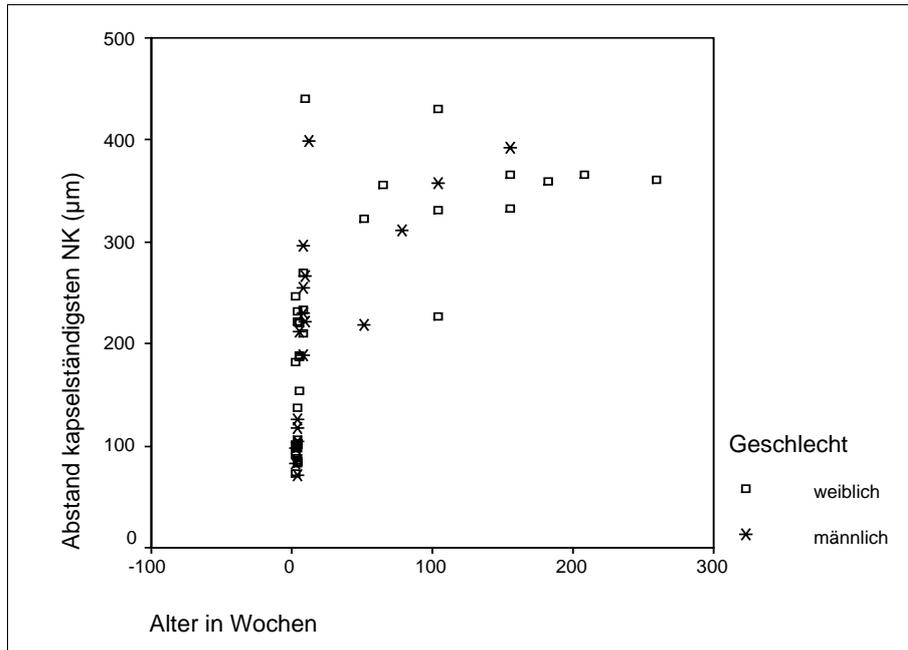


Abb. 24: Mittlerer Abstand der zehn kapselständigsten Nierenkörperchen (μm) im Altersverlauf

Tab. 29: Mittelwerte, Standardabweichung, 0,95- Konfidenzintervall (μ_u , μ_o) des mittleren Abstands der zehn kapselständigsten NK zu Abb. 24

	n	\bar{x}	s	μ_u	μ_o
männlich, juvenil	13	174,7654	77,5277	127,9158	221,6149
männlich, adult	6	337,7533	66,6409	267,8180	407,6887
weiblich, juvenil	23	167,3600	86,8372	129,8088	204,9112
weiblich, adult	10	345,2200	51,3752	308,4684	381,9716

Bei der Einteilung der Katzen nach Alter und Herkunft finden wir den größten Median (357,8 μm) bei den adulten Landtieren und den kleinsten Wert (11,76 μm) bei den juvenilen Landtieren. Dabei ist bei den adulten Tieren kaum ein Unterschied zwischen Stadt- und Landtieren sichtbar. Bei den juvenilen Katzen liegt der Mittelwert der Stadttiere deutlich höher als bei den juvenilen Landtieren.

Bei gleichaltrigen Katzen sind aber die Unterschiede zwischen den Stadt- und Landtieren nicht signifikant.

3.2.2.1.5 Breite der Nierenrinde

Mit zunehmendem Alter finden wir eine breitere Nierenrinde. Bei diesem Parameter finden wir bei den männlich adulten Tieren den größten Median (6,19 mm) und dieser liegt deutlich über dem der weiblich adulten Katzen (4,34 mm). Bei den juvenilen Tieren unterscheiden sich die Mediane nicht voneinander. Den größten Quartilabstand erkennt man bei den männlich adulten Katzen.

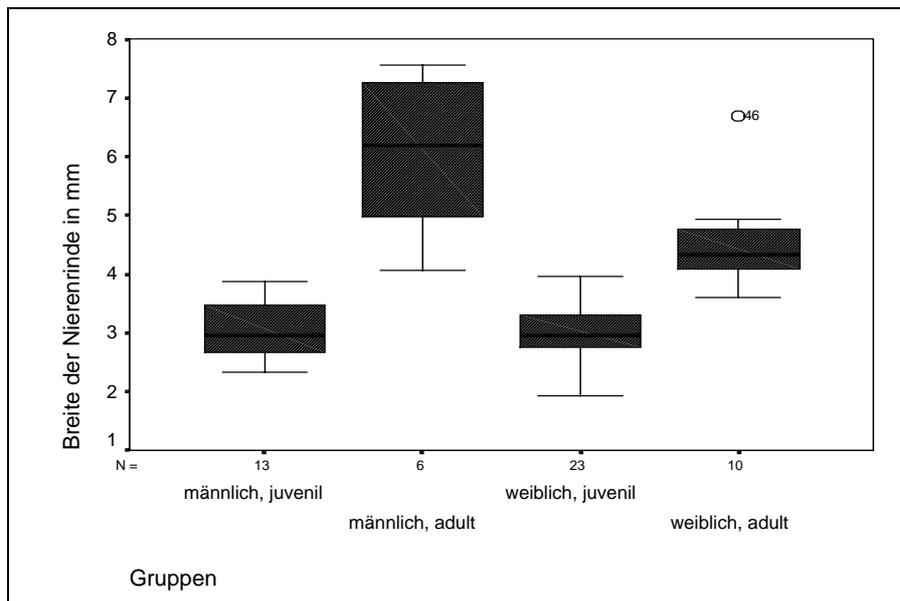


Abb. 25: Breite der Nierenrinde in mm in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

Tab. 30: Mittelwerte, Standardabweichung, 0,95- Konfidenzintervall (μ_u , μ_o) der Breite der Nierenrinde zu Abb. 25

	n	\bar{x}	s	μ_u	μ_o
männlich, juvenil	13	3,0508	0,5018	2,7476	3,3540
männlich, adult	6	6,0417	1,3456	4,6296	7,4538
weiblich, juvenil	23	3,0187	0,4764	2,8127	3,2247
weiblich, adult	10	4,5170	0,8656	3,8978	5,1362

Der Unterschied zwischen den männlich adulten und den weiblich adulten Tieren ist signifikant (Tab. 31). Bei den juvenilen Tieren ist kein Geschlechtsunterschied vorhanden. Signifikante Unterschiede werden auch wieder zwischen juvenilen und adulten Tieren abgelesen.

Tab. 31: Signifikante Gruppenunterschiede der Breite der Nierenrinde in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

	männlich, juvenil	männlich, adult	weiblich, juvenil	weiblich, adult
männlich, juvenil	•			
männlich, adult	p<0,05	•		
weiblich, juvenil	n.s.	p<0,05	•	
weiblich, adult	p<0,05	p<0,05	p<0,05	•

Bei der Betrachtung des Parameters hinsichtlich der Herkunft der Tiere finden sich etwas höhere Mediane bei den Stadttieren gegenüber den gleich alten Landtieren. Der größte Quartilabstand wird bei den adulten Stadtkatzen deutlich und der kleinste bei den juvenilen Landkatzen. Der Unterschied zwischen Stadt-/ Landtieren ist in gleichen Altersgruppen nicht signifikant.

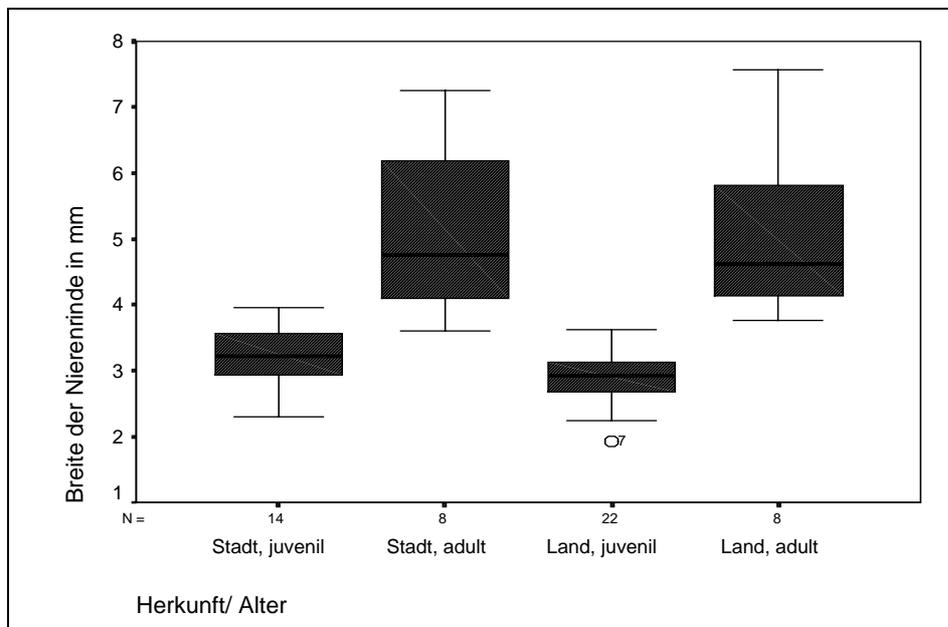


Abb. 26: Breite der Nierenrinde in mm in Abhängigkeit von Herkunft und Alter

Tab. 32: Mittelwerte, Standardabweichung, 0,95- Konfidenzintervall (μ_u , μ_o) der Breite der Nierenrinde nach der Herkunft

	n	\bar{x}	s	μ_u	μ_o
Stadt, juvenil	14	3,2593	0,4536	2,9974	3,5212
Stadt, adult	8	5,1213	1,2974	4,0366	6,2059
Land, juvenil	22	2,8845	0,4443	2,6875	3,0816
Land, adult	8	5,0563	1,3477	3,9295	6,1830

3.2.2.2 Nebenniere

3.2.2.2.1 Zellkerngröße der Zona -glomerulosa -Zellen

Im mikroskopischen Bild ist die Zona glomerulosa durch den starken Zellkernreichtum auffällig und die kugelförmigen der Zellkerne werden sofort unter der Nebennierenkapsel sichtbar.

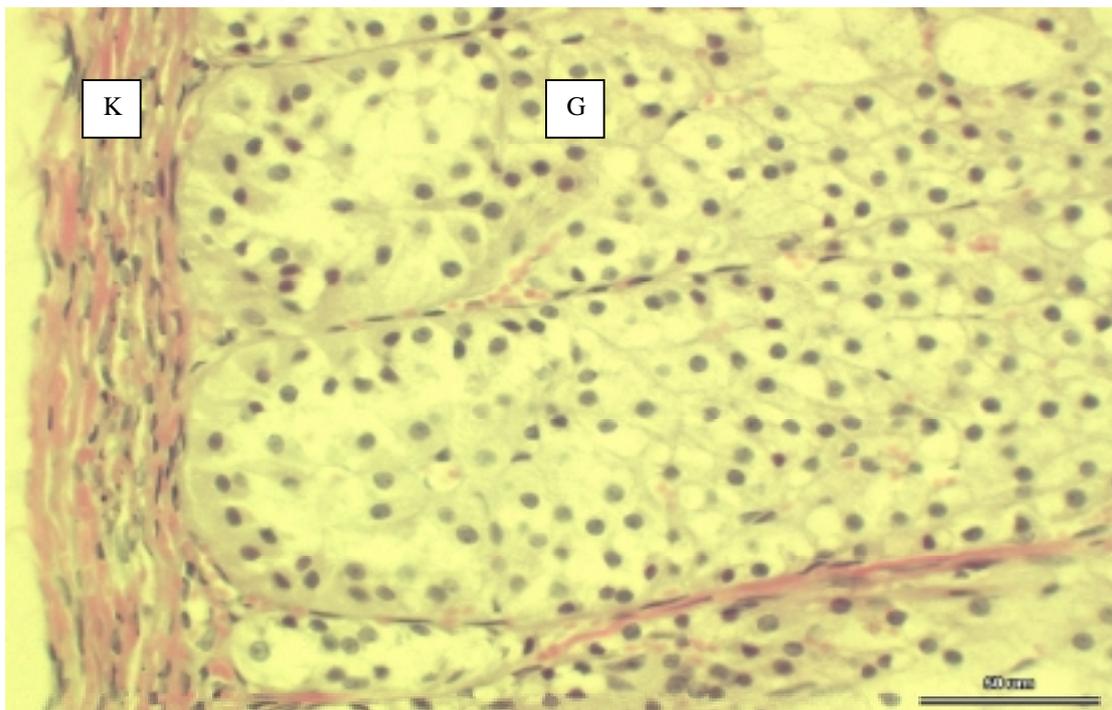


Abb. 27: Zona glomerulosa der Nebennierenrinde

Katze, männlich, 3 Jahre, Herkunft: Land

HE-Färbung, Vergr. 500 fach

K= Nebennierenkapsel

G= Zona glomerulosa

Zur Charakterisierung der Zellkerngröße werden der große und der kleine Zellkerndurchmesser und die Zellkernfläche gemessen. Das Zellkernvolumen wird errechnet. Tendenziell verhalten sich die kurzen und langen Durchmesser sowie die Zellkernflächen wie die Zellkernvolumina. Aus diesem Grunde wird nur das Zellkernvolumen zur Interpretation und graphischen Darstellung ausgewählt. Im Tabellenanhang sind die Einzeldaten auch für die kurzen und langen Durchmesser und die Zellkernflächen aufgezeichnet.

Mit zunehmendem Alter ist ein Anstieg des Zellkernvolumens zu verzeichnen (Abb. 28). Im Altersgang fällt auf, daß bei den weiblichen Tieren diese Tendenz stärker sichtbar ist als bei den männlichen Tieren.

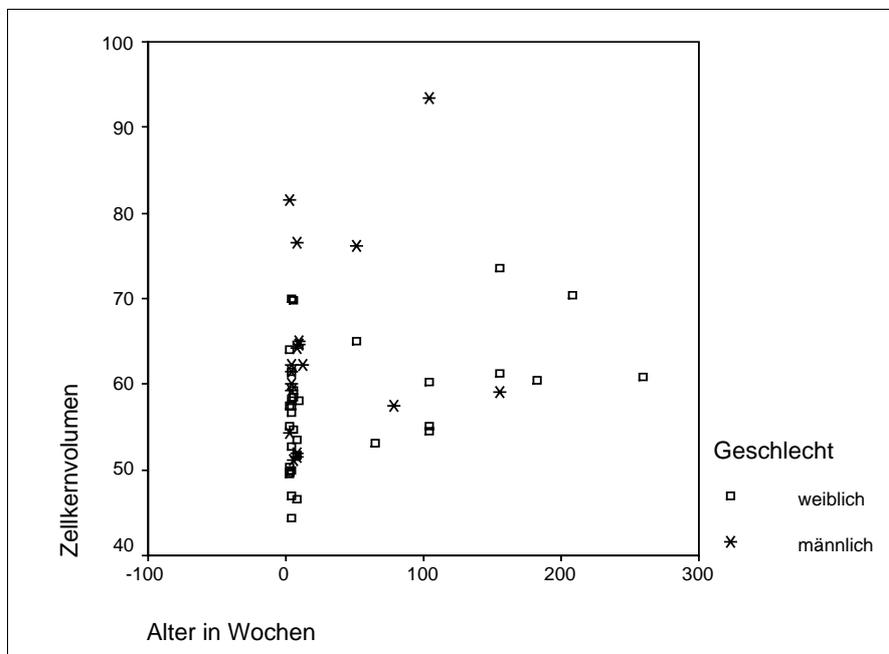


Abb. 28: Zellkernvolumen in μm^3 der Zona-glomerulosa-Zellen im Altersverlauf

Der größte Median liegt mit $62,94 \mu\text{m}^3$ bei den männlich adulten Katzen und ist höher als der Wert von $60,61 \mu\text{m}^3$ bei den gleichaltrigen weibliche Tieren (Abb. 29). Bei den juvenilen Tieren liegen die männlichen Tiere mit ihrem Median ($61,55 \mu\text{m}^3$) auch wieder über den weiblichen Katzen ($55,11 \mu\text{m}^3$).

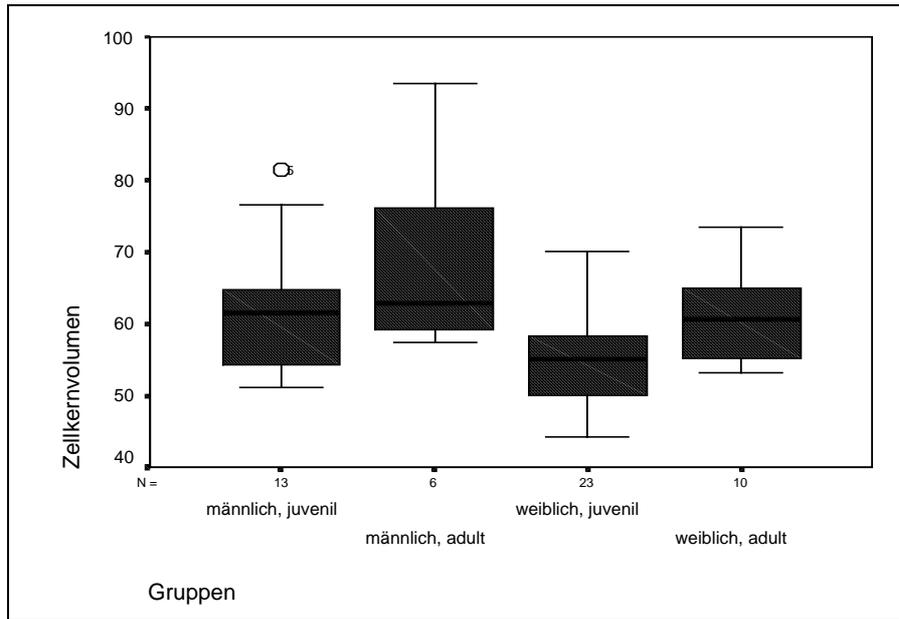


Abb. 29: Zellkernvolumen in μm^3 der Zona-glomerulosa-Zellen in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

Tab. 33: Mittelwerte, Standardabweichung, 0,95- Konfidenzintervall (μ_u , μ_o) des Zellkernvolumenens zu Abb. 29

	n	\bar{x}	s	μ_u	μ_o
männlich, juvenil	13	61,8529	9,1992	56,2939	67,4119
männlich, adult	6	68,6859	13,8172	54,1853	83,1859
weiblich, juvenil	23	55,4674	6,7498	52,5485	58,3862
weiblich, adult	10	61,4356	6,6559	56,6743	66,1970

Statistisch signifikante Unterschied ergeben sich nur zwischen den männlich adulten und den weiblich juvenilen Katzen. Die Differenzen zwischen den anderen Gruppen lässt sich statistisch nicht sichern. (Tab. 34)

Tab. 34: Signifikante Gruppenunterschiede des Zellkernvolumens in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

	männlich, juvenil	männlich, adult	weiblich, juvenil	weiblich, adult
männlich, juvenil	•			
männlich, adult	n.s.	•		
weiblich, juvenil	n.s.	p<0,05	•	
weiblich, adult	n.s.	n.s.	n.s.	•

Bei der Betrachtung des Parameters hinsichtlich der Herkunft der Tiere erkennt man bei den juvenilen Tieren einen höheren Median der Landtiere ($58,29 \mu\text{m}^3$) gegenüber den Stadttieren ($54,48 \mu\text{m}^3$). Bei den adulten Tieren ist dieser Wert bei den Stadtkatzen ($61,79 \mu\text{m}^3$) höher als bei den Landtieren ($60,61 \mu\text{m}^3$).

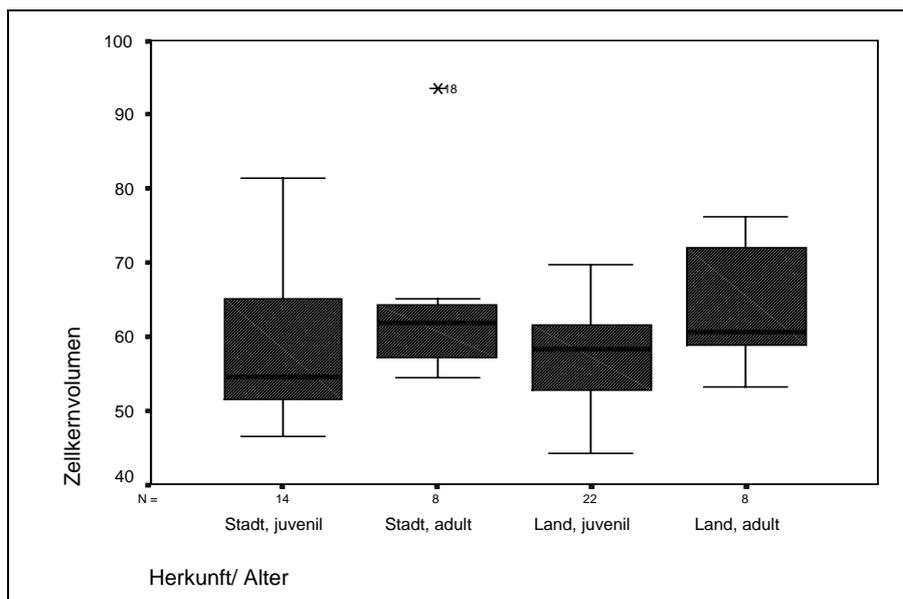


Abb. 30: Zellkernvolumen in μm^3 der Zona-glomerulosa-Zellkerne in Abhängigkeit von Herkunft und Alter

Tab. 35: Mittelwerte, Standardabweichung, 0,95- Konfidenzintervall (μ_u , μ_o) des Zellkernvolumenens zu Abb. 30

	n	\bar{x}	s	μ_u	μ_o
Stadt, juvenil	14	58,3307	10,7390	52,1301	64,5312
Stadt, adult	8	64,2864	12,3770	53,9390	74,6339
Land, juvenil	22	57,4186	6,3625	54,5976	60,2396
Land, adult	8	64,0223	8,2617	57,1154	70,9292

Die Differenzen zwischen diesen Gruppen ließ sich statistisch nicht sichern.

3.2.2.2.2 Breite der Nebennierenzonen

Vermessen wird die Breite der Nebennierenrinde und des Nebennierenmarkes. Bei diesen beiden Parametern wählen wir für die Graphik ein Balkendiagramm aus, bei dem die Rinde und das Mark gemeinsam dargestellt werden können.

Die Breite der Nebennierenrinde steigt mit zunehmendem Alter an. Dabei liegen die Mittelwerte der männlichen Tiere etwas über den Werten der weiblichen Tiere. Den kleinsten Mittelwert erkennt man bei den weiblich juvenilen Tieren (0,88 mm) und den größten Mittelwert bei den männlich adulten Katzen (1,72 mm).

Bei der Nebennierenrinde ergeben sich signifikante Unterschiede zwischen den juvenilen und adulten Tieren. Ein Geschlechtsunterschied ergibt sich nicht.

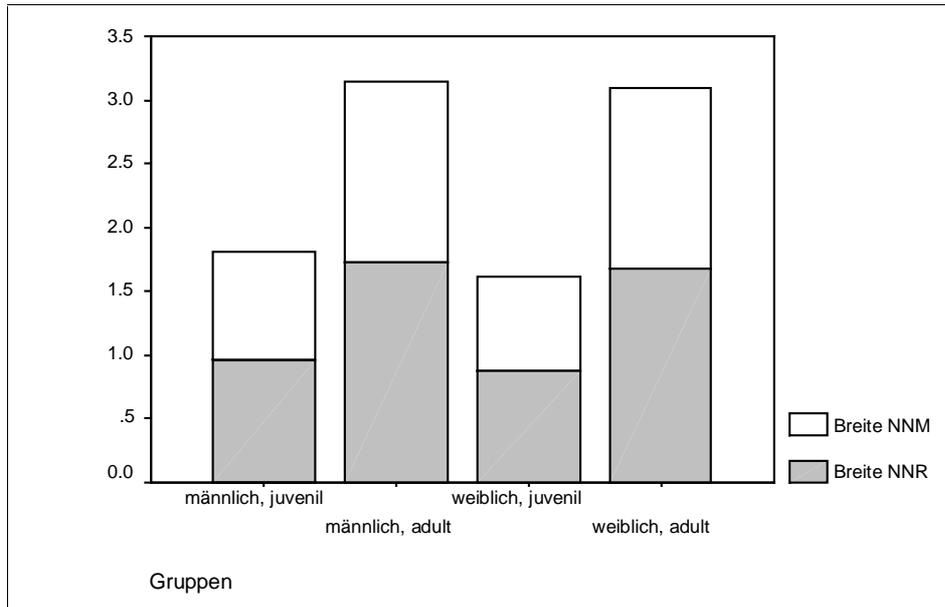


Abb. 31: Mittelwerte der Nebennierenrinden- und Nebennierenmarkbreite in mm in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

Ähnlich der Nebennierenrinde wird bei den adulten Tieren das Nebennierenmark breiter. Allerdings liegt hier der größte Mittelwert bei den weiblich adulten Tieren. Bei den juvenilen Tieren liegen die männlichen Katzen mit ihrem Mittelwert etwas über dem der weiblichen Katzen.

Signifikante Unterschiede ergeben sich zwischen den männlich juvenilen Tieren und den weiblich adulten Tieren. Zwischen den weiblich juvenilen Katzen und den männlich adulten Katzen lässt sich die Differenz ebenfalls statistisch sichern. Die Unterschiede zwischen den männlich juvenilen und männlich adulten Tieren sind nicht signifikant.

Tab. 36: Mittelwerte, Standardabweichung, 0,95- Konfidenzintervall (μ_u , μ_o) der Breite der NNR und des NNM in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht zu Abb. 31

NNR	n	\bar{x}	s	μ_u	μ_o
männlich, juvenil	13	0,9577	0,4276	0,6993	1,2161
männlich, adult	6	1,7229	0,1618	1,5531	1,8926
weiblich, juvenil	23	0,8801	0,2796	0,7592	1,0010
weiblich, adult	10	1,6746	0,5789	1,2605	2,0887
NNM	n	\bar{x}	s	μ_u	μ_o
männlich, juvenil	13	0,8590	0,4093	0,6116	1,1063
männlich, adult	6	1,4156	0,4785	0,9134	1,9178
weiblich, juvenil	23	0,7405	0,3481	0,5899	0,8910
weiblich, adult	10	1,4174	0,5060	1,0554	1,7794

Die Breite der Nebennierenrinde bei den Stadt- und Landtieren zeichnet sich durch höhere Mittelwerte der Stadtkatzen gegenüber den Landkatzen aus. Bei den juvenilen Tieren liegt der Wert der Stadttiere bei 1,1 mm und bei den Landtieren bei 0,78 mm. Die adulten Tiere, die aus der Stadt stammen, lassen einen Wert von 1,73 mm erkennen. Bei den adulten Landkatzen können 1,65 mm abgelesen werden. Die Differenzen zwischen den gleichalten Stadt- und Landtieren läßt sich statistisch nicht sichern.

Bei der Breite des Nebennierenmarkes liegt der Mittelwert der juvenilen Stadttiere (0,88 mm) ebenfalls wieder über dem der juvenilen Landtiere (0,71 mm). Die adulten Stadtkatzen haben einen Mittelwert von 1,46 mm und die gleich alten Landkatzen von 1,37 mm.

Die Differenzen zwischen gleichalten Stadt- und Landtieren läßt sich hier auch statistisch nicht sichern. Auffällig ist, daß der Unterschied zwischen den adulten Landtieren und den juvenilen Stadttieren ebenfalls nicht signifikant ist.

Tab. 37: Mittelwerte, Standardabweichung, 0,95- Konfidenzintervall (μ_u , μ_o) der Breite der NNR und des NNM in Abhängigkeit von Herkunft und Alter

NNR	n	\bar{x}	s	μ_u	μ_o
Stadt, juvenil	14	1,1095	0,3661	0,8981	1,3208
Stadt, adult	8	1,7335	0,4876	1,3258	2,1412
Land, juvenil	22	0,7800	0,2481	0,6700	0,8900
Land, adult	8	1,6519	0,4573	1,2695	2,0342
NNM	n	\bar{x}	s	μ_u	μ_o
Stadt, juvenil	14	0,8858	0,4107	0,6487	1,1229
Stadt, adult	8	1,4619	0,6317	0,9337	1,9900
Land, juvenil	22	0,7180	0,3352	0,5694	0,8667
Land, adult	8	1,3715	0,2984	0,1221	1,6210

3.2.2.2.3 Prozentualer Anteil der Zona glomerulosa an der Gesamtnebenierenrindenfläche

Der prozentuale Anteil der Zona glomerulosa an der Gesamtnebenierenrindenfläche nimmt mit zunehmendem Alter ab. An den Medianen kann man aber erkennen, daß zwischen den weiblich juvenilen (21,56 %) und den weiblich adulten Tieren (21,32 %) kaum eine Differenz zu erkennen ist. Bei den männlichen Tieren ist die Differenz zwischen den Medianen der juvenilen (20,02 %) und adulten (18,41 %) Katzen etwas deutlicher.

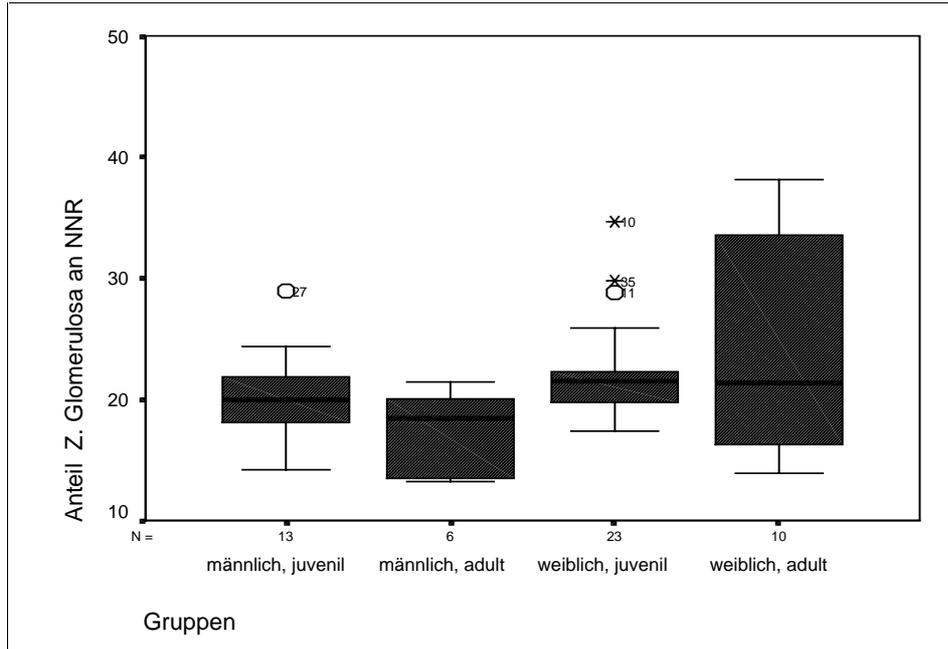


Abb. 32: Anteil der Zona glomerulosa in % an der Nebennierenrindenfläche in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

Tab. 38: Mittelwerte, Standardabweichung, 0,95- Konfidenzintervall (μ_u , μ_o) des prozentualen Anteil der Zona glomerulosa an der Nebennierenrindenfläche zu Abb. 32

	n	\bar{x}	s	μ_u	μ_o
männlich, juvenil	13	20,1723	3,8039	17,8736	22,4710
männlich, adult	6	17,4983	3,4130	13,9166	21,0800
weiblich, juvenil	23	22,0435	4,1263	20,2591	23,8278
weiblich, adult	10	24,0150	8,5511	17,8979	30,1321

Die Unterschiede zwischen den Gruppen sind nicht signifikant.

Der Prozentuale Anteil der Zona glomerulosa an der Gesamtnebennierenrindenfläche für die Gruppen Herkunft/ Alter der Tiere ergeben ebenfalls keine signifikanten Unterschiede. Auf die graphische Darstellung und die Tabellen wird deshalb hier an dieser Stelle verzichtet. Einzeldaten sind im Tabellenanhang aufgeführt.

In der folgenden Abb. 33 wird mit dem dargestellten Balkendiagramm für die Gruppen Alter/ Geschlecht eine Übersicht über die anteilmäßige Zusammensetzung der einzelnen Zonen gegeben. Dabei werden die Zona fasciculata und die Zona reticularis zusammengefaßt.

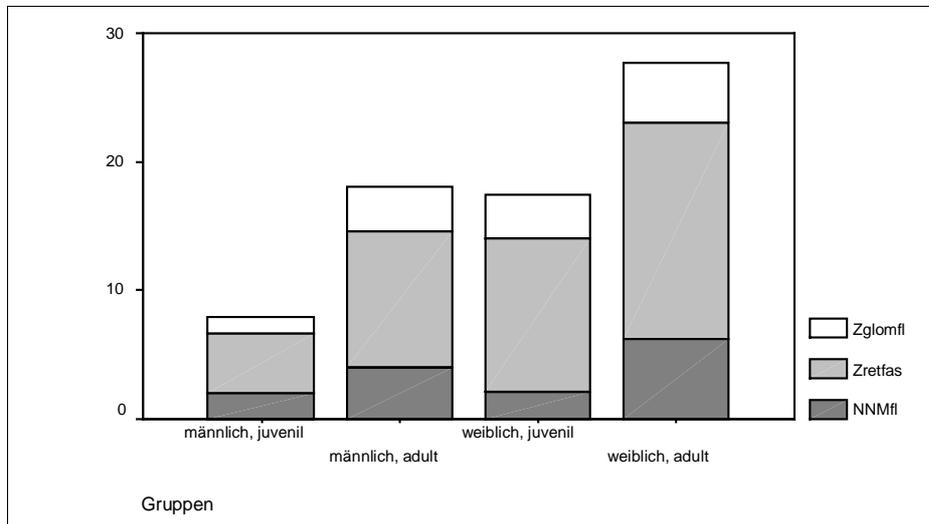


Abb. 33: Übersichtsdarstellung der zonalen Gliederung der Nebennierenflächen (mm²)

Man erkennt dabei eine deutliche Zunahme der Nebennierenmarkfläche und eine weniger deutliche Zunahme der Zona-glomerulosa-Fläche von den juvenilen Tieren zu den adulten Tieren. Die Mittelwerte der Zona fasciculata und Zona reticularis bei den weiblichen Tieren liegen über den Werten der gleichaltrigen männlichen Tiere. Die Mittelwerte der Zona-glomerulosa-Fläche liegt bei den weiblichen Tieren ebenfalls wieder über den Werten der gleichalten männlichen Tiere.

3.2.3 Plasma-Taurin-Gehalt

Es ergeben sich beim Plasma-Taurin-Gehalt keine altersabhängigen Unterschiede zwischen den Gruppen. Man kann aber erkennen, daß die Mittelwerte der weiblichen Tiere deutlich über den der männlichen Tiere liegen (Abb. 34).

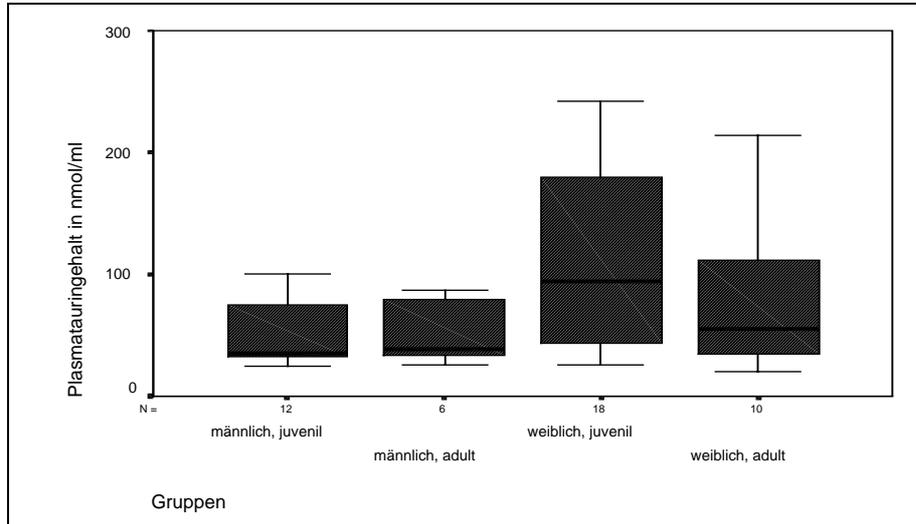


Abb. 34: Plasma-Taurin-Gehalt in nmol/ ml in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

Tab. 39: Mittelwerte, Standardabweichung, 0,95- Konfidenzintervall (μ_u , μ_o) des Plasma-Taurin-Gehalt zu Abb. 34

	n	\bar{x}	s	μ_u	μ_o
männlich, juvenil	13	51,0833	28,6138	32,9030	69,2637
männlich, adult	6	50,1667	25,8846	23,0024	77,3309
weiblich, juvenil	23	109,7389	72,0917	73,8885	145,5892
weiblich, adult	10	84,5400	67,8203	36,0243	133,0557

Die Unterschiede zwischen den Gruppen sind beim Plasma-Taurin-Gehalt nicht signifikant.

Betrachtet man den Plasma-Taurin-Gehalt hinsichtlich der Herkunft der Tiere, erkennt man in der Abb. 35 die höheren Mediane der Stadtkatzen gegenüber den Landkatzen. Der größte Median (99,9 nmol/ ml) wird von den juvenilen Stadtkatzen erzielt. Der kleinste Median (35,75 nmol/ml) ergibt sich in der Gruppe der adulten Landtiere.

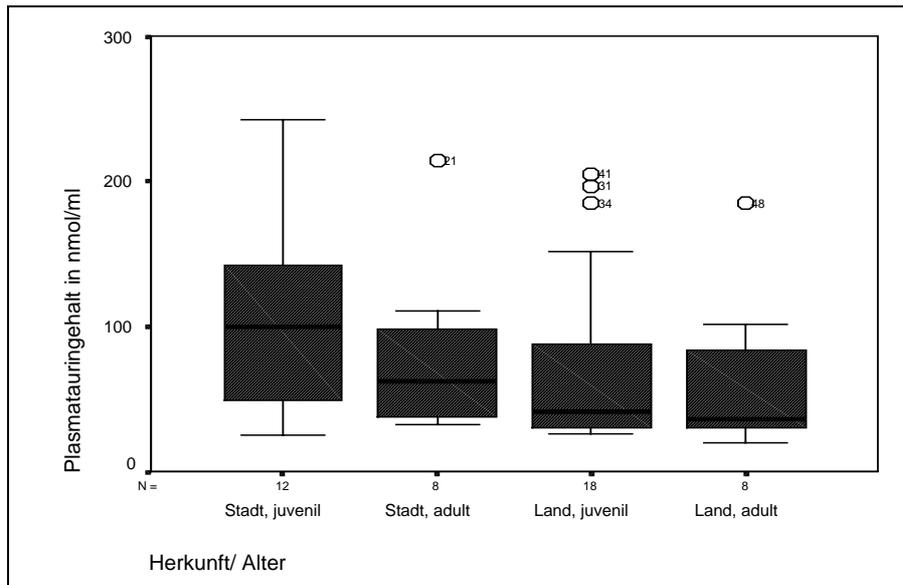


Abb. 35: Plasma-Taurin-Gehalt in nmol/ ml in Abhängigkeit von Herkunft und Alter

Tab. 40: Mittelwerte, Standardabweichung, 0,95 Konfidenzintervall (μ_u , μ_o) des Plasma-Taurin-Gehalt zu Abb. 35

	n	\bar{x}	s	μ_u	μ_o
Stadt, juvenil	14	104,2667	64,9984	62,9687	145,5647
Stadt, adult	8	80,3750	61,0322	29,3508	131,3992
Land, juvenil	22	74,2833	63,7942	42,5592	106,0074
Land, adult	8	62,9250	55,9140	16,1797	109,6703

Die Differenzen zwischen den Gruppen (Herkunft/ Alter) lassen sich nach dem Scheffé-Test statistisch nicht sichern.

3.2.4 Korrelation zwischen den Merkmalen

Die Korrelationsanalyse soll die Abhängigkeiten zwischen einzelnen ausgewählten Parametern darstellen.

In der folgenden Abb. 36 erkennt man eine Übersicht, über die Korrelationen zwischen Körpermasse und absoluter Masse der jeweils linken Organe und zum Plasma-Taurin-Gehalt im Blut. Dabei sind überwiegend mittlere bis starke positive Korrelationen zwischen den makroskopischen Parametern abzulesen.

Zum Plasma-Taurin-Gehalt ist keine signifikante Korrelation erkennbar.

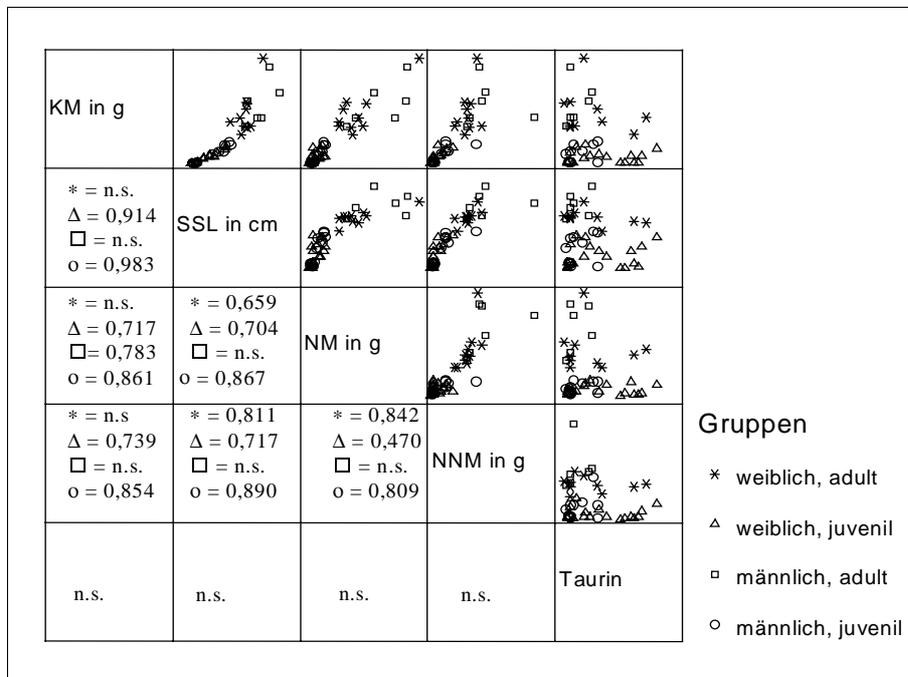


Abb. 36: Scatter-Plot der Körpermassen und der Scheitel-Steiß-Länge, der jeweils linken Organmasse, dem Taurin-Gehalt im Plasma und dem dazugehörigen Rangkorrelationskoeffizienten

In der Abb. 37 werden die Korrelationen zwischen der Körpermasse und der relativen Organmasse mit den unterschiedlichen Korrelationskoeffizienten gezeigt. Die relative Nierenmasse zeigt eine mittlere bis starke negative Korrelation zum Merkmal Körpermasse. Die relative Nebennierenmasse zeigt nur bei den adulten Tieren eine starke negative Korrelation zur Körpermasse. Zwischen der Scheitel-Steiß-Länge und der relativen Nierenmasse besteht eine mittlere bis starke negative Korrelation, nur in der Gruppe der weiblich adulten Tiere ist diese Tendenz nicht vorhanden. Die relative Nebennierenmasse und die Scheitel-Steiß-Länge ergaben nur bei den männlich adulten Tieren eine mittlere negative Korrelation. Zwischen der relativen Organmasse der Niere, der Nebenniere und den Plasma-Taurin-Gehalten ergeben sich keine signifikanten Korrelationen.

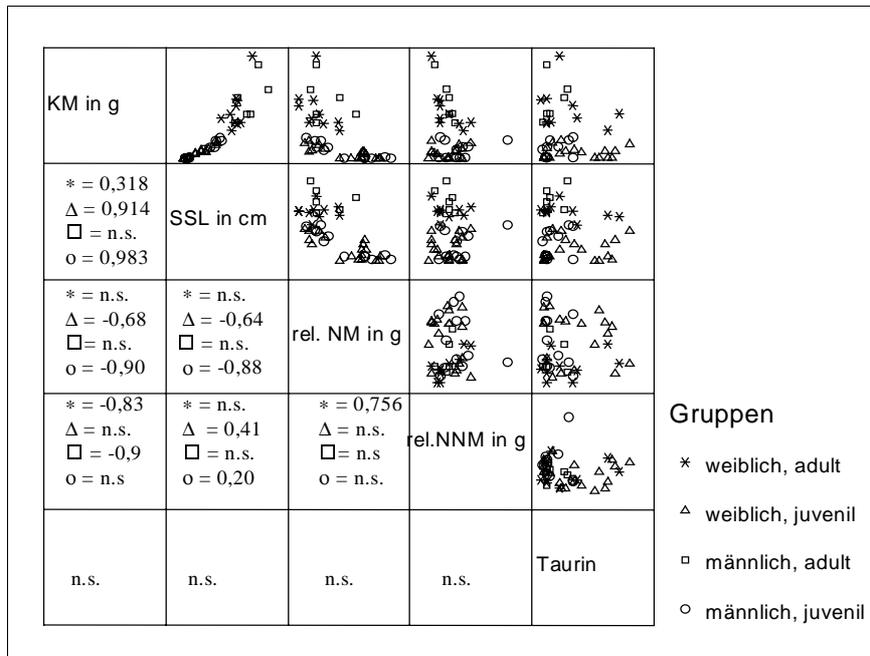


Abb. 37: Scatter-Plot der absoluten Masse des Körpers, der Scheitel-Steiß-Länge und der relativen Masse der linken Organe, dem Taurin-Gehalt im Plasma und dem dazugehörigen Rangkorrelationskoeffizienten

In der Abb. 38 werden mittlere bis starke positive und negative Korrelationen zwischen makroskopisch-anatomischen Parametern der Niere und ausgewählten mikroskopisch-anatomischen Nierenparametern in der subkapsulären Region der Nierenrinde sichtbar.

Eine stark positive signifikante Korrelation ergibt sich zwischen der Glomerulifläche und dem Glomerulivolumen. Beide Parameter zeigen zur Körper- und Nierenmasse ebenfalls eine mittlere bis stark positive signifikante Korrelation. Nur in der Gruppe der männliche adulten Tiere kann keine Beziehung abgelesen werden. Eine deutlich negativ mittlere Korrelation tritt zwischen der Dichte der Nierenkörperchen und allen anderen Nierenparametern auf.

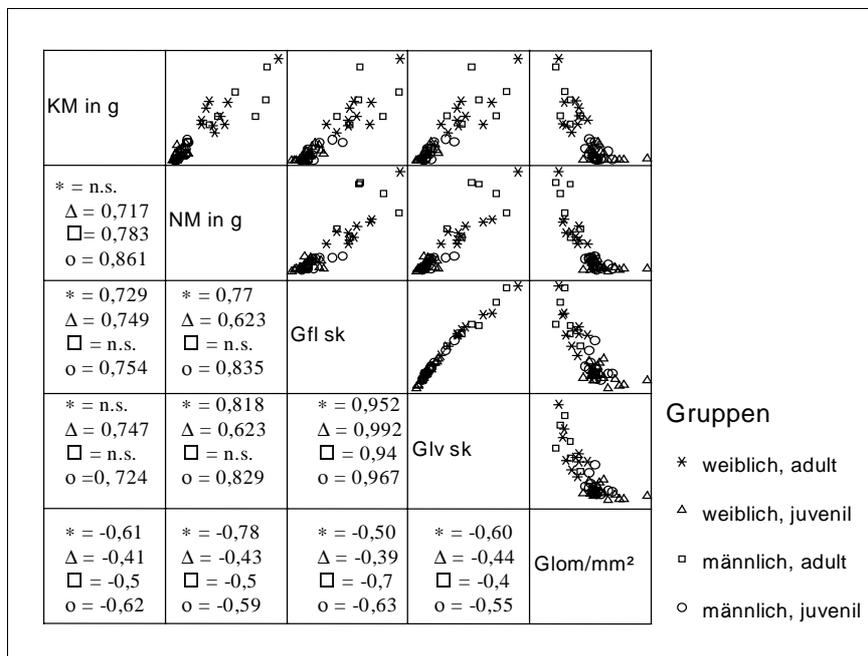


Abb. 38: Scatter-Plot der Körper- und Nierenmasse, der Glomerulusfläche subkapsulär, dem Glomerulusvolumen subkapsulär, der Dichte der Nierenkörperchen subkapsulär und dem dazugehörigen Rangkorrelationskoeffizienten

In der Abb. 39 ergeben sich mittlere positive Korrelationen zwischen der Körpermasse und der Breite der Nierenrinde bei den weiblichen Tieren. Die Nierenmasse und die Breite der Nierenrinde zeigen keine signifikanten Korrelationen, aber eine mittlere positive Korrelation ist bei den weiblich adulten Katzen erkennbar. Zwischen der Breite der Nierenrinde und dem Plasma-Taurin-Gehalt ergeben sich keine korrelativen Beziehungen.

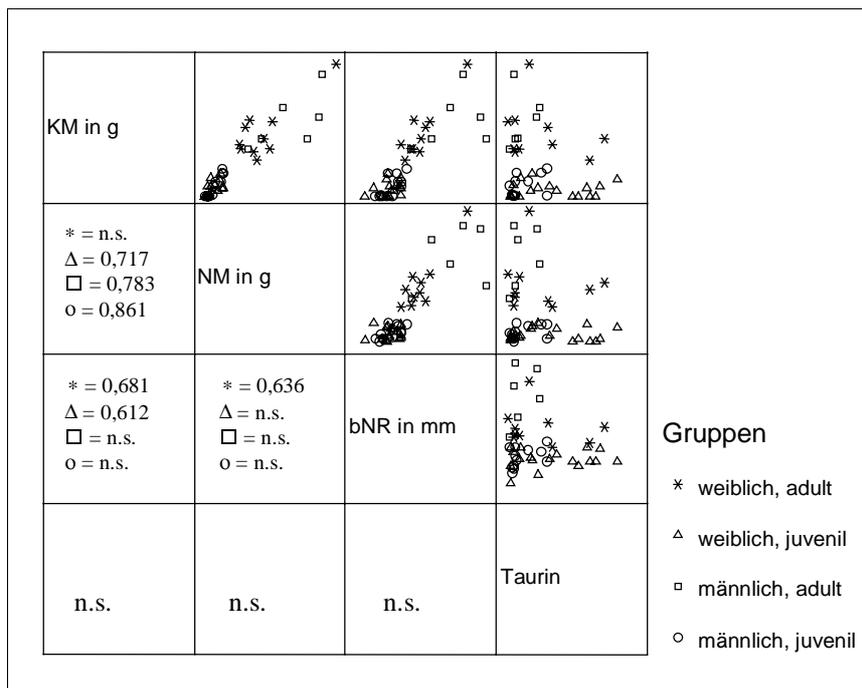


Abb. 39: Scatter-Plot der Körper- und Nierenmasse, der Breite der Nierenrinde, dem Taurin-Gehalt im Plasma und dem dazugehörigen Rangkorrelationskoeffizienten

In der Abb. 40 werden die Beziehungen zwischen der Nebennierenmasse und den mikroskopischen Nebennierenparametern dargestellt. Es ergeben sich keine signifikanten Korrelationen zwischen diesen Merkmalen. Lediglich bei den weiblich adulten Tieren kann eine signifikant mittlere positive korrelative Beziehung zwischen der Nebennierenmasse und dem prozentualen Anteil der Zona-glomerulosa-Fläche an der Nebennierenrindenfläche abgelesen werden. Die Beziehung zwischen dem Zellkernvolumen der Zona-glomerulosa-Zellen und dem prozentualen Anteil der Zona-glomerulosa-Fläche an der Nebennierenrindenfläche ergibt in der Tendenz eine schwache negative Korrelation, die aber nicht signifikant ist. Zum Plasma-Taurin-Gehalt besteht ebenfalls keine Korrelation.

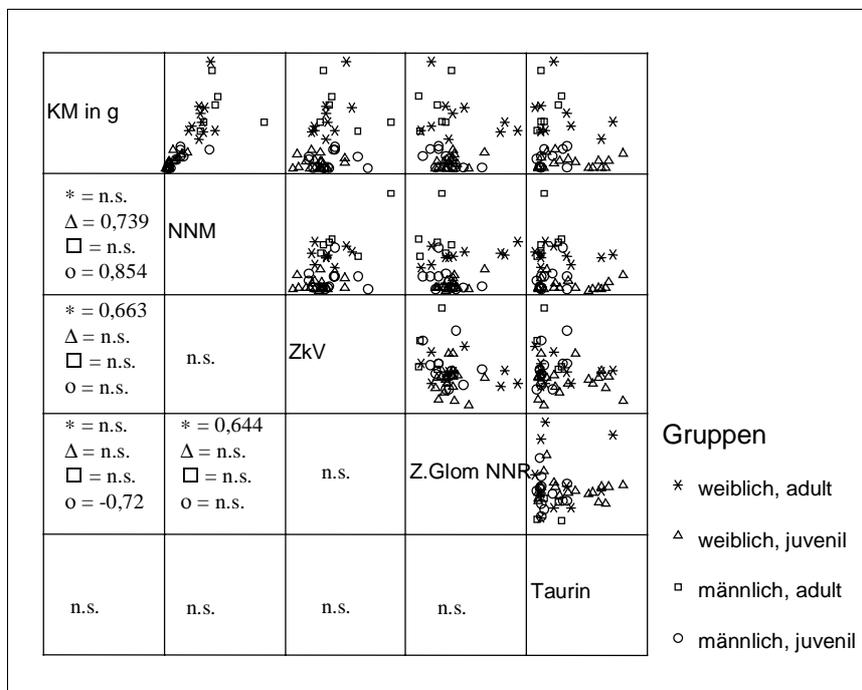


Abb. 40: Scatter-Plot der Körper- und Nebennierenmasse, dem Zellkernvolumen der Zona-glomerulosa-Zellen, dem prozentualen Anteil der Zona-glomerulosa-Fläche an der Nebennierenrindenfläche, dem Taurin-Gehalt im Plasma und dem dazugehörigen Rangkorrelationskoeffizienten

Die Abb. 41 zeigt die Zusammenhänge zwischen ausgewählten mikroskopisch-anatomischen Parametern der Niere und Nebenniere. Bei den weiblich juvenilen Katzen ergeben sich zwischen der Breite der Nebennierenrinde und der Glomerulusfläche bzw. Glomerulusvolumen eine schwache positive signifikante Korrelation. In den anderen Gruppen ergeben sich keine Beziehungen zwischen den Merkmalen.

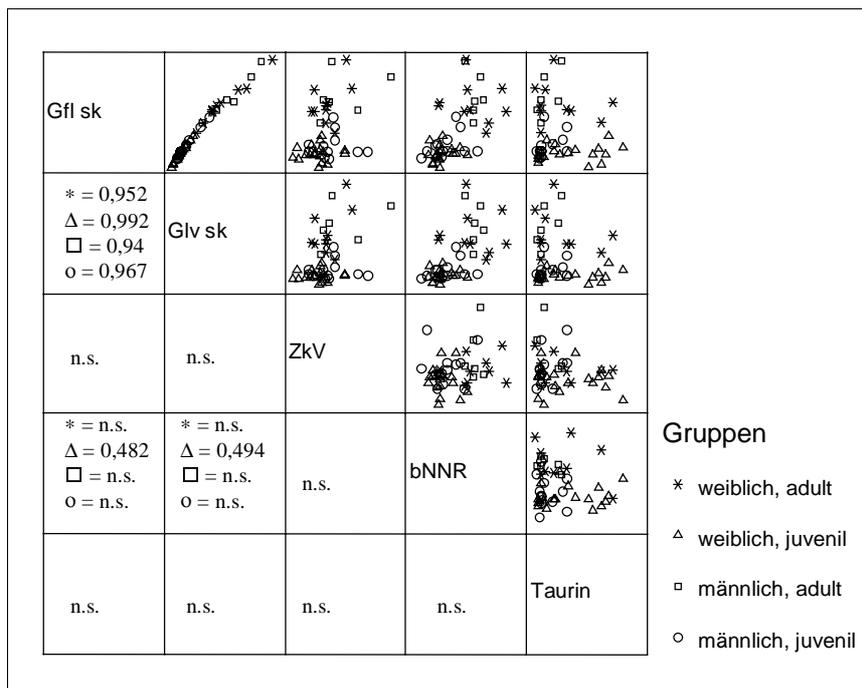


Abb. 41: Scatter-Plot der Glomerulusfläche subkapsulär, dem Glomerulusvolumen subkapsulär, dem Zellkernvolumen der Zona-glomerulosa-Zellkerne, der Breite der Nebennierenrinde, dem Taurin-Gehalt im Plasma und dem dazugehörigen Rangkorrelationskoeffizienten

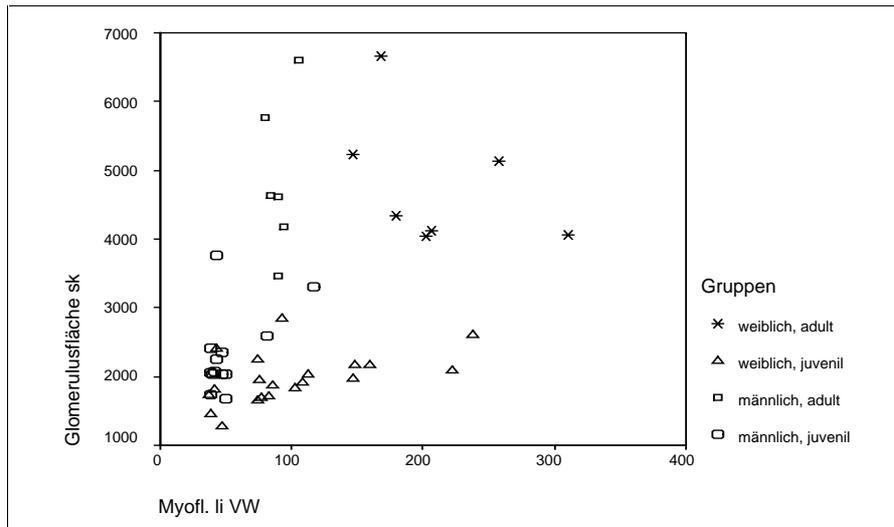


Abb. 43: Korrelation zwischen Glomerulusfläche subkapsulär und der Myozytenquerschnittsfläche in der linken Ventrikelwand

Zwischen der Anzahl der Nichtmyozytenkerne in der linken Ventrikelwand und der Glomerulusfläche subkapsulär besteht bei den weiblich adulten Katzen eine mittlere positive Korrelation ($r_s = 0,786$). In den anderen Gruppen kann keine Beziehung festgestellt werden (Abb. 44).

Es können keine weiteren Korrelationen zwischen den Nieren- und Herzparametern ermittelt werden. Zwischen den Nebennieren- und Herzmeßwerten werden ebenfalls keine Korrelationen gefunden.

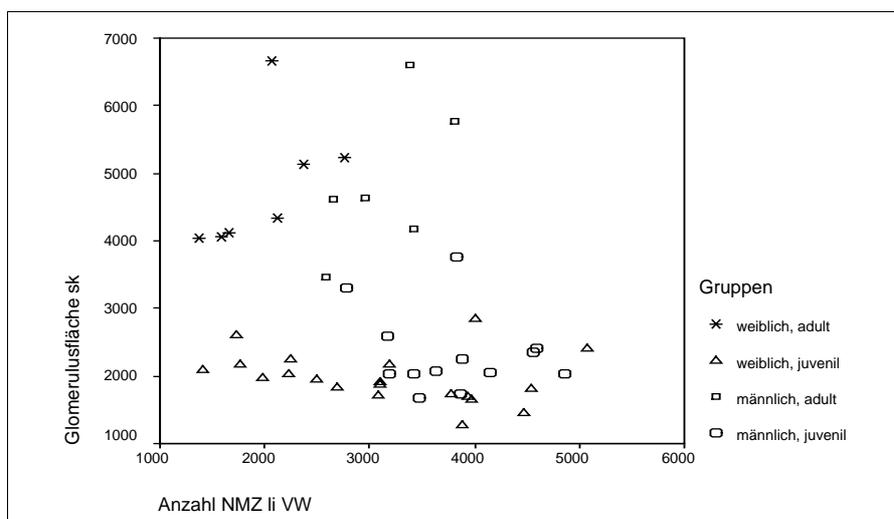


Abb. 44: Korrelation zwischen der Glomerulusfläche subkapsulär und der Anzahl der Nichtmyozytenkerne in der linken Ventrikelwand

4 Diskussion

Mit der Erhebung von makroskopisch- und mikroskopisch-anatomischen Daten von Niere und Nebenniere und der Bestimmung des Plasma-Taurin-Gehaltes im Blut von 52 Katzen der Rasse Europäisch Kurzhaar unterschiedlichen Alters und Geschlechts sollte versucht werden, die schon bekannten Literaturdaten zu ergänzen. So waren weiterhin Vergleiche mit anderen Tierarten möglich. Die Bestimmung der Nieren- und Nebennierenparameter kann auch als eine Fortsetzung der Arbeiten von FRANKE (1985), GUNTER (1986), HAGEMANN (1986), SCHOELER (1987), KOCK (1990), GENSICKE (1993), MÖLLER (1994), NIETZ (1997) und STARKE (1997) angesehen werden. In der Arbeit von FELGNER (1999) wurden an den gleichen Tieren die makroskopisch- und mikroskopisch-anatomischen Befunde des Herzens in Beziehung zum Plasma-Taurin-Gehalt gesetzt. Es konnten also direkte Vergleiche zwischen den Parametern des Herzens von FELGNER (1999) und mit den von uns erfaßten Nieren- und Nebennierenparametern angestellt werden.

Neben der Datenerfassung war es notwendig festzustellen, ob morphologisch faßbare Korrelationen zwischen Nieren, Nebennieren und dem Plasma-Taurin-Gehalt im Blut existieren. Dabei wurde bei der Sammlung des Probenmaterials nicht darauf geachtet, ob ein klinisch-manifester Taurin-Mangel vorlag. Es konnte also nur eine nicht exakt definierte Gruppe von Katzen untersucht und der Istzustand zum Zeitpunkt der Probenentnahme notiert werden.

Somit ist auch die zum Teil etwas ungleiche Zusammensetzung der Tiergruppen zu erklären. Deutlich wird, daß von den juvenilen Katzen bedeutend mehr Tiere in die Auswertung eingingen als von den adulten Katzen. Dabei erstreckt sich die Zusammensetzung der Tiergruppen von drei Wochen alten Katzen bis zu zwölf Jahre alten Katzen.

Es ist an dieser Stelle zu bemerken, daß eine größere Anzahl von Tieren pro Untergruppe besser wäre, da die genetisch bedingte Verschiedenheit der Tiere in den jeweiligen Untergruppen einen kleineren Einfluß auf die Versuchsfehlerstreuung hätte.

Die in den Box-Plots auffälligen Ausreißer und Extremwerte gehörten bei unterschiedlichen Parametern zu verschiedenen Tieren. Es gab innerhalb der Tiergruppen keine Tiere, die generell abweichende Werte zeigten.

4.1 Makroskopisch-anatomische Merkmale

Entsprechend der Altersentwicklung war eine deutliche Zunahme der Körpermasse von den juvenilen zu den adulten Katzen zu erkennen und die Differenz zwischen den jungen und alten Artgenossen war signifikant. Die Mittelwerte der Körpermasse der männlichen Katzen lagen bei den Juvenilen (männlich: 750,7 g; weiblich: 595,8 g) und bei den Adulten (männlich: 3833,3 g; weiblich: 3280 g) stets über den Werten der weiblichen Katzen. Der Geschlechtsunterschied erwies sich aber als nicht signifikant.

Die Scheitel-Steiß-Längen der Probanden verhielten sich ebenfalls entsprechend den physiologischen Wachstumsprozessen. Es präsentierte sich ein signifikanter Unterschied zwischen juvenilen und adulten Katzen. Die arithmetischen Mittelwerte dieses Parameters lagen bei den männlichen Tieren (juvenil: 27,53 cm; adult: 51,5 cm) über den Mittelwerten der weiblichen Tiere (juvenil: 25,04 cm; adult: 44,9 cm). Eine statistische signifikante Geschlechtsdifferenz ergab sich allerdings nicht.

Beim Vergleich der Körpermasse hinsichtlich der Herkunft der Tiere erkannte man bei den Stadtkatzen (juvenil: 765 g; adult: 3525 g) stets höhere Mittelwerte als bei den Landkatzen (juvenil: 579 g; adult: 3450 g). Auch bei der Scheitel-Steiß-Länge konnte bei den Stadtkatzen (juvenil: 27,85 cm; adult: 48,25 cm) ein höherer Mittelwert gegenüber den Landkatzen (juvenil: 24,72 cm; adult: 46,50 cm) notiert werden. Bei beiden makroskopischen Parametern war der Stadt-/ Landunterschied nicht signifikant. Die festgestellten Unterschiede zwischen den Stadt- und Landkatzen ließen vermuten, daß die höhere Körpermasse der Stadtkatzen mit unterschiedlichen Ernährungs- und Haltungsbedingungen im Zusammenhang stehen könnte. Die Ernährung der in der Wohnung gehaltenen Stadtkatze schien ausgewogener und regelmäßiger zu sein als bei den Artgenossen auf dem Lande. Die Landtiere dagegen hatten unregelmäßigere Futterzeiten, größere Bewegungsmöglichkeiten und ein erhöhtes Streßgeschehen, z.B. bei der Suche nach andersgeschlechtlichen Partnern. Die Stadt-/ Landdifferenz bei der Scheitel-Steiß-Länge ließ sich allerdings nicht auf diese Faktoren zurückführen und könnte als ein Nebenbefund interpretiert werden und Zufall sein. So vermutete FELGNER (1999), daß die SSL eher ein genetisch festgelegtes Körpermerkmal ist und nicht durch die Haltungsbedingungen zu beeinflussen sei.

Nach DRESCHER (1974) wird die Leistungsfähigkeit eines Organs in seiner Größe gefunden und aus diesem Grunde wurde die absolute Masse der Nieren in den unterschiedlichen Gruppen miteinander verglichen.

Wie die Körpermasse stieg die absolute Nierenmasse entsprechend der Altersentwicklung kontinuierlich an. Es ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen juvenilen und adulten Katzen. Die Gegenüberstellung der Nierenmassen der juvenilen Tiere zeigte (männlich: 4,05 g; weiblich: 3,66 g), daß der Geschlechtsunterschied geringfügig vorhanden war, aber die Differenz sich als nicht signifikant erwies. Bei den adulten Tieren (männlich: 19,17 g; weiblich: 13,75 g) war der Unterschied zwischen den Geschlechtern ausgeprägter, aber ebenfalls nicht signifikant. Diese Angaben der Masse der Niere decken sich mit denen anderer Autoren bei der Katze (CROWELL; LEININGER, 1976). Allerdings fehlten bei diesen Autoren konkrete Altersangaben der Tiere, so daß sie wenig Aussagekraft für einen direkten Vergleich besaßen.

Bei der Gegenüberstellung der Beziehung Stadt-/ Landkatzen erkannte man deutlich höhere Mittelwerte der Stadttiere (juvenil: 4,45 g; adult: 17,2 g) gegenüber den Landtieren (juvenil: 3,3 g; adult: 14,28g). Es ergab sich aber keine statistisch gesicherte Signifikanz.

Die Entwicklung der absoluten Nierenmasse verlief direkt proportional zur Körpermasse. Diese auch in der Literatur vielfach beschriebene Abhängigkeit der Organmasse von der Körpergröße (BENITZ et al., 1961; BERG et al., 1976; WESEMEIER et al., 1986; NEWBOLD et al., 1992) zeigte sich auch in dieser Arbeit in engen Korrelationen zwischen Körpermasse und Nierengewichten, die ihren Ausdruck in statistisch gesicherten Korrelationskoeffizienten von 0,717 bis 0,861 fanden. Diese Beziehung erklärt die höheren Organgewichte der Niere der Stadtkatzen gegenüber den Landkatzen.

Ein signifikanter Unterschied zwischen linker und rechter Niere wurde nicht gefunden. Diese Angaben machte auch NIETZ (1997) bei seinen Untersuchungen an Kaninchen. Er war der Meinung, daß die Ermittlung einer statistisch relevanten Aussage auch möglich sei, wenn nur die Daten einer Niere vorliegen. Bei ihm ergaben sich bei den juvenilen Kaninchen ebenfalls keine Geschlechtsunterschiede der absoluten Nierenmasse, allerdings ermittelte er bei den alten Kaninchenböcken signifikant niedrigere Werte als bei den Zippen.

Zu einem anderen Ergebnis kam DOBBERSTEIN (1957) bei Rindern, der die linke Niere signifikant schwerer beschrieb als die rechte Niere. Auch PANNWITZ (1997) ermittelte bei weiblichen Puten signifikant schwerere linke Nieren als rechte Nieren.

KOCH und BERG (1990) hielten hingegen Unterschiede zwischen linker und rechter Niere bei keiner Haustierart für signifikant und sahen das als Nebenbefund an.

Die relativen Nierenmassen nahmen mit steigendem Alter ab. Für die juvenilen Tiere ergaben sich folgende Mittelwerte (männlich: 0,67%; weiblich: 0,71%) und für die adulten Tiere (männlich: 0,51%; weiblich: 0,44%). Es war weder ein signifikanter Geschlechts- noch ein Altersunterschied zwischen den Gruppen vorhanden. Es ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen linker und rechter relativer Nierenmasse. Beim Vergleich mit anderen Tierarten wurde von NIETZ (1997) am Kaninchen ebenfalls ein Absinken der relativen Nierenmasse mit steigendem Alter beobachtet. Bei den sich in der Pubertät befindlichen Tieren wurden Werte von 0,27 % und bei den Altkaninchen von 0,22 % ermittelt. Die von uns festgestellten relativen Nierenmassen lagen deutlich über diesen Daten. Nach NIETZ (1997) unterlagen die Kaninchen einem starken züchterischen Einfluß und es kam zu einer starken Skelettmuskulaturentwicklung. Der Autor stellte fest, daß seine Werte sogar im Bereich der Werte von extrem auf Fleischleistung gezüchteten Schweinen lagen. Daraus ließ sich schlußfolgern, daß Katzen nicht diesem züchterischen Einfluß unterlagen und die Werte sich eher im Bereich von bewegungsaktiven Tieren einordneten. GENSICKE (1996) ermittelte beim Meerschweinchen durchschnittlich 0,372 % und lag somit unter den von uns beschriebenen Werten und über den Daten von NIETZ (1997).

Die absoluten Nebennierenmassen stiegen von den juvenilen Tieren (männlich: 0,12 g; weiblich: 0,07 g) zu den adulten Tieren (männlich: 0,55 g; weiblich: 0,38 g) deutlich an. Dabei lagen die Werte der adulten Tiere in dem Bereich, die von KOCH und BERG (1985) für die Katze angegeben wurden. Nach SASHEGYI (1935) sind beide Nebennieren der Katze gleich schwer, was bei unseren Untersuchungen bestätigt wurde. Entgegen einigen Angaben in der Literatur für Nagetiere, wie z.B. von JACKSON (1913/14), HOLTKAMP-ENDEMANN (1974), WILKE (1963), lagen bei uns die Nebennierenmassen der männlichen Tiere über den Werten der weiblichen gleichaltrigen Tiere. Allerdings waren die Unterschiede zwischen den Geschlechtern nicht signifikant. Auch BERG et al. (1976) fanden keine signifikanten Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Tieren. Zu diesem Thema wurden interessante Ergebnisse bei Versuchen an Goldhamstern ermittelt. So beschrieben ZIEGER et al. (1980 a, b) zuerst schwerere Nebennieren der männlichen Tiere. Als die Tiere kastriert waren, glich sich die mittlere Nebennierenmasse der Kastraten an die der weiblichen Tiere an. Dabei konnte auf einen Einfluß androgener Hormone auf die Nebenniere geschlossen werden (ZIEGER et al. 1980 a). Nach der Behandlung kastrierter Männchen und Weibchen mit Testosteron erfolgte eine Zunahme der Nebennierenmasse mit dem Erfolg, daß sich die Massen der Nebennieren beider Geschlechter angleichen. Desweiteren wurden unkastrierte Männchen und Weibchen mit

Östrogenen behandelt und die Nebennierenmassen nahmen ab, so daß am Ende der Behandlung die Mittelwerte der Gruppen nicht mehr zu unterscheiden waren (ZIEGER et al. 1980 b).

Beim Vergleich der Nebennierenmassen zwischen Stadt-/ Landkatzen fielen wieder höhere Mittelwerte der Stadttiere (juvenil: 0,1 g; adult: 0,49g) gegenüber den Landtieren (juvenil: 0,08g; adult: 0,39g) auf. Dabei sollte hier an dieser Stelle wieder die korrelative Beziehung der Körpermasse zur Nebennierenmasse erwähnt werden.

Die relativen Nebennierenmassen sanken von den Werten der juvenilen Tieren (männlich: 0,0152%; weiblich: 0,0123%) zu denen der adulten Tiere (männlich: 0,0123%; weiblich: 0,0122%) kaum ab und es waren weder signifikante geschlechtsbedingte noch altersbedingte Unterschiede zwischen den Gruppen zu finden. Diesen geringen Unterschiede zwischen den juvenilen und adulten Tieren erklärte NIETZ (1997) für Kaninchen damit, daß die relativen Massen bis zu einem bestimmten Lebensmonat abnahmen, um dann wieder zuzunehmen. Dabei vermutete der Autor, daß der Zuwachstrend der relativen Masse bei den Kaninchen ab dem 4. Lebensmonat mit einer Reaktion auf einen erhöhten Streßzustand zu erklären sei. Diese Vermutung war aber auf unsere Ergebnisse nur bedingt anzuwenden, da wir keine Altersverlaufsstudien durchführten und nur zwischen den Werten der juvenilen und adulten Katzen vergleichen konnten.

4.2 Mikroskopisch-anatomische Parameter

4.2.1 Niere

Die Nieren der Säugetiere werden in Rinde und Mark unterteilt und für morphometrische Untersuchungen kann die Nierenrinde auf einfache Weise mittig geteilt werden (ARATAKI, 1926; GENSICKE, 1996). Dabei wurde eine Einteilung in den subkapsulären und in den juxtamedullären Bereich möglich.

Zur Charakterisierung der Nierenaktivität wurde die Bestimmung der Nierenkörperchengröße durchgeführt, da die funktionelle Anpassungsfähigkeit weniger durch Neubildung als durch Größenveränderung realisiert werden kann. So konnte von BARGMANN (1978) an der Niere des Menschen festgestellt werden, daß trotz einer Mehrbelastung einer Niere durch Nephrektomie der zweiten Niere keine Nachbildung von Nierenkörperchen stattfand, sondern die Größe der anderen Nierenkörperchen anstieg.

Als repräsentativer Wert für die Nierenkörperchengröße wurde die Glomerulifläche angegeben, was gerechtfertigt erschien, da die Corpuscula- und Glomeruliflächen sehr eng miteinander korrelierten ($r_s = 0,937$). Nach der Auffassung einiger Autoren besteht eine nahezu lineare

Korrelation zwischen dem Durchmesser der Bowmanschen Kapsel und dem des Kapillarschlingenanteils (POTHMANN, 1981; GUNTER, 1986).

Es standen weiterhin die Werte für den Umfang, den minimalen und maximalen Durchmesser und das Volumen der Glomeruli bzw. Corpuscula zur Verfügung. Diese letztgenannten Parameter hatten die gleichen signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen und den Zonen, wie die Flächeninhalte der Glomeruli bzw. Corpuscula. Von STARKE (1997) bei Schafen und NIETZ (1997) bei Kaninchen wurde diese Aussage ebenfalls bestätigt und auch GENSICKE (1996) bei Meerschweinchen hielt den Flächeninhalt der Glomerulisschnittfläche für den aussagekräftigsten Parameter.

Die Glomeruliflächen waren bei uns in der subkapsulären Zone stets kleiner als in der juxtamedullären Zone, dieser Unterschied war statistisch signifikant. Nur bei den männlich adulten Tieren konnte dieser Zonenunterschied statistisch nicht gesichert werden. Die signifikanten Zonenunterschiede zwischen den subkapsulären und juxtamedullären Glomeruli konnten in der Literatur bestätigt werden (ARATAKI, 1926; KOCK, 1990; GENSICKE, 1996; NIETZ 1997). Von EISENBRANDT und PHEMISTER (1980) wurde beschrieben, daß mit zunehmendem Alter die Zonenunterschiede durch die Ausreifung der Nierenkörperchen geringer werden. Das könnte die Erklärung für den nicht signifikanten Zonenunterschied bei den männlich adulten Katzen sein.

Entsprechend den physiologischen Wachstumsprozessen nahm die Glomeruligröße in beiden Nierenzonen mit steigendem Alter zu. Nach EISENBRANDT und PHEMISTER (1979) und MERLET-BENICHOU et al. (1981) steigt die absolute Anzahl der Glomeruli nach dem unmittelbar postpartalen Zeitraum nicht mehr an und die funktionelle Anpassungsfähigkeit der Glomeruli kann nur durch Größenveränderung realisiert werden. Die ermittelten Glomeruliflächen in der subkapsulären Zone erstreckten sich bei den juvenilen Tieren von weiblich: 1978 μm^2 bis männlich: 2331 μm^2 und bei den adulten Tieren von weiblich: 4464 μm^2 bis männlich: 4875 μm^2 . In der juxtamedullären Zone konnten bei den juvenilen Katzen Werte von 2791 μm^2 bis 2861 μm^2 und bei den adulten Katzen Werte von 4882 μm^2 bis 4966 μm^2 abgelesen werden.

Die Glomeruliflächenwerte waren in allen Altersgruppen bei den männlichen Katzen größer als bei den weiblichen Tieren. Diese Tendenz war aber mit den statistischen Tests nicht zu sichern. Diese Aussage beschrieben auch KANGALOO (1977); BRANDWIE (1987); STARKE (1997) und NIETZ (1997). Andererseits konnten HÖRMEYER (1978), MAGASSA (1983) und WAGNER (1997) bei den männlichen Tieren signifikant größere Nierenkörperchen finden. GENSICKE (1996) ermittelte dagegen bei den weiblichen Meerschweinchen signifikant größere

Nierenkörperchen als bei den männlichen Artgenossen. Die Tatsache, daß bei uns zwar eine Tendenz, aber kein signifikanter Geschlechtsunterschied vorlag, könnte damit erklärt werden, daß auch kastrierte Tiere in die Auswertung mit eingingen. So ist nach MÖLLER (1994) der Durchmesser des Glomerulus eine Funktion des Körpermasse. Bei den Katzen ergab sich schon für die Körpermasse in gleichen Altersgruppen kein signifikanter Geschlechtsunterschied. Im Gegensatz zu unseren Untersuchungen kamen z.B. bei WAGNER (1997) nur unkastrierte weibliche und männliche Kälber zur Auswertung, und es bestanden stets signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Der Größenunterschied zwischen den juvenilen und adulten Artgenossen war signifikant. Aus den Mittelwerten der Glomeruliflächen erkannte man eine ausgeprägtere Wachstumsrate der subkapsulär gelegenen Glomeruli gegenüber den juxtamedullär gelegenen Glomeruli. Auch bei GENSICKE (1996) schien sich die Altersentwicklung in der kortikalen Zone in stärkerem Maße abzuspielen. Wir haben bei unseren juvenilen Katzen in der Zona subcapsularis eindeutig sich noch in der Entwicklung befindliche Glomeruli erkannt (Abb. 17), die starken Wachstumsprozessen unterlagen. Auch RIEGER (1989) fand sogar noch bei adulten Schweinen unreife und entwicklungsfähige Glomeruli in der kortikalen Zone.

In beiden Nierenregionen zeigten die Stadtkatzen höhere Mittelwerte der Glomeruliflächen als die gleichalten Artgenossen vom Lande. Der Herkunftsunterschied ließ sich statistisch aber nicht sichern. Die enge Beziehung zwischen Nierenkörperchen und Körpermasse wurde hier wieder deutlich und erklärte uns die Mittelwertunterschiede zwischen Stadt- und Landkatzen.

Neben der Glomerulifläche wurde auch der kurze und lange Durchmesser der Glomeruli bestimmt. Diese Daten sind mit den in der Literatur angegebenen Werten vergleichbar. Für die Katze beschrieben YADAVA und CALHOUN (1958) nur einen mittleren Nierenkörperchendurchmesser. Auch GENSICKE (1996) sprach ebenfalls nur von einem mittleren Durchmesser. Nach NIETZ (1997) ist es sinnvoll, einen kurzen und langen Durchmesser anzugeben, da die Nierenkörperchen immer nur annähernd kreisförmig sind. Wie im Text beschrieben, bestand bei uns eine enge Beziehung zwischen dem minimalen, maximalen Durchmesser und den Glomeruliflächen, so daß es erlaubt ist, die von uns ermittelten kurzen und langen Durchmesser mit den mittleren Durchmessern von YADAVA und CALHOUN (1958) zu vergleichen (Tab. 3). Bei den Autoren fanden wir keine Altersangaben der Katzen, aber die Werte lagen in der Größenordnung, die auch von uns ermittelt wurde.

Die Glomerulidichte wurde in beiden Zonen ermittelt. Dabei lagen die Nierenkörperchen in der subkapsulären Rindenzone (Mittelwert: 12,19-23,32 Nierenkörperchen/ mm²) signifikant dichter als in der juxtamedullären Rindenzone (Mittelwert: 7,82-12,03 Nierenkörperchen/ mm²). Dieser

signifikante Unterschied zwischen den Zonen wurde auch von MAGASSA (1983), KOCK (1990), MÖLLER (1994) und GENSICKE (1996) beschrieben. Bei der Betrachtung der Altersabhängigkeit wurde in der kortikalen Zone für die juvenilen weiblichen Tiere ein höherer Mittelwert (23,3 Nierenkörperchen/ mm²) als für die juvenilen männlichen Tiere (21,7 Nierenkörperchen/mm²) abgelesen. Bei den adulten Tieren waren die Mittelwerte deutlich niedriger (männlich: 12,19 Nierenkörperchen/ mm²; weiblich: 13,9 Nierenkörperchen/ mm²) und die weiblichen Katzen ließen höhere Werte erkennen. Der Unterschied zwischen den juvenilen und den adulten Tieren war signifikant. Diese Feststellung wurde auch bei GENSICKE (1996) und NIETZ (1997) deutlich. Dabei wurde von diesen Autoren ein Absinken der Nierenkörperchendichte mit einer Größenzunahme der Corpuscula und der Zubildung des Tubulusapparates erklärt, da nach der Aussage von NYENGAARD und BENDTSEN (1992) die Gesamtzahl der Nierenkörperchen einer Spezies genetisch determiniert ist und bei adulten Tieren eine relative Konstanz aufweist (EISENBRANDT und PHEMISTER, 1979; MERLET-BERNICHOU et al., 1981). Von WESEMEIER (1986) wurde zu dem Thema bemerkt, daß die Glomerulidichte in erster Linie altersabhängig ist und sich in der postnatalen Entwicklungsphase bis zur ausgereiften Niere signifikant vermindert. Während der Entwicklung zum adulten Tier nimmt durch Anpassung an die höheren metabolischen Anforderungen die Größe der Nierenkörperchen zu und damit ihre Dichte ab (RIEGER, 1989). In der juxtamedullären Zone war bei uns der Abfall der Nierenkörperchendichte nicht mehr so stark wie in der kortikalen Zone. Bei den juvenilen und adulten Tieren lagen die Mittelwerte der weiblichen Tiere (juvenil: 12,03 Nierenkörperchen/ mm²; adult: 8,88 Nierenkörperchen/ mm²) über den Mittelwerten der männlichen Tiere (juvenil: 11,6 Nierenkörperchen/ mm²; adult: 7,8 Nierenkörperchen/ mm²). Signifikante Gruppenunterschiede wurden nur zwischen den weiblich juvenilen und weiblich adulten Tieren sichtbar. Somit war in der inneren Rindenzone das Tubuluswachstum nicht mehr so ausgeprägt und die Verringerung der Dichte der Nierenkörperchen nicht mehr so deutlich. Die festgestellten Geschlechtsunterschiede waren bei uns in beiden Zonen nicht signifikant. Das entsprach auch den Aussagen einiger anderer Autoren (BRANDWIE, 1987; STARKE, 1997). Tendenziell konnte man bei unseren weiblichen Katzen aber in beiden Nierenzonen höhere Nierenkörperchendichten ablesen als bei den männlichen Artgenossen. So konnte GENSICKE (1996) bei den Meerschweinchen sogar in der peripheren Rindenzone einen Geschlechtsunterschied zugunsten der weiblichen Tiere statistisch sichern. In der juxtamedullären Zone und im Mittel der gesamten Rinde wurde aber von ihm ebenfalls kein signifikanter Unterschied zwischen männlichen und weiblichen Tieren festgestellt. Andererseits wurden von MAGASSA (1983) und GUNTER (1986) für Mäuse und Ratten beim weiblichen

Geschlecht stets größere Glomerulidichten verbunden mit signifikant kleineren Glomeruliflächen beschrieben. Die gleiche Entwicklung beschrieb auch WAGNER (1997) bei Kälbern und stellte somit den starken Zusammenhang zwischen Fläche der Glomeruli und Anzahl der Glomeruli je Flächeneinheit noch deutlicher dar.

Die Herkunft der Katzen hatte keinen Einfluß auf die Dichte der Nierenkörperchen. Es konnten keine Unterschiede zwischen den Stadt- und Landtieren festgestellt werden.

Der prozentuale Anteil der Glomeruli war in der subkapsulären Rindenzone deutlich höher als in der juxtamedullären Rindenzone. Dabei konnte in der subkapsulären Nierenrindenzone ein Abfallen der Werte von den juvenilen Katzen (65 %) zu den adulten Katzen (61 %) abgelesen werden. Der Alters- und Geschlechtsunterschied war nicht signifikant. In der juxtamedullären Zone stiegen die Werte von den juvenilen Tieren (34 %) zu den adulten Artgenossen (38 %) an. NIETZ (1997) fand bei ein Monate alten Kaninchen 73,7 % der Nierenkörperchen in der subkapsulären Region. Bei den Altkaninchen waren es nur noch 59,2 %. Dieser Altersunterschied war bei ihm signifikant. Trotz unterschiedlicher Gruppen- und Altersaufteilung sowie unterschiedlicher Tierarten sind die Ergebnisse vergleichbar und liegen in ähnlicher Größenordnung.

In Anlehnung an Arbeiten von GENSICKE (1996) und NIETZ (1997) wurde eine Aussage über die zur Verfügung stehende filtrierende Oberfläche einer Niere durch die Anzahl und Größe der Glomeruli bestimmt. Dabei wurde der Glomerulusindex in der subkapsulären und juxtamedullären Zone bestimmt. In der subkapsulären Region war eine geringe Entwicklungstendenz zwischen juvenilen und adulten Katzen zu erkennen. Die Mittelwerte der juvenilen Tiere (männlich: 50258; weiblich: 45797) lagen unter den Mittelwerten der adulten Tiere (männlich: 57832; weiblich: 60611). Allerdings war eine statistisch gesicherte Signifikanz nur zwischen den weiblich juvenilen und den weiblich adulten Tieren zu erkennen. Bei Untersuchungen von GENSICKE (1996) am Meerschweinchen, NIETZ (1997) am Kaninchen und TILCH (1998) an Schweinen war diese Tendenz nicht ersichtlich. Bei diesen Autoren blieb der Glomerulusindex, von geringen nicht signifikanten Schwankungen abgesehen, über alle Altersgruppen etwa gleich. In der juxtamedullären Zone waren bei uns keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen zu verzeichnen, allerdings waren die Mittelwerte der juvenilen Tiere (männlich: 33543; weiblich: 33585) wieder niedriger als bei den adulten Tieren (männlich: 37489; weiblich: 42180). Diese Aussage entsprach den Aussagen von GENSICKE (1996) und TILCH (1998) und widerspricht den Angaben von NIETZ (1997). Dabei erklärte NIETZ (1997) seine Ergebnisse mit einer Zunahme der filtrierenden Fläche in der juxtamedullären Zone mit ansteigendem Alter im Gegensatz zur subkapsulären Region. Aus den

nun hier vorliegenden Ergebnissen konnte man also schlußfolgern, daß bei den Katzen in der subkapsulären Region eine starke Zunahme der filtrierenden Fläche mit steigendem Alter vorlag. Die Nierenkörperchen der untersuchten juvenilen Katzen befanden sich noch in der Wachstumsphase, die sich stärker in der äußeren Rindenzone darstellte.

Der glomerulusfreie Bereich, Cortex corticis, unterhalb der Nierenkapsel war unabhängig vom Geschlecht der Tiere und wurde mit steigendem Alter der Katzen größer. Die Differenz zwischen den juvenilen und adulten Tiergruppen ließ sich statistisch sichern. Von den juvenilen Katzen (männlich: 174,7 μm ; weiblich: 167,3 μm) zu den adulten Katzen (männlich: 337,7 μm ; weiblich: 345,2 μm) vergrößerte sich der mittlere Abstand der kapselständigsten Nierenkörperchen zur Oberfläche etwa um das Doppelte. Dieser Wert wurde von HAGEMANN (1986) als Bewertungskriterium für den Entwicklungsgrad der Niere angesehen, da erst im Endstadium der Nephrogenese die Glomeruli durch ein ausgeprägtes Volumen- und Längenwachstum der Tubuli aus der unmittelbaren Kapselnähe verdrängt werden. Man konnte also wieder auf eine noch nicht abgeschlossene Nephrogenese der Katzennieren schließen. Tendenziell war das Ergebnis mit den Untersuchungen von EZILIUS (1990) an Hundenieren vergleichbar. Mit zunehmendem Alter wurden die durchschnittlichen Abstände der Nierenkörperchen der männlichen Hunde zur Nierenkapsel größer. Andererseits konnten bei den von GENSICKE (1996) gelieferten Meßdaten der Meerschweinchen keine altersabhängigen Unterschiede ermittelt werden. In den vier Altersgruppen seiner Tiere, die alle älter als sieben Monate waren, konnte er schon einen Abschluß der Nierenentwicklung vermuten. Weiterhin stellte er eine statistisch gesicherte Differenz zwischen den Geschlechtern fest. Die männlichen Meerschweinchen hatten eine größere glomerulusfreie Zone als die weiblichen Artgenossen. STARKE (1997) fand bei Schafen ebenfalls keinen altersabhängigen Unterschied und die männlichen Tiere hatten nur eine geringfügig breitere Zona corticalis externa. Bei der Untersuchung des Geschlechtsunterschiedes unserer Katzen war keine eindeutige Tendenz feststellbar. Bei den juvenilen Katzen wurden höhere Mittelwerte bei den männlichen Tieren, dagegen bei den adulten Katzen die höheren Mittelwerte bei den weiblichen Tieren gemessen. Neben dieser Gruppeneinteilung lagen uns noch die Daten der Tiergruppen vor, die nach der Herkunft der Katzen eingeteilt wurden. Auffällig war, daß der Mittelwert bei den juvenilen Stadttieren (195,5 μm) deutlich über dem Wert der juvenilen Landtiere (153,7 μm) lag. Diese Differenz ist zwar statistisch nicht signifikant, aber eine Tendenz war erkennbar. Bei den adulten Stadttieren (342,8 μm) war kaum ein Unterschied zu den adulten Landtieren (341,9 μm) abzulesen. Eine Erklärung für diese starke Differenz bei den juvenilen Tieren könnte eine schnellere Entwicklung der Stadttiere gegenüber den Landtieren sein. Die ausgewogenere

Ernährung der Katzen in der Stadt führte möglicherweise zu einem schnelleren Körper- und Organwachstum und könnte auch eine früher einsetzende Beendigung der Nephrogenese als Folge haben. Nach Abschluß der Nierenentwicklung war dann bei den Alttieren kaum noch eine Differenz zwischen Stadt- und Landkatzen ersichtlich.

Die Breite der Nierenrinde kann bei adulten Katzen mit Taurin-Mangel zu einer Atrophie der Nierenrinde führen (BURGER und EARLE, 1992). Diese Tatsache veranlaßte die Autorin, die Breite der Nierenrinde zu bestimmen. Dabei konnte mit zunehmendem Alter und entsprechend den physiologischen Wachstumsprozessen eine breitere Nierenrinde beobachtet werden. Der Unterschied zwischen den juvenilen Katzen (männlich: 3,05 mm; weiblich: 3,01 mm) und den adulten Artgenossen (männlich: 6,04 mm; weiblich: 4,51 mm) war signifikant. Auffallend war bei den adulten Katzen der statistisch gesicherte Unterschied zwischen den Geschlechtern. Bei den juvenilen Tieren konnte kaum eine Differenz zwischen den männlichen und weiblichen Artgenossen abgelesen werden. Bei MAGASSA (1983) konnte an fünf Tage alten Mäusen ein deutlicher signifikanter Unterschied zwischen den männlichen Tieren mit 1,6 mm und den weiblichen Tieren mit 1,27 mm ermittelt werden. Auch KANGALOO (1977) kam zu einem ähnlichen Ergebnis. Dabei zeigten 6 Wochen alte männliche Mäuse ebenfalls einen signifikanten Unterschied zu den weiblichen Artgenossen. JERUSALEM (1963) erkannte an embryonalen und neugeborenen Ratten und an menschlichen Embryonen und Feten eine Verbreiterung der Nierenzonen während des Größenwachstums der Nieren. Der bei uns festgestellte Unterschied zwischen den adulten männlichen und weiblichen Katzen sollte aber nicht unbedingt im Zusammenhang mit dem Plasma-Taurin-Gehalt im Blut stehen. Man konnte bei den weiblichen Katzen nicht von einer Atrophie der Nierenrinde sprechen, da uns keine Vergleichswerte von atrophierten Nierenrinden bei Katzen vorlagen. Außerdem lagen die Plasma-Taurin-Werte der weiblich adulten Tiere über den Werten der männlich adulten Tiere und es bestand auch keine erkennbare Korrelation zwischen diesen beiden Parametern. Man konnte also bei dem festgestellten Geschlechtsunterschied eher von einem zufälligen Befund ausgehen. Zwischen den Stadt- und Landkatzen ergaben sich keine Unterschiede.

4.2.2 Nebenniere

Bei der Untersuchung der Nebenniere stand die Bestimmung der Größe der Kernvolumina der Zona-glomerulosa-Zellen im Mittelpunkt. Dabei kam es zu einem Anstieg der Werte mit zunehmendem Alter der Tiere. Die gemessenen Zellkernvolumina der männlichen Tiere lagen

bei den juvenilen Tieren (männlich: $61,85 \mu\text{m}^3$; weiblich: $55,46 \mu\text{m}^3$) und bei den adulten Tieren (männlich: $68,68 \mu\text{m}^3$; weiblich: $61,43 \mu\text{m}^3$) stets über den der weiblichen Artgenossen. Ein statistisch gesicherter Unterschied ergab sich zwischen den weiblich juvenilen Katzen und den männlich adulten Katzen. Da in der Literatur keine Angaben über die Zellkernvolumina der Zona-glomerulosa-Zellen der Katze zu finden sind, konnten unsere Meßwerte nur mit den Werten anderer Tierarten verglichen werden. Auch bei NIETZ (1997), der Kaninchen untersuchte, konnte ein Anstieg der Zellkerngröße im Altersgang ermittelt werden. Er stellte einen signifikanten Unterschied zwischen den Jung- und den Altkaninchen fest. Im Gegensatz dazu beobachtete GENSICKE (1996) an Meerschweinchen ein Absinken der Zellkerngröße mit steigendem Alter. Er ging von einem mit dem Alter sinkenden Bedarf an Aldosteron aus und vermutete den Zusammenhang zu einem im Alter veränderten Blutdruck. Nach NIETZ (1997) sollte dieser direkte Vergleich aber vorsichtig erfolgen, da die von GENSICKE (1996) untersuchten Tiere adulte Meerschweinchen waren, und keine Vergleiche zwischen postnatalem, juvenilem und adultem Entwicklungsstadium angestellt wurden. Von BAMBAUER (1953) konnten bei Rindern keine Größenveränderungen der Glomerulosazellkerne während der Entwicklung beobachtet werden, aber im höheren Alter eine Zellkernverkleinerung. Auch von STARKE (1997) wurde bei Schafen mit steigendem Alter eine Zunahme der Zellkerngröße der glomerulären Endokrinozyten beschrieben, und sie konnte diese Diskrepanz ihrer Ergebnisse zu anderen Literaturangaben nicht erklären. Eine mögliche Erklärung war für sie die stärkere Östrogenwirkung bei adulten weiblichen Schafen gegenüber den Lämmern. Sie erwähnte die Angabe von MOSIMANN (1954), der als Folge einer Östrogenbehandlung eine Zunahme des Kernvolumens in der Zona glomerulosa beobachtete. Die Interpretation und Einordnung unseres Ergebnisses in die anderen Literaturangaben sollte vorsichtig erfolgen, da die Gruppeneinteilung bei uns die Katzen nur zwischen juvenilen Tieren und adulten Tieren trennte. Wir konnten also keine direkte Altersverlaufsstudie verfolgen. Man könnte aber wie NIETZ (1997) davon ausgehen, daß das mit steigendem Alter bemerkte Ansteigen der Zellkernvolumina auch mit einer Erhöhung des Blutvolumens und des Blutdruckes im Alter im direkten Zusammenhang stand. Das Geschlecht der Katzen hatte bei uns keinen Einfluß auf die Zellkerngröße der Zona-glomerulosa-Zellen. Diese Aussage wurde von verschiedenen Autoren bestätigt (DHOM et al., 1971; GENSICKE, 1996; STARKE, 1997). Andererseits fand SMOLLICH (1962b) kleinere Zellkerne bei männlichen Sumpfbibern und FREITAG (1985) bei männlichen Europäischen Hamstern und Dsungarischen Zwerghamstern. Zwischen den Stadt- und Landkatzen ergaben sich keine Unterschiede in der Größe der Zona-glomerulosa-Zellkerne.

Nach HARTROFT und HARTROFT (1955) wird empfohlen, zur Aktivitätsbeurteilung der Nebennierenrinde die Zonenbreite der Zona glomerulosa heranzuziehen. Die Autoren untersuchten Ratten und stellten bei ihren Versuchen fest, daß bei unterschiedlichem Salzgehalt in der Futterration eine Hypertrophie der Zona glomerulosa und eine Zellkernvergrößerung einsetzte. Nach SMOLLICH und MICHEL (1985) war ebenfalls die zonale Gliederung für die Aktivitätsbeurteilung der Nebennierenrinde interessant. Bei NIETZ (1997) war keine Trennung zwischen Zona fasciculata und Zona reticularis möglich, so daß beide Zonen zusammengefaßt wurden. So konnten Veränderungen der zonalen Gliederung der Nebennierenrinde nur als Veränderung des Anteils der Zona glomerulosa wiedergegeben werden. Bei den von uns untersuchten Katzen wurden ebenfalls die Zona fasciculata und Zona reticularis zusammengefaßt. Dabei lag der prozentuale Anteil der Zona glomerulosa an der Nebennierenrinde durchschnittlich bei 20,9 %. Dieser Wert lag über den Angaben von DEANE (1962), der Meerschweinchen untersuchte, und einen Anteil von 7 % feststellte. Bei NIETZ (1997) wurden durchschnittlich 19,57 % für Kaninchen ermittelt. Seine Daten lagen in der von uns gemessenen Größenordnung. NIETZ (1997) begründete diesen Unterschied zwischen den Werten der Meerschweinchen von DEANE (1962) und seinen Kaninchen mit den unterschiedlichen Altersangaben der Tiere. Seine Meßdaten über die Kaninchen bezogen sich auf juvenile und adulte Tiere, wobei DEANE (1962) nur Angaben über Alttiere veröffentlichte. Bei unseren Katzensgruppen konnte man eine Abnahme des prozentualen Anteils der Zona glomerulosa an der Nebennierenrinde mit steigendem Alter verzeichnen. Die Medianwerte der juvenilen Tiere unterschieden sich aber nicht signifikant von den adulten Tieren. Es konnte aber weder von einem Alters- noch von einem Geschlechtsunterschied gesprochen werden. Bei NIETZ (1997) wurde zwar ebenfalls ein Absinken des prozentualen Anteils der Zona glomerulosa mit zunehmendem Alter bemerkt, aber bei ihm konnte der Unterschied zwischen den Jungkaninchen und den Altkaninchen statistisch gesichert werden. Einen Geschlechtsunterschied konnte der Autor auch nicht notieren. In unserer Arbeit wurden auch noch Angaben zu den Flächenwerten der Nebennierenrindenabschnitte notiert und es konnte eine Zunahme der Mittelwerte der Zona-glomerulosa-Flächen von den Jungkatzen (männlich: 1,29 mm²; weiblich: 3,39 mm²) zu den Altkatzen (männlich: 3,45 mm²; weiblich: 4,60 mm²) festgestellt werden. Das gleiche Phänomen der Zunahme der Flächenwerte der Zona glomerulosa mit dem Alter und die Abnahme des prozentualen Anteils der Zona glomerulosa an Nebennierenrindenfläche wurde bei den Kaninchen von NIETZ (1997) beobachtet. Seine Erklärung dafür war eine allgemeine Zunahme der Gesamtnebenierenfläche. Er erwähnte dabei die Arbeiten von GRÜTZMANN (1967) sowie SMOLLICH und MICHEL (1985). In den

Aussagen dieser Autoren wurde eine Abnahme des prozentualen Anteils der Zona glomerulosa mit einer Steigerung der Nebennierenrindenleistung begründet, wobei eine Verbreiterung der Nebennierenrinde mit Verbreiterung der Zona fasciculata auf Kosten der anderen beiden Rindenzonen folgte. In der Abb. 33 wurden die Nebennierenflächen zusammengefaßt dargestellt. Deutlich erkannte man die größere Gesamtnebennierenfläche der weiblichen juvenilen und weiblich adulten Katzen gegenüber den männlichen Artgenossen. Im Gegensatz dazu standen die Werte der absoluten Nebennierenmassen. In beiden Altersgruppen lagen die Mittelwerte der Nebennierenmassen der männlichen Tiere über den Mittelwerten der weiblichen Tiere. Eine mögliche Erklärung dafür könnten voneinander abweichende Nebennierenformen zwischen den Geschlechtern sein. Bei den männlichen Katzen ist eher von einer kugelförmigen Nebenniere und bei den weiblichen Katzen von einer abgeplatteten Nebenniere auszugehen. Beim weiblichen Tier liegen in unmittelbarer Nähe der Nebenniere die Ovarien, die einen Einfluß auf die Form des Organs haben könnten. Dabei soll man vordergründig an eine Platzverdrängung und damit verbundene Formveränderung gedacht werden. Bei den weiblichen Katzen schien im Altersgang die Abplattung stärker zu werden, da alle Anteile der Nebennierenfläche deutlicher zunahmen als bei den männlichen Katzen. Bei adulten Kätzinnen könnten Trächtigkeiten diese Formveränderung unterstützen.

Die von mir aufgeführten Meßergebnisse der Nebenniere der Katze zeigten entsprechend den physiologischen Verhältnissen erkennbare Veränderungen. Es schien schwierig, die Resultate der Untersuchungen mit den anderen Literaturangaben zu vergleichen, da die Ergebnisse sehr unterschiedlich ausfielen und auch die Meßmethoden der verschiedenen Autoren voneinander abwichen. Die Funktion und Aktivität der Zona glomerulosa der Nebenniere der untersuchten Katzen waren nicht so starken Schwankungen unterworfen. Es ist auch schwierig, die unterschiedliche Herkunft, das Alter, Geschlecht, Kondition und pathologischen Einflüsse der Tiere so einzuordnen, daß eine eindeutige Interpretation der Ergebnisse möglich war.

4.3 Wertung der Ergebnisse im Komplex des Taurin-Mangels

Wie schon im Kapitel 3.1.1 beschrieben, wurde zur Beurteilung des Taurin-Status die Bestimmung der Taurin-Konzentration im Plasma herangezogen. Dabei war zu beachten, daß bei unseren Tieren nur eine einmalige Blutentnahme stattfand und zum größten Teil keine Information über die letzte Futteraufnahme der Katzen vorlag. So konnten MÜHLUM und MEYER (1989), die sich intensiv mit der Analytik von Taurin bei der Katze beschäftigten, feststellen, daß die individuellen Plasma-Taurin-Spiegel der Versuchstiere von Woche zu Woche

teilweise erheblich schwankten. Auch bei standardisierter Blutentnahmetechnik (nur kurzfristiges Stauen der Vene, Zusatz von Heparin als Antikoagulans, sofortige Zentrifugation der Blutproben) kam es zu Streuungen der Plasma-Taurin-Werte, so daß mindestens eine zweimalige Blutentnahme im Abstand von mehreren Tagen notwendig erschien, um aussagekräftige Werte zu erhalten. Die Beurteilung und Interpretation meiner Ergebnisse sollten also vorsichtig erfolgen.

Bei der Auswertung meiner Daten fielen bei den Tiergruppen, die sich nach Alter und Geschlecht der Tiere gliedern, deutlich höhere Werte der weiblichen Katzen (juvenil: 109,73 nmol/ ml; adult: 84,54 nmol/ ml) gegenüber den der männlichen Artgenossen (juvenil: 51,08 nmol/ ml; adult: 50, 16 nmol/ ml) auf. Der Geschlechtsunterschied konnte nicht statistisch gesichert werden. In der Literatur wurden dazu unterschiedlich Ergebnisse beschrieben. EARLE und SMITH (1992) stellten bei ihren Forschungen über den Zusatz von Cysteinsäure mit dem Futter und dessen Einfluß auf den Plasma-Taurin-Gehalt fest, daß die weiblichen Katzen durchschnittlich höhere Werte zeigten als die männlichen Versuchstiere. TRAUTWEIN und HAYES (1992) untersuchten den Einfluß von Aminosäuren auf den Taurin-Stoffwechsel der Katze und befundeten ebenfalls bei den weiblichen Tieren höhere Plasma-Taurin-Werte. Dagegen konnte KATTINGER (1997) bei kardiologischen Untersuchungen an Katzen mit Kardiomyopathie keine geschlechtsspezifischen Unterschiede hinsichtlich der Taurin-Werte im Plasma erkennen. FELGNER (1999), die auch keine Erklärung für diese geschlechtsspezifischen Unterschiede in der Literatur fand, vermutete, daß der Taurin-Status und entsprechend der Taurin-Stoffwechsel bei den weiblichen Katzen den erhöhten Anforderungen im Fortpflanzungsgeschehen angepaßt sei. Nach STURMAN et al. (1986); STURMAN (1986); HAYES und TRAUTWEIN (1989) hat Taurin einen großen Einfluß in der Reproduktion der Tiere, da bei Muttertieren mit schwerem Taurin-Mangel ein vermehrtes intrauterines Absterben zu beobachten war. Überlebende Welpen zeigten zentralnervöse Störungen in Form von motorischen Störungen, extremer Spreizstellung der Beckengliedmaßen oder eine insgesamt schlechte Entwicklung. Man könnte also auf einen größeren Einfluß der Plasma-Taurin-Werte bei weiblichen Katzen gegenüber männlichen Tieren schließen.

Wir wissen, daß der Plasma-Taurin-Gehalt starken individuellen Schwankungen unterliegt (BURGER und EARLE, 1992), aber bei der Betrachtung unserer Ergebnisse hinsichtlich der Herkunft der Katzen konnten deutlich unterschiedliche Ergebnisse ermittelt werden. Die Mittelwerte der Stadttiere (juvenil: 104,26 nmol/ml; adult: 80,37 nmol/ml) lagen über den Mittelwerten der Landtiere (juvenil: 74,28 nmol/ml; adult: 62,92 nmol/ml). Der festgestellte Unterschied ließ sich statistisch allerdings nicht sichern. Es schien aber möglich, eine direkte

Beziehung zwischen den unterschiedlichen Haltungs- und Ernährungsbedingungen der Katzen und dem Plasma-Taurin-Gehalt herzustellen. Es war der Autorin bekannt, daß die Stadtkatzen mit überwiegend kommerziellem Katzenfutter ernährt wurden und somit die durchschnittlichen Plasma-Taurin-Werte mit den von HAYES und TRAUTWEIN (1989) angegebenen Normwerten von 50-120 nmol/ml übereinstimmten. Bei den Landtieren lagen die Mediane (juvenil: 41,65 nmol/ml; adult: 35,75 nmol/ml) deutlich unter diesem Bereich. Diese Tiere ernährten sich hauptsächlich von Kuhmilch, Küchenabfällen z.B. Kartoffeln und Beutetieren. Man konnte also leicht daraus schlußfolgern, daß diese Katzen aus der Nahrung nicht ihren täglichen Taurin-Bedarf deckten, da bekannt ist, daß Kuhmilch und Eier nur wenig oder praktisch kein Taurin enthalten (PASANTES-MORALES et al., 1989; ERBERSDOBLER und TRAUTWEIN, 1984). Auch in Getreide ist kein Taurin zu finden (HAYES und TRAUTWEIN, 1989; PASANTES-MORALES et al., 1989). Bei einzelnen Stadtkatzen konnten sehr niedrige Plasma-Taurin-Werte abgelesen werden, die auch mit einer gestörten Nierenfunktion zusammenhängen könnten. Für die Rückresorption von Taurin existiert im proximalen Nierentubulus ein sekundär aktiver Mechanismus in der Bürstensaummembran (ROZEN et al.; 1979 WOLFF und KINNE, 1988; ZELIKOVIC et al., 1989). Die Niere hat somit die Möglichkeit, den Taurin-Gehalt in gewissem Umfang zu regulieren (ZELIKOVIC et al., 1989; CHESNEY et al., 1983; 1985; 1989; CHESNEY, 1986). Bei Veränderungen an den Nierentubuli, ist somit eine ungestörte Taurin-Rückresorption nicht mehr möglich.

Bei den von uns untersuchten Tieren waren keine korrelativen Beziehungen zwischen den Plasma-Taurin-Werten und den makroskopischen und mikroskopischen Nieren- und Nebennierenparametern zu finden. Von BURGER und EARLE (1992) wurde im Zusammenhang mit dem Taurin-Mangel eine Abnahme der Nierenmasse und eine Atrophie der Nierenrinde beschrieben. Bei meinen Untersuchungen waren keine Tendenzen in dieser Richtung zu erkennen.

4.4 Korrelative Betrachtung

Es wurden Korrelationsanalysen zwischen den makroskopisch- und mikroskopisch-anatomischen ermittelten Parametern durchgeführt. Dabei konnten zwischen der Körpermasse, der Scheitel-Steiß-Länge, der absoluten Nierenmasse und der absoluten Nebennierenmasse mittlere bis starke positive Korrelationen beschrieben werden. So wurde von KLATT (1919) bemerkt, daß bei gesunden Individuen der gleichen Spezies und unter ähnlichen Umwelt- und Ernährungsbedingungen enge korrelative Beziehungen zwischen der Körpermasse und den

Organmassen bestehen. Neben unseren Ergebnissen wurden auch von verschiedenen Autoren die engen Beziehungen zwischen der Körper- und der absoluten Nierenmasse beschrieben (HAGEMANN, 1986; KOCK, 1990; NIETZ, 1997). Andererseits wurden von MÖLLER (1994) negative korrelative Beziehungen zwischen Körper- und absoluter Nierenmasse ermittelt. GENSICKE (1996) konnte keine signifikante Beziehung zwischen diesen beiden Parametern beobachten. Zu dem Zusammenhang zwischen der absoluten Nebennierenmasse und der Körpermasse finden wir in der Literatur ebenfalls unterschiedliche Aussagen. Von KIBLAR, BERGMANN und TURNER (1943); BERG et al. (1976); NIETZ (1997) wurden positive Korrelationen zwischen der absoluten Nebennierenmasse und der Körpermasse ermittelt. GENSICKE (1996) fand auch hier keine signifikante Beziehung. Die von uns ermittelten negativen Korrelationskoeffizienten zwischen den relativen Massen der Niere und der Körpermasse deckte sich mit den Angaben von BERG, et al. (1976); KOCK (1990) und NIETZ (1997). Die relative Nebennierenmasse und Körpermasse korrelierten ebenfalls negativ miteinander und KIBLAR, BERGMANN und TURNER (1943); BERG et al. (1976) beschrieben diese Beziehung in ihren Arbeiten. Bei NIETZ (1997) korrelierten diese beiden Parameter nicht miteinander. Er schlußfolgerte daraus, daß die relativen Nebennierenmassen bei den untersuchten Kaninchen nur bis zum 4. Monat fielen und dann wieder anstiegen.

In den weiteren durchgeführten Korrelationsanalysen zwischen der absoluten Nierenmasse und der Größe der Glomeruli bestanden mittlere bis starke positive Zusammenhänge. Dabei konnten die voneinander abhängigen Veränderungen während des Nierenwachstums dargestellt werden. Diese engen Beziehungen spiegelten sich auch in den Resultaten von POTHMANN (1981); HAGEMANN (1986); KOCK (1990); MÖLLER (1994); NIETZ (1997) wider. Bei GENSICKE (1996) fehlten die korrelativen Beziehungen zwischen den makroskopischen und mikroskopischen Nierenparametern. Die Dichte der Glomeruli verhielt sich in der subkapsulären Zonen der Niere mittelgradig negativ zur Glomeruligröße und der Nierenmasse. KOCK (1990), MÖLLER (1994) und NIETZ (1997) ermittelten sogar für diese Zone eine starke negative Korrelation zwischen der Dichte der Nierenkörperchen und der Nierenmasse. NIETZ (1997) erklärte, daß die Beziehung der Parameter in dieser Zone der Nierenrinde aussagekräftiger sei als in der juxtamedullären Zone, da etwa 74 % der Nierenkörperchen subkapsulär liegen. WAGNER (1997) konnte bei Kälbern eine ähnliche Tendenz für diese Beziehung feststellen, die sich statistisch nicht sichern ließ. GENSICKE (1996) konnte keinen Zusammenhang zwischen der Nierenmasse und der Dichte der Glomeruli ermitteln, aber zwischen der Dichte der Glomeruli und der Körpermasse.

Zwischen den makroskopischen und mikroskopischen Nebennierenparametern ergaben sich keine signifikanten Korrelationen. Dabei konnten dazu unterschiedliche Ergebnisse in der Literatur gefunden werden. GENSICKE (1996), STARKE (1997) stellte keine Korrelation zwischen der Größe der Zona-glomerulosa-Zellen und der Nebennierenmasse fest. Bei NIETZ (1997) bestand sogar eine starke signifikante Beziehung zwischen den untersuchten Parametern. Bei den von uns untersuchten Katzen zeigte sich zwar eine leichte positive Tendenz zwischen beiden Parametern, die sich statistisch aber nicht sichern ließ. Auffällig bei den untersuchten Katzen war die sich in der Tendenz negativ zeigende, aber statistisch nicht gesicherte Beziehung zwischen der Größe der Zona-gomerulosa-Zellen und dem prozentualen Anteil der Zona glomerulosa an der Nebennierenrinde. Man konnte also ein leichtes Wachstum der Zellkerne und eine Abnahme des prozentualen Anteils der Zona glomerulosa mit dem Alter erkennen. Auch NIETZ (1997) ermittelte eine statistisch gesicherte mittlere negative Korrelation zwischen beiden mikroskopischen Nebennierenparametern.

Zwischen den mikroskopischen Parametern der Niere und Nebenniere konnten keine Beziehungen festgestellt werden. Dem entgegen standen wieder die Aussagen von NIETZ (1997), der zwischen der Größe der Zona-glomerulosa-Zellkerne und der Glomerulusfläche in beiden Nierenrindenregionen eine starke positive Korrelation ermittelte. Dabei bemerkte der Autor, daß eine Leistungssteigerung der Zona-glomerulosa-Zellen und eine Erhöhung des Blutdrucks und des Blutvolumens eine Vergrößerung der filtrierenden Oberfläche der Niere zur Folge hat.

Ein weiteres Anliegen meiner Untersuchungen war festzustellen, ob irgendwelche korrelativen Beziehungen zwischen den ermittelten makroskopischen und mikroskopischen Nieren- und Nebennierenparametern und dem Plasma-Taurin-Gehalt im Blut vorlagen. Dabei konnten keine Zusammenhänge zwischen den untersuchten Merkmalen und dem Plasma-Taurin festgestellt werden.

Aus verschiedenen Arbeiten, die sich z.B. mit dem Blutdruckgeschehen beschäftigen, ist bekannt, daß enge Beziehungen zwischen den makroskopisch- und mikroskopisch-anatomischen Parametern von Niere, Nebenniere und dem Herzen bestehen. Bei Untersuchungen an Schweinen von MÖLLER (1994) wurden positive Korrelationen zwischen der Nieren- und Herzmasse festgestellt. So konnte von KRANZ und FUHRMANN (1975) ein starker Zusammenhang zwischen Nierentätigkeit und Bindegewebsgehalt des Herzens ermittelt werden. Nach der einseitigen Nephrektomie bei Mäusen wurde bereits einen Tag später eine DNS-Neubildung und mitotische Kernteilungen in den Herzbindegewebszellen beobachtet. Auch bei den von NIETZ (1997) untersuchten Kaninchen

bestanden mittlere positive Korrelationen zwischen der Herzmuskelzellkerngröße der linken Kammerwand und dem Bindegewebsgehalt der beiden Kammerwände und den Nierenkörperchengrößen der subkapsulären und juxtamedullären Nierenrindenregion. Bei STARKE (1997) wurden an Schafen positive Korrelationen zwischen dem intramyokardialen Bindegewebe der Kammerwände und der Größe der Nierenkörperchen ermittelt.

Zwischen ausgewählten Nebennieren- und Herzparametern wurden in den verschiedenen Arbeiten unterschiedliche korrelative Beziehungen beschrieben. Bei Kaninchen von NIETZ (1997) konnte eine mittlere positive Korrelation zwischen der Größe der Zona-glomerulosa-Zellkerne und der Kardiomyozytengröße der linken Kammerwand und dem Bindegewebsgehalt der beiden Kammerwände festgestellt werden. Der Anteil der Zona glomerulosa an der Nebennierenrinde korrelierte bei diesen Tieren negativ mit der Kardiomyozytengröße und dem Bindegewebsgehalt der beiden Kammerwände. Andererseits ermittelte GENSICKE (1996) eine stark negative Korrelation zwischen Herzmuskelzellkernvolumina der linken Kammerwand und dem Zellkernvolumen der Zona-glomerulosa-Zellen. Diese Fakten veranlaßten die Autorin, eine mögliche Beziehung zu den von FELGNER (1999) am gleichen Katzenmaterial durchgeführten histomorphologischen Untersuchungen des Herzens, zu suchen. FELGNER (1999) fand bei 51 Tieren entsprechend den physiologischen Wachstumsprozessen eine Zunahme der absoluten Herzmasse, eine Zunahme der Myozytenquerschnittsfläche und der Nichtmyozytenkerne im Alter. Die Autorin bemerkte, daß ihre Form der Zählung der Nichtmyozytenkerne eine indirekte Form der Bindegewebsbestimmung darstellt, da zu den Nichtmyozyten neben den Fibroblasten auch Endothelzellen, Entzündungszellen und glatte Muskelzellen zählen. Es konnten aber im Zusammenhang mit dem Taurin-Gehalt im Plasma keinerlei Abhängigkeiten zwischen makroskopisch- bzw. mikroskopisch-anatomischen Herzparametern nachgewiesen werden.

Zwischen der Nieren- und Herzmasse konnte eine mittlere bis starke positive Korrelation ermittelt werden, welches auch den Beobachtungen von BERG et al. (1976), MÖLLER (1994) und NIETZ (1997) entsprach. Es konnte in der Gruppe der weiblich juvenilen Katzen eine mittlere positive Beziehung zwischen der Myozytenquerschnittsfläche der linken Ventrikelwand und der subkapsulären Glomerulifläche der Niere erkannt werden. Bei den weiblich adulten Katzen konnte eine mittlere positive Korrelation zwischen der Anzahl der Nichtmyozytenkerne und der subkapsulären Glomerulusfläche abgelesen werden. In den anderen Gruppen zeigten sich nur Tendenzen, die sich statistisch nicht sichern ließen. Zu vergleichbaren und schon im Text erwähnten Ergebnissen kamen auch STARKE (1997) und NIETZ (1997). Abschließend kann gesagt werden, daß zwischen den physiologischen

Regulierungsmechanismen der Niere und der Aufrechterhaltung des Blutdruckes eine enge nicht zu trennende Beziehung besteht.

5 Zusammenfassung

Es wurden von 52 Europäischen Kurzhaarkatzen unterschiedlichen Alters und Geschlechts makroskopisch- und mikroskopisch-anatomisch die Nieren und Nebennieren untersucht. Die Einteilung der Gruppen erfolgte nach dem Alter, Geschlecht und nach der Herkunft der Tiere. Die Körpermasse, die absolute Organmasse der Niere, Nebenniere und die Scheitel-Steiß-Längen der Tiere nahmen mit steigendem Alter zu. Die Gruppenunterschiede konnten nur zwischen juvenilen und adulten Katzen statistisch gesichert werden. Es ergaben sich keine signifikanten Geschlechtsunterschiede. Die relative Organmasse der Niere und Nebenniere nahm mit steigendem Alter ab. Die Stadtkatzen hatten größere Körper- und Organmassen als die Landkatzen.

Es bestand eine sehr enge Korrelation zwischen den Glomeruli- und Nierenkörperchenflächen. Entsprechend den physiologischen Wachstumsprozessen nahmen die Glomeruli- und Nierenkörperchengröße sowie der Abstand der zehn kapselständigsten Nierenkörperchen zur Nierenkapsel im Altersgang zu. Die Glomerulidichte sank mit steigendem Alter ab. Die Unterschiede zwischen den juvenilen und adulten Katzen wurden statistisch gesichert. Signifikante Geschlechts- und Herkunftsunterschiede wurden nicht nachgewiesen. Die Glomeruli bzw. Nierenkörperchen waren in der subkapsulären Zone signifikant kleiner als in der juxtamedullären Zone. Der Glomerulusindex stieg mit dem Alter nur geringfügig an. Es wurde kein signifikanter Alters- und Geschlechtsunterschied ermittelt. Die Breite der Nierenrinde nahm im Altersgang zu und bei den adulten Tieren ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen männlichen und weiblichen Katzen.

Die Zellkerngröße der Zona-glomerulosa-Zellen nahm mit steigendem Alter zu und der prozentuale Anteil der Zona glomerulosa ab. Es ergaben sich keine Alters-, Geschlechts- und Herkunftsunterschiede.

Zwischen der Körpermasse und den Organmassen ergaben sich mittlere bis starke positive Korrelationen. Die Nierenkörperchengröße korrelierte positiv mit der Nierenmasse und die Glomerulidichte negativ. Keine signifikante Korrelation bestand zwischen den makroskopischen und mikroskopischen Nebennierenparametern.

Die Bestimmung des Plasma-Taurin-Gehaltes ergab bei den Stadtkatzen höhere Medianwerte als bei den Landkatzen. Bemerkenswert waren auch die höheren Plasma-Taurin-Werte der weiblichen Tiere gegenüber den männlichen Tieren. Es bestand aber keine korrelative Beziehung zu den makroskopischen und mikroskopischen Nieren- und Nebennierenparametern.

6 Summary

Quantitative- and qualitative-morphological examinations of kidneys and adrenal glands in different groups of age under special consideration of plasma taurine content

This study presents the results of gross and microscopic anatomic examinations of the kidneys and adrenal glands of 52 cats belonging to the breed of European Shorthair with different age and gender. The animals were classified according to age, gender and origin. Body mass, the absolute organ mass of the kidneys, the adrenal glands and the crown-rump-length increased with growing age. Group differences could be statistically secured only between juvenile and adult cats. Significant differences according to gender were not found. The relative organ mass of kidneys and adrenal glands decreased with growing age. The body and organ mass of cats from urban areas was higher than that of cats from rural areas.

The author found a close correlation between the size of the glomeruli and that of the renal corpuscles. With growing age increased the size of the glomeruli and of the renal corpuscles as well as the distance between the capsule and the ten renal corpuscles which are closest to the perinephric capsule. The density of the glomeruli decreased with growing age. The differences between the juvenile and the adult cats were statistically secured. No significant differences were found between gender and origin. The glomeruli and, respectively, the renal corpuscles are significantly smaller in the subcapsular zone than in the juxtamedullary zone. The glomerular index increased only slightly with growing age. No significant difference was found for age and gender. The thickness of the renal cortex increased with age and the author found in adults animals a significant difference between male and female cats.

The size of the cells in the zona glomerulosa increased with growing age and the ratio of the zone glomerulosa decreased. The author found no differences according to age, gender and origin.

The author found medium to highly positive correlations between body mass and the organ masses. The size of the renal corpuscles had a positive correlation to kidney mass whereas the correlation between the density of the glomeruli and kidney mass was negativ. The correlation between the macroscopic and the microscopic parameters of the adrenal gland was not significant.

Cats from urban areas were found to have a higher plasma taurine content than the cats from rural areas. The fact that female animals had a higher plasma taurine content than the male

cats was remarkable, too. However, it did not have a correlation to the macroscopic and the microscopic parameters of the kidneys and the adrenal glands.

7 Literaturverzeichnis

AHRVI, K. (1966): Histochemical and electron microscopic studies of the cells of the rats adrenal cortex in tissue culture.
Acta. endocrinolog., suppl. 108, Helsinki

ARATAKI, M. (1926): On the post-natal growth of the kidney with special reference to the number and size of the glomeruli.
Am. J. Anat. 36, 399-436

ARNOLD, J. (1866): Ein Beitrag zu der feineren Struktur und dem Chemismus der Nebennieren.
Virchows Arch. 35, 64-107

BACHMANN, R. (1941): Nebennierenstudien.
Erg. Anat. 33, 31-134

BAMBAUER, S. (1953): Histologische und histochemische Untersuchungen über die Altersveränderungen und Geschlechtsunterschiede in der Nebenniere des Rindes.
Vet. med. Diss. München

BARGMANN, W. (1978): Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen, 7. Band: Harn- und Geschlechtsapparat, 5. Teil: Niere und ableitende Harnwege.
Springer, Berlin- Heidelberg- New York

BARONE, R., BACQUES, C. (1953): Les glandes surrénales des équides domestiques.
Société de Sciences Vét. de Lyon, 1-23

BAXTER, J.S.; YOFFEY, J.M. (1948): The postnatal development of renal tubules in the rat.
J. Anat. 82, 189-197

BENITZ, K.P.; MORASKI, R.M.; CUMMINGS, J.R. (1961): Relation of heart weight, ventricular ratio and kidney weight to body weight and arterial blood pressure in normal and hypertensive rats.
Lab. Invest. 10, 934-946

BENNET, H.S. (1940): The life history and secretion of the cells of the adrenal cortex of the cat.
Amer. J. Anat. 67, 151-227

BERG, R.; GREGOR, G.; FABER, D. (1976): Quantitative morphologische Untersuchungen an einigen Organen des Miniaturschweines MINI-LEWE.
Arch. Exp. Vet. Med. 30, 823-834

BERNET, A. (1972): Vergleichende histomorphologische Untersuchungen an Nebennieren von 36 Haus- und Wildwiederkäuern (Ruminata SCOPOL, 1777)
Vet. med. Diss. Gießen

BEUSTER, A. (1972): Zur mikroskopischen Anatomie der Nebenniere von *Capreolu capreolus* unter besonderer Berücksichtigung des Sexualdimorphismus und der jahresrhythmischen Morphokinese der Nebenniere.
Vet. med. Diss. HU Berlin

BLOOM, W; FAWCETT, D.W. (1975): A Textbook of Histology., 10. Edition
W.B. Saunders Company

BONVALET, J.P.; CHAMPION, A.; COURTALON, N.; FARMAN, A.; VANDERWALLE, A; WANSTOCK, F. (1977): Number of Glomeruli in normal and hypertrophied kidneys of mice and guinea pigs.
J. Physiol. 269, 627-641

BRANDWIE, J. (1987): Untersuchungen zum Geschlechtsdimorphismus nierenmorphologischer und -histometrischer Merkmale beim juvenilen Goldhamster (*Mesocricetus auratus*).
Vet. med. Diss. Hannover

BRODIE, T.T. (1914): A new conception of the glomerular function.
Proc. Soc. London, 87, Ser. B

BURGER, I.; EARLE, K. (1992): Erkenntnisse über Taurin.
Walth. Inter. Focus 2, 9-13

BUSCH, R. (1988): Histometrische und histopathologische Charakterisierung altersabhängiger Nierenveränderungen an den Malpighischen Körperchen bei zwei Stämmen des Syrischen Goldhamsters (*Mesocricetus auratus* W.)
Vet. med. Diss. Gießen

CAMPBELL, J.H.; CALVERLAY, P.M.; LAMB, D.; FLENLEY, D.C. (1982): The renal glomerulus in hypoxic cor pulmonale.
Thorax 37, 607-611

CATER, D.B.; LEVER, J.D. (1954): The zona intermedia of the adrenal cortex. A correlation of possible functional significance with development, morphology and histochemistry.
J. Anat. 88, 437-454

CHAPMAN, G.E.; GREENWOOD, C.E. (1988): Taurine in nutrition and brain development.
Nutr. Res. 8, 955-968

CHESNEY, R.W. (1986): Taurine: its biological role and clinical implications.
Adv. Pediatr. 32, 1-42

CHESNEY, R.W.; GUSOWSKI, N.; FRIEDMAN, A.L. (1983): Renal adaptation to altered dietary sulfur amino acid intake occurs at luminal brushborder membrane.
Kidney Int. 24, 588-594

CHESNEY, R.W.; GUSOWSKI, N.; DABBAGH, S. (1985): Renal cortex taurine content regulates renal adaptive response to altered dietary intake of sulfur amino acids.
J. Clin. Invest. 76, 2213-2221

CHESNEY, R.W.; JOLLY, K.; ZELIKOVIC, I.; IWAHAHI, C.; LOHSTROH, P. (1989): Increased Na⁺-taurine symporter in rat renal brush border membranes: preformed or newly synthesized?
FASEB J. 3, 2081-2085

CRAMER, W. (1926): Fever, infections and the thyreoid - adrenal apparatus.
Brit. J. Exp. Path. 7, 95-110

CROWELL, W.A.; LEININGER, J.R. (1976): Feline glomeruli: morphologic comparisons in normal, autolytic, and diseased kidneys.
Am. J. vet. Res. 37, 1075-1079

DEANE, H.W. (1962): The anatomy, chemistry and physiology of adrencortical tissue. In: Handbuch der experimentellen Pharmakologie (Eichler O., Fahra A. eds.) vol. 16/1
Springer, Berlin

DHOM, G., v. SEEBACH, H.B., STEPHAN, G. (1971): Der Geschlechtsdimorphismus der Nebennierenrinde der Ratte. Lichtmikroskopische und histometrische Untersuchungen.
Z. Zellforsch. 116, 119-135

DOBBERSTEIN, J. (1957): Richtlinien für die Sektion der Haustiere.
Parey Berlin, Hamburg

DRESCHER, H.-E. (1974): Die Körper- und Organproportionierung freilebender und domestizierter Mustelidae (Carnivora).
Diss. Kiel

EARLE, K.E.; SMITH, P.M. (1992): The effect of dietary supplementation with cysteic acid on the plasma taurine concentration of cats maintained on taurine-restricted diet.
In: LOMBARDINI, J.B. et al., ed.: Taurine
Plenum Press, New York

EISENBRANDT, D.L.; PHEMISTER, R.D. (1979): Postnatal development of the canine kidney: quantitative and qualitative morphology.
Am. J. Anat. 154, 179-194

EISENBRANDT, D.L.; PHEMISTER, R.D. (1980): Counting renal corpuscles in tissue sections.

Virch. Arch. (Cell Path.) 32: 177-184

ELLIOT, T.R.; TUCKET, I.L. (1906): The cortex and medulla in the suprarenal glands.

J. of Physiol. 34, 332-369

ELLIS, P.A. (1961): Renal enlargement in chronic cor pulmonale.

J. Clin. Path. 14, 552-556

ERBERSDOBLER, H.F.; TRAUTWEIN, E.A. (1984): Determination of taurine in human milk cows milk and some milk products.

Milchwissenschaft 39, 722-724

ERBINGER, P. (1972): Vergleichend-quantitative Untersuchungen an Wild- und Laborratten.

Z. Tierzüchtg. Züchtungsbiol. 89, 34-57

EZILIUS, J.W. (1990): Morphogenetische Analyse normaler Glomerula bzw. Nierenkörperchen von Hunden verschiedenen Alters, Geschlechts und unterschiedlicher Rasse.

Vet. med. Diss. Hannover

FELGNER, C. (1999): **Quantitativ- und qualitativ-morphologische Untersuchungen an Herzen von Katzen im Altersgang und unter Berücksichtigung des Plasma-Taurin-Gehaltes.**

Vet. med. Diss. FU Berlin

FINCO, D.R.; DUNCAN, J.R. (1972): Relationship of glomerular number and diameter to body size of the dog.

Am. J. vet. Res. 33, 2447-2450

FINKE, B. (1988): Die Abhängigkeit des Blutdruckes von der Anzahl oberflächlicher Glomeruli bei der MWF/ ZTM-Ratte.

Vet. Med. Diss. Hannover

FISCHER, I.; INKE, G. (1956): Nomogramme zur Berechnung des Kernvolumens.

Acta morph. Acad. Sci Hung. 7: 141-165

FOX, P.R.; TRAUTWEIN, E.A.; HAYES, K.C.; BOND, B.R.; SISSON, D.D.; MOISE, N.S. (1993): Comparison of taurine, α -tocopherol, retinol, selenium, and total triglycerides and cholesterol concentrations in cats with cardiac disease and in healthy cats.

Am. J. Vet. Res. 54, 563-569

FRANKE, P (1985): Histometrische Untersuchungen an den Nieren bei vier Hamsterarten.

Vet. med. Diss. Hannover

FREITAG, M. (1985): Histometrische Untersuchungen an den Schilddrüsen und Nebennierenrinden bei vier Hamsterarten.

Vet. med. Diss. Hannover

GENSICKE, T. (1996): Quantitativ-morphologische Untersuchungen an Herzen, Nieren und Nebennieren von normalen Meerschweinchen im Altersgang.
Vet. med. Diss. FU Berlin

GRÜBEL, T. (1990): Morphologische Untersuchungen an Herzen von Meerschweinchen unter besonderer Berücksichtigung der familiären Zugehörigkeit der Tiere sowie einer Laufbelastung.
Vet. med. Dipl. Arbeit HU Berlin

GRÜTZMANN, W.M. (1976): zit. bei NIETZ (1997)

GUNTER, L. (1986): Histometrische Untersuchungen an den Nieren von 10 verschiedenen Ratteninzuchtstämmen.
Vet. med. Diss. Hannover

HACKBART, H.; BUCHHOLZ, CH., FRANKE, P., GUNTER, L.; TAPKEN, H.; MESSOW, C. (1987): Vergleichende histometrische Untersuchungen zur Größe der Nierenglomeruli bei Maus, Ratte und Hamster.
Dtsch. tierärztliche Wochenschr. 94, 58-61

HAGEMANN, I. (1986): Histometrische Untersuchungen zur Vererbung oberflächlicher Nierenkörperchen bei der MWF/Ztm Ratte.
Vet. med. Diss. Hannover

HARIDSON, W.G.M.; WOOD, C.A.; PROFFITT, J.H. (1977): Quantification of taurine synthesis in the intact rat and cat liver.
Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 155, 55-58

HARTROFT, P.M.; HARTROFT, W.S. (1955): Studies on renal juxtaglomerular cells
II. Correlation of the degree of granulation of juxtaglomerular cells with the width of the zona glomerulosa of the adrenal cortex
J. exp. Med. 102, 205-213

HATAI, S. (1913/14): On the weights of the abdominal and thoracic viscera, sex glands, ductless glands and the eyeballs of the albino rat (*mus norvegicus albinus*) according to body weight.
Amer. J. Anat. 15, 87-119.

HAUSMANN, D. (1989): Quantitative anatomische Untersuchungen an Herzen von Schwerfurter Mastschweinhybriden.
Vet. Med. Diss. HU Berlin

HAYES, K.C. (1988): Taurine nutrition.
Nutr. Res. Rev. 1, 99-113

HAYES, K.C.; RABIN, A.R.; BERSON, E.L. (1975): An ultrastructural study of nutritionally induced and reversed retinal degeneration in cats
Am. J. Pathol. 78, 505-515

HAYES, K. C.; STURMAN, J.A. (1981): Taurine in metabolism.
Ann. Rev. Nutr. 1, 401-425

HAYES, K.C.; TRAUTWEIN, E.A. (1989): Taurine deficiency syndrome in cats.
Small Anim. Pract. 19, 403-413

HÖRMEYER, M.E. (1978): Stammesspezifische Unterschiede im Vorkommen des parietalen Epithels der Bowmanschen Kapsel in der Niere bei Mäusen.
Vet. med. Diss. Hannover

HOLLATZ, W. (1922): Das Massenverhältnis von Rinde zu Mark in der Niere des Menschen und einiger Säugetiere und seine Bedeutung für die Nierenform.
Z. Anat. 65, 482-494

HOLTKAMP- ENDEMANN, G. (1974): Vergleichende quantitative Untersuchungen an Nebennieren bei Wild- und Laborratten.
Vet. med. Diss. Hannover

HUXTABLE, R.J. (1978): Regulation of taurine in the heart.
In: A. Barbeau und R.J. Huxtable (Hrsg.): Taurine and neurological disorders.
New York: Raven Press, S. 5-17

HUXTABLE, R.J. (1982): Physiochemical properties of taurine.
In: R.J. Huxtable und Pasantes-Morales (Hrsg.): Taurine in nutrition and neurology.
New York, London: Plenum Press, S. 1-4

HUXTABLE, R.J. (1989): Taurine in the central nervous system and the mammalian actions of taurine.
Prog. Neurobiol. 32, 471-533

JACKSON, C.M. (1913/14): Postnatal growth and variability of the body and of the various organs in the albino rat.
Amer. J. Anat. 15, 1-68.

JACOBSEN, J.G.; SMITH, Jr.L.H. (1968): Biochemistry and physiology of taurine and taurine derivatives.
Physiol. Rev. 48, 424-511

JARCK, D. (1981): Histometrische Untersuchungen zur Verteilung der Nierenkörperchen bei Ratten des Stammes MWF/Ztm und LEW/Ztm.
Vet. med. Diss. Hannover

JERUSALEM, C. (1963): Untersuchungen zur kompensatorischen Nierenhypertrophie: über Größenveränderungen der Nierenzonen und des Nephrons in der kompensatorisch hypertrophierten Rattenniere.
Z. Anat. Entwicklungsgesch. 123, 557-576

KANGALOO, M. (1977): Der Alters- und Geschlechtseinfluß auf morphometrische Parameter des glomerulären Apparates der Niere bei der BALB/cHan- Maus.
Vet. med. Diss. Hannover

KATTINGER, P. (1997): Kardiologische Untersuchungen an Katzen mit Kardiomyopathien unter Berücksichtigung des Plasmataurinpiegels.
Vet. med. Diss. FU Berlin

KAUFMANN, K. (1990): Vergleichende quantitative, morphologische Untersuchungen der Nierenkörperchen von Ratten des Stammes MWF/Ztm und WC/Ztm.
Vet. med. Diss. Hannover

KEARNS, R.J.; SUNVOLD, G.D. (1996): Microbial degradation of taurine and taurocholic acid.
J. Vet. Int. Med. 10, 176

KIBLAR, H.H.; BERGMANN, A.J.; TURNER, C.W. (1943): Relation of certain endocrine glands to body weight in growing and mature New Zealand rabbits.
Endocrinology 33, 250-256

KLATT, B. (1919): Zur Methodik vergleichender metrischer Untersuchungen, besonders des Herzgewichts.
Biol. Zbl. 39, 406

KLATT, B.; VORSTEHER, H. (1923): Studien zum Domestikationsproblem II.
Bibliotheka genetica, 6, Leipzig

KLEIN, D.C.; WHEELER, G.H.T.; WELLER, J.L. (1983): Taurine in pineal gland.
Prog. Clin. Biol. Res. 125, 169-181

KNOBIL, E. (1953): Effects of hypophysectomy, ACTH, cortisone and estradiol on the β - glucuronidase activity of the adrenal gland in the rat.
Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 83, 769-770

KNOPF, K.; STURMAN, J.A.; ARMSTONG, M.; HAYES, K.C. (1978): Taurine: an essential nutrient for the cat.
J. Nutr. 108, 773-778

KOCH, T.; BERG, R. (1985): Lehrbuch der Veterinär-Anatomie. Band 3: Die großen Versorgungs- und Steuerungssysteme.
5. Aufl., Gustav Fischer Jena

KOCH, T.; BERG, R. (1990): Lehrbuch der Veterinär-Anatomie, Band. 2: Eingeweidelehre.
4. Aufl., Fischer Jena, Stuttgart

KOCK, M. (1990): Vergleichende Morphologie der Niere (Gravimetrie und Histometrie) bei fünf Kaninchen-Rassen unterschiedlichen Gewichts.
Vet. med. Diss. Hannover

KOLB, E. (1989): Lehrbuch der Physiologie der Haustiere.
Fischer, Stuttgart, New York

KOVAC, L.; SIDOR, V. (1973): zitiert bei STARKE (1997)

KRACHT, J. (1963): Experimentelle Pathologie der Nebenniere bei Laboratoriumstieren.
MH Vet. Med. 18, 520

KRACHT, J.; SPAETHE, M. (1953): Über Wechselbeziehungen zwischen Schilddrüse und Nebennierenrinde.
3. Mitt.
Virchows Arch. pathol. Anat. 324, 84-109

KRANZ, D.; FUHRMANN, I. (1975): Das Anpassungswachstum des Herzens nach einseitiger Nephrektomie.
Dt. Gesundheitswesen 30, 648-650

KRITZ, W. (1973): Gefäß- und Kanälchenarchitektonik der Niere.
Anat. Anz. 134 (Ergh): 21-36

KÜLZ, L. (1899): Untersuchungen über das postfötale Wachstum der menschlichen Niere.
Beitr. Path. Anat. 25, 579-596

KUNKEL, P.A. (1930): The number and size of the glomeruli in the kidney of several mammals.
Bull. Johns Hopkins Hosp. 47, 285-291

LIEBICH, H.G. (1993): Funktionelle Histologie. 2. Auflage
Schattauer Stuttgart, New York

LORENZ, R. J. (1992): Grundbegriffe der Biometrie.
Fischer Stuttgart, Jena

MAGASSA, S.M. (1983): Vergleichend- histometrische Studien an Nieren verschiedener Inzuchtstämme von Mäusen.
Vet. med. Diss. Hannover

MALENDOWICZ, L.K. (1986): Sex differences in adrenocortical structure and function. XXIII. Time-studies on the long-term effects of gonadectomy on rat adrenal cortex.
Exp. Clin. Endocr. 88, 6-12

MATTHIAS, D. (1968): Nebennieren. Glandulae suprarenales, chromaffines Gewebe. in: JOEST

(Hrsg.): Handbuch der Speziellen Pathologischen Anatomie der Haustiere.
Parey, Berlin, Hamburg, Bd. 3

MERLET-BERNICHOU, C.; PEGORIER, M.; MUFFAT-JOLI, M.; AUGEROM, C. (1981): Functional and morphologic patterns of renal maturation in the developing guinea pig.

Am. J. Physiol. 241, F 618-F 624

MIKHAIL, Y. (1973): A study of some of the histological and histochemical features of the zona reticularis.

Acta. anat. 84, 498-508

MILLER, W.S.; CARLTON, E.P. (1896): The relation of the cortex of the cats kidney to the volume of the kidney and an estimation of the number of glomeruli.

Trans. Wis. Acad. Sci. 10

MOBERG, E. (1929): Anzahl und Größe der Glomeruli renales beim Menschen nebst Methoden diese zahlenmäßig festzustellen.

Z. mikrosk.- anat. Forsch. 18: 271-310

MÖLLER, H. (1994): Makroskopisch- und mikroskopisch-anatomische Untersuchungen an Herzen und Nieren von Mastschweinhybriden aus Anpaarungen mit der Schwerfurter Fleischrasse bzw. Pietrain unter besonderer Berücksichtigung des diffus verteilten intramyokardialen Bindegewebes und histometrischer Untersuchungen der Nierenglomeruli.

Vet. med. Diss. FU Berlin

MOFFAT, D.B. (1975): The mammalian kidney. Biological structure and function. Bd. 5
London, New York, Melbourne, Cambridge University Press.

MORRIS, J.G.; ROGERS, Q.R.; PACIORETTY, L.M. (1990): Taurine: an essential nutrient for cats.

J. Small Anim. Pract. 31, 502-509

MOSIMANN, W. (1954):

zit. bei STARKE (1997)

MOSIMANN, W.; KOHLER, T. (1990): Zytologie, Histologie und mikroskopische Anatomie der Haussäugetiere.

Parey, Berlin, Hamburg

MÜHLUM, A.; MEYER, H. (1989): Untersuchungen über den Taurinstoffwechsel bei Katzen und Beurteilungsmöglichkeiten des Versorgungsstatus.

Kleintierpraxis 10, 493-502

NEHLS, J. (1958): Morphologische Studien an Nebennieren von Pferden verschiedener Altersklassen.

Z. mikroskop. anat. Forsch. 64, 498-547

NELSON, B.T. (1922): The number of glomeruli in the kidney of the adult rabbit.
Anat. Record 23, 7

NEWBOLD, K.M.; SANDISON, A.; HOWIE, A.J. (1992): Comparison of size of juxtamedullary and outer cortical glomeruli in normal adult kidney.
Virch. Arch. A 420, 127-129

NICANDER, L. (1952): Histological and histochemical studies on the adrenal cortex of domestic and laboratory animals.
Acta anat. 14, Suppl. 16, 1-88

NICKEL, R.; SCHUMMER, A.; SEIFERLE, E. (1975): Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Bd. IV.
Parey, Berlin, Hamburg

NIETZ, H. (1997): Morphometrische Untersuchungen an Herz, Niere und Nebenniere von Kaninchen (*Oryctolagus cuniculus* f. *domesticus*) im Altersgang.
Vet. med. Diss. FU Berlin.

NOMINA ANATOMICA VETERINARIA (1994)
4. Aufl. Zürich und Ithaca, New York.

NOMINA HISTOLOGICA (1994)
2. Aufl. Zürich und Ithaca, New York.

NYENGAARD, J.R.; BENDTSEN, T.F. (1990): A practical method to count the number of glomeruli in the kidney as exemplified in various animal species.
Acta Stereol. 9, 243-258

NYENGAARD, J.R.; BENDTSEN, T.F. (1992): Glomerular number and size in relation to age, kidney weight and body surface in normal man.
Anat. Rec. 232, 194-201

OGAWA, M. (1968): Seasonal difference of glomerular change of the marine form of the stickleback, *Gasterosteus aculeatus* L., after transfer into freshwater.
Sci. Rep. Saitama Univ. 5, 117

PALKOVITS, M.; FISCHER, J. (1963): Über die Fragen der kernvariationsstatistischen Methoden. 8. Bedingungen der Bewertung der Meßergebnisse bei unterschiedlicher Gewebestruktur und Zellkernform.
Z. mikrosk. anat. Forsch. 69, 410-424

PALKOVITS, M.; HAJTMANN, B. (1965): Karyometrische Untersuchungen an Gewebekulturen, Muskelzellen und inhomogenen Zellpopulationen.
Z. mikrosk. anat. Forsch. 73, 324-342

PALKOVITS, M.; ZOLNAI, B. (1963): Glomerumetrische Untersuchungen. I Quantitativ-histologische Methode zur statistischen Untersuchung des Volumens der Nierenglomeruli und deren Anteil an der Nierenrinde.

Z. wiss. Mikrosk. 65, 342-356

PANNWITZ, G (1997): Morphometrische Untersuchungen an Myokard, Niere und Nebenniere von Puten der Masthybridlinie BIG-6 unter besonderer Berücksichtigung des intramyokardialen Bindegewebsgehaltes, der Kardiomyozyten und Analyse der Nierenglomeruli.

Vet. med. Diss. HU Berlin

PASANTES-MORALES, H.; QUESADA, O.; ALCOCER, L.; SANCHEZ OLEA, R. (1989): Taurine content in foods.

Nutr. Rep. Int. 40, 793-801

PEHLEMANN, K. (1986): Korrelative morphologische Untersuchungen an Nebennieren, Schilddrüse und Herz von Schlachtschweinen sowie Stall- und Transporttoten.

Vet. med. Diss. HU Berlin

PETER, K. (1909): Untersuchungen über Bau und Entwicklung der Niere.

Fischer, Jena

PION, P.D. (1989): Taurine deficiency myocardial failure: new evidence for old theories.

Cornell Vet. 79, 5-9

PION, P.D.; KITTLESON, M.D.; ROGERS, Q.R.; MORRI, J.G. (1987): Myocardial failure in cats associated with low plasma taurine: a reversible cardiomyopathy.

Science 237, 764-768

PION, P.D.; KITTLESON, M.D. (1990): Taurine's role in clinical practice.

J. Small Anim. Pract. 31, 510-518

PION, P.D.; KITTLESON, M.D.; THOMAS, W.P.; DELELLIS, L.A.; ROGERS, Q.R. (1992): Response of cats with dilated cardiomyopathy to taurine supplementation.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 201, 275-284

POTHMANN, M. (1981): Histometrische Daten zur Nierenmorphologie der Münch-Wistar-Trömter und Lewis-Ratte und Vergleich ihrer Körper- und Organgewichte.

Vet. med. Diss. Hannover

RASSIN, D.K.; GAULL, G.E. (1981): Taurine: significance in human nutrition. In: The effects of taurine on excitable tissues. Schaffer, S.W.; Baskin, S.I.; Kocsis, J.J.; eds., Spectrum Publ. Inc., New York, 379-390

RASSIN, D.K.; STURMAN, J.A.; GAULL, G.E. (1978): Taurine and other free amino acids in milk of man and other mammals.

Early Human Development 2/1, 1-13

RICHTER, C.P.; WISLOCKI, G.B. (1930): Anatomical and behaviour changes produced in the rat by complete and partial extirpation of the pituitary gland.
Amer. J. Physiol. 95, 481-483

RIEGER, C. (1989): Histometrische Untersuchungen an den Nieren gesunder Schweine unterschiedlichen Alters.
Vet. med. Diss. Hannover

ROMEIS, B. (1989): Mikroskopische Technik, 17. Aufl.
Urban u. Schwarzenberg, München, Wien, Baltimore

ROZEN, R.; TENENHOUSE, H.S.; SCIRVER, C.R. (1979): Taurine transport in renal brush-border-membrane vesicles.
Biochem. J. 180, 245-248

RYTAND, A.D. (1938): The number and size of mammalian glomeruli as related to kidney and to body weight, with methods for their enumeration and measurement.
Am. J. Anat. 62, 501-520

SASHEGYI, K. (1935): Zur vergleichenden Anatomie der Nebennieren unserer Haussäugetiere
Vet. med. Diss. Budapest

SCHILLING, E. (1951): Metrische Untersuchungen an Nieren von Wild- und Haustieren.
Z. Anat. Entwickl. Gesch. 116, 67-95

SCHLITTGEN, R. (1996): Einführung in die Statistik. Analyse und Modellierung von Daten.
6. bearbeitete Auflage, R. Oldenbourg-Verlag München, Wien

SCHMIDT, V.; HORZINEK, M.C. (1997): Krankheiten der Katze. Band 2
2. Aufl.
Enke, Stuttgart

SCHOELER, J. (1987): Histometrische Untersuchungen zur Verteilung der Nierenkörperchen bei *Mus musculus* und *Mus musculus f. domesticus*.
Vet. med. Diss. Hannover

SCHULLER-LEVIS, G.B.; STURMAN, J. (1988): Immunologic consequence of taurine deficiency in cats.
Fed. Am. Soc. Exp. Biol. J. 2, 1617A

SCHWARZ, S.S.; SMIRNOFF, V.S. (1959): Zur Physiologie und Populationsdynamik der Bismarckratte in der Waldsteppe und im Hohen Norden.
Zool. Jb. 87, 363-386

SCHWARZ, S.S.; POKROVSKI, A.V.; ISTSCHENKO, V.G.; OLENJEV, V.G.; OVTSCHINNIKOVA, N.A.; JASTOLOVA, A.P. (1964): Biological peculiarities of seasonal generations of rodents, with special reference to the problem of senescence in mammals.

Acta Theriol. 8, 11-41

SCHWEIGGER-SEIDEL, F. (1865): Die Niere des Menschen und der Säugetiere in ihrem feineren Baue geschildert.

Buchhandlung des Waisenhauses, Halle

SEIFERT, H.; HENNEBERGER, S. (1991): Experimentelle Untersuchungen zur Entwicklung ausgewählter Organmassen und Blutparameter unter besonderer Berücksichtigung der Herzmasseentwicklung bei einem Inzuchtstamm von Albino-Meerschweinchen.

Wiss. Zschr. d. HU Berlin, R. Agrarwiss. 40/1, 9-19

SEYLE, H. (1936): Thymus and adrenals in the response of the organism to injuries and intoxication.

Brit. J. Exper. Path. 17, 234-248

SHEIKH, K. (1981): Taurine deficiency and retinal defects associated with small intestine bacterial overgrowth.

Gastroenterology 80, 1363

SISSON, D.D.; KNIGHT, D.H.; HELINSKI, C.; FOX, P.R.; BOND, B.R.; HARPSTER, N.K.; MOISE, N.S.; KAPLAN, P.M.; BONAGURA, J.D.; CZARNECKI, G.; SCHAEFFER, D.J. (1991): Plasma taurine concentrations and M-mode echocardiographic measures in healthy cats and in cats with dilated cardiomyopathy.

J. Vet. Int. Med. 5, 232-238

SMITH, H.W. (1951): The Kidney: Structure and function in Health and disease.

New York: Oxford University Press

SMOLLICH, A. (1962a): Über den Sexualdimorphismus der Nebenniere des Sumpfbibers (*Myocastor coypus*-Molina)

Habil.- Schrift, HU Berlin

SMOLLICH, A. (1962b): Über den Sexualdimorphismus der Nebenniere von *Myocastor coypus* (Molina).

Acta anat. 51, 298-312

SMOLLICH, A. (1964): Zur Artspezifität des morphokinetischen Effekts der Nebenniere.

Endokrin. 46, 270-279

SMOLLICH, A.; MICHEL, G. (1985): Mikroskopische Anatomie der Haustiere.

Fischer, Jena

SMOLLICH, A.; MICHEL, G. (1992): Mikroskopische Anatomie der Haustiere.
Fischer, Jena, Stuttgart

SPEARMAN: zitiert in LORENZ (1992)

SPAETH, D.G.; SCHNEIDER, D.L. (1974): Turnover of taurine in rat tissues.
J. Nutr. 104, 179-186

SPIELER, P. (1995): Makroskopisch- und mikroskopisch-anatomische Untersuchungen an Herzen von normalen Bullen, Färsen und Kühen der Rasse Schwarzbuntes Milchrind unter Berücksichtigung des diffus verteilten, intramyokardialen Bindegewebes und der Karyomyozytenkerne.
Vet. med. Diss. FU Berlin

STANDFUSS, R. (1908): Vergleichend-histologische Studien an den Malpighischen Körperchen der Wirbeltiere.
Arch. Mikrosk. Anat. Entwicklungsgesch. 71, 116-128

STARKE, B. (1997): Morphologische Untersuchungen an Herz, Niere und Nebenniere von Schafen unter besonderer Berücksichtigung des Blutdruckes.
Vet. med. Diss. FU Berlin.

STURMAN, J.A. (1986): Pediatrics and nutrition review.
Excerpta Med. Int Congr. Ser., 1-11

STURMAN, J.A.; GARGANO, A.D.; MESSING, J.M.; IMAKI, H. (1986): Feline maternal taurine deficiency: effect on mother and offspring.
J. Nutr. 116, 655-667

STURMAN, J.A.; HAYES, K.C. (1980): The biology of taurine in nutrition and development.
Adv. Nutr. Res. 3, 231-299

STURMAN, J.A.; MORETZ, R.C.; FRENCH, J.H.; WISNIEWSKI, H.M. (1985): Taurine deficiency in the developing cat: persistence of the cerebellar external granule cell layer.
J. Neurosci. res. 13; 405-416

TAPKEN, H. (1983): Vergleichend- histometrische Studien an der Bowmanschen Kapsel verschiedener Inzuchtstämme von Mäusen.
Vet. med. Diss. Hannover

THIESSEN, H. (1976): Untersuchungen an den Nieren von Haus- und Wildschweinen.
Z. Tierzüchtg. Züchtgsbiol. 93, 178-216

TIEDEMANN, F.; GMELIN, L. (1827): Einige neue Bestandteile der Galle des Ochsen.
Ann. Physik. Chem. 9, 326-337

TILCH, G. (1998): Angewandt-histologische Untersuchungen der Nephrone normaler weiblicher Piétrain- und Edelschweine im Altersgang.
Vet. med. Diss. FU Berlin

TONUTTI, E. (1942 a): Zur Histomorphologie der Nebennierenrinde: Bau und Histochemie bei der Atrophie des Organs nach Hypophysektomie.
Z. mikrosk.-anat. Forsch. 51, 346-392

TONUTTI, E. (1942 b): Die Umbauvorgänge in den Transformationsfeldern der Nebennierenrinde als Grundlage der Beurteilung der Nebennierenrindentätigkeit.
Z. mikrosk.-anat. Forsch. 52, 32-86

TONUTTI, E. (1953): Experimentelle Untersuchungen zur Pathophysiologie der Nebennierenrinde.
Frankf. Z. Path. 36, 123-158

TRAUTWEIN, E.A.; HAYES, K.C. (1992): Amino acid interaction with taurine metabolism in cats.
In: LOMBARDINI, J.B. et al., ed.: Taurine
Plenum Press, New York, 15-22

VIMTRUP, B. (1928): On the number, shape, structure and surface area of the glomeruli in the kidney of man and mammals.
Am. J. Anat. 41, 123-151

VOGEL (1959):
nach Busch (1988).

VOTH, D.; KOHLHARD, M.; TIETZE, K.W. (1963): Zur Frage der renalen Steuerung der Zona glomerulosa der Nebennierenrinde. (Quantitative morphologische Untersuchungen).
Klin. Wschr. 41, 433-439

WAGNER, G. (1997): Quantitativ-morphologische Untersuchungen an Herzen, Nieren und Nebennieren von normalen Kälbern unter besonderer Berücksichtigung des Geschlechts.
Vet. med. Diss. FU Berlin

WEBER, A. F.; McNUTT, S.H.; MORGAN, B.B. (1950): Structure and arrangement of the zona glomerulosa cells in the bovine adrenal gland.
J. Morph. 87: 393-415

WEISERT, J. (1990): Zur mikroskopischen Anatomie der Niere von Ratte, Maus, Kaninchen, Meerschweinchen und Hamster.
Vet. med. Diss. München

WESEMEIER, H. (1986): Zur Biomorphose verschiedener Organe des Schweines.
Tierhygiene- Information, Sonderheft, Eberswalde- Finow

WESEMEIER, H.; MOLDENHAUER, B.; DORST, J. (1986): Zur Biomorphose der Niere beim Schwein. 1. Mitteilung: Körperlänge und Körpermasse sowie Masse, Kapsel und Blastem der Niere.

Arch. Exp. Vet. Med. 40, 910-919

WEXLER, B.C. (1963): Changes in the adrenal glands and other organs of intact and hypophysectomized rats following ACTH and adrenal steroids.

Acta. endocrinolog., suppl. 149, 3-27

WILKE, K. (1963): Lage, Masse, Form und Maße der Nebennieren bei weißer Laboratoriumsratte, Meerschweinchen und Kaninchen.

Vet. med. Diss. Hannover

WITTGE, G. (1984): Physiologie der Haustiere.

Parey, Berlin, Hamburg

WITTMANN, E. (1959): Das absolute und relative Gewicht der Nieren von Pferd, Rind, Kalb, Schwein, Schaf und Ziege.

Vet. med. Diss. HU Berlin

WOLFF, N.A.; KINNE, R. (1988): Taurine transport by rabbit kidney brush-border membranes: coupling to sodium, chloride, and the membrane potential.

J. Membrane Biol. 102, 131-139

WOLFFRAM, S. (1991): Die Aminosäure Taurin - Physiologie und Pathophysiologie.

Schweiz. Arch. Tierheilk. 133, 467-476

YADAVA, R.P.; CALHOUN, M.L. (1958): Comparative histology of the kidney of domestic animals.

Am. J. Vet. Res. 19, 958-968

ZELIKOVIC, I.; CHESNEY, R.W. (1989): Taurine in biology and nutrition. In: Absorption and Utilization of Amino Acids, Vol. I, Friedman, M. ed., CRD Press Inc., Boca Raton, Florida, 199-227

ZELIKOVIC, I.; STEJSKAL-LORENZ, E.; LOHSTROH, P.; BUDREAU, A.; CHESNEY, R.W. (1989): Anion dependence of taurine transport by rat renal brush-border membrane vesicles.

Am. J. Physiol. 256, F646-F655

ZIEGER, G.; BREUNER, H.; KUBATSCH, B. (1980 a): Geschlechtsdimorphismus der Nebennierenrinde des Syrischen Goldhamsters nach Gonadektomie.

Anat. Anz. 148, 115-123

ZIEGER, G.; SCHMIDT, A.; SIEBELS, C.; KUBATSCH, B. (1980 b): Histologische Veränderungen des Syrischen Goldhamsters nach perinatal begonnener Sexualsteroidbehandlung.

Anat. Anz. 147, 327-339

8 Tabellenanhang

Tab. 41: Körpermasse in g

	N	X _{min}	X _{max}	Mittelwert ± Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	300,00	1600,00	750,76±483,53	330,00	620,00	1000,00
männl./adult	6	2500,00	6000,00	3833,33±1290,99	3000,00	3500,00	4500,00
weibl./juvenil	23	290,00	1400,00	595,86±326,43	325,00	550,00	775,00
weibl./adult	10	2000,00	6500,00	3280,00±1295,97	2500,00	2850,00	3800,00
Stadt/juvenil	14	300,00	1600,00	765,00±356,01	580,00	760,00	1000,00
Stadt/adult	8	2500,00	6000,00	3525,00±1232,59	2600,00	3000,00	4250,00
Land/juvenil	22	290,00	1400,00	579,77±402,84	320,00	342,00	750,00
Land/adult	8	2000,00	6500,00	3450,00±1411,17	2450,00	3250,00	3850,00

Tab. 42: Scheitel-Steiß-Länge in cm

	N	X _{min}	X _{max}	Mittelwert ± Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	20	38	27,53±7,01	21,00	28,00	34,50
männl./adult	6	44	61	51,50±6,31	45,50	51,00	57,25
weibl./juvenil	23	19	36	25,04±5,79	20,00	23,00	30,00
weibl./adult	10	38	53	44,90±3,84	42,75	45,00	46,25
Stadt/juvenil	14	19	37	27,85±5,77	23,00	28,50	32,00
Stadt/adult	8	38	61	48,25±7,61	43,00	46,50	54,00
Land/juvenil	22	19	38	24,72±6,41	20,00	21,00	30,00
Land/adult	8	43	53	46,50±3,33	44,50	45,50	48,00

Tab. 43: Absolute Masse der linken Niere in g

	N	X _{min}	X _{max}	Mittelwert ± Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	2,19	5,90	4,05±1,33	2,76	3,94	5,29
männl./adult	6	10,90	25,50	19,17±6,20	13,3	20,14	25,08
weibl./juvenil	23	2,10	6,00	3,66±1,21	2,75	3,19	4,74
weibl./adult	10	9,09	28,50	13,75±5,65	10,27	12,26	15,18
Stadt/juvenil	14	2,76	6,00	4,45±1,11	3,19	4,72	5,29
Stadt/adult	8	9,09	25,50	17,29±6,58	11,61	16,39	23,88
Land/juvenil	22	2,10	5,90	3,39±1,18	2,60	3,12	4,32
Land/adult	8	10,27	28,50	14,28±5,98	11,01	12,26	14,46

Tab. 44: Absolute Masse der rechten Niere in g

	N	X _{min}	X _{max}	Mittelwert ± Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	2,22	6,65	4,02±1,47	2,47	3,85	4,88
männl./adult	6	10,20	25,10	19,08±6,60	13,1	20,65	24,8
weibl./juvenil	23	2,01	6,38	3,74±1,32	2,66	3,21	4,96
weibl./adult	10	8,77	29,00	13,53±5,91	9,79	11,53	14,75
Stadt/juvenil	14	2,30	6,38	4,52±1,28	3,21	4,81	5,65
Stadt/adult	8	8,77	25,10	17,21±6,38	11,51	15,77	24,65
Land/juvenil	22	2,01	6,65	3,40±1,26	2,42	3,12	4,22
Land/adult	8	9,79	29,00	14,00±6,32	10,75	11,53	14,35

Tab. 45: Relative Masse der linken Niere in %

	N	X _{min}	X _{max}	Mittelwert ± Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	0,35	1,05	0,67±0,66	0,47	0,66	0,83
männl./adult	6	0,39	0,76	0,51±0,44	0,43	0,44	0,63
weibl./juvenil	23	0,34	0,97	0,71±0,79	0,53	0,79	0,83
weibl./adult	10	0,29	0,63	0,44±0,42	0,37	0,42	0,5
Stadt/juvenil	14	0,35	1,05	0,66±0,22	0,46	0,67	0,83
Stadt/adult	8	0,37	0,76	0,50±0,14	0,39	0,44	0,62
Land/juvenil	22	0,34	1,00	0,71±0,21	0,51	0,79	0,84
Land/adult	8	0,29	0,63	0,43±0,11	0,35	0,44	0,47

Tab. 46: Relative Masse der rechten Niere in %

	N	X _{min}	X _{max}	Mittelwert ± Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	0,36	1,07	0,65±0,23	0,47	0,67	0,77
männl./adult	6	0,37	0,82	0,51±0,17	0,40	0,42	0,62
weibl./juvenil	23	0,28	0,99	0,71±0,22	0,52	0,80	0,89
weibl./adult	10	0,18	0,59	0,41±0,12	0,32	0,42	0,47
Stadt/juvenil	14	0,38	1,07	0,66±0,22	0,48	0,64	0,86
Stadt/adult	8	0,32	0,82	0,49±0,16	0,36	0,44	0,60
Land/juvenil	22	0,28	1,06	0,70±0,23	0,49	0,75	0,91
Land/adult	8	0,18	0,58	0,40±0,12	0,34	0,42	0,45

Tab. 47: Absolute Masse der linken Nebenniere in g

	N	X _{min}	X _{max}	Mittelwert ± Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	0,03	0,45	0,12±0,11	0,05	0,06	0,16
männl./adult	6	0,37	1,00	0,55±0,22	0,40	0,50	0,54
weibl./juvenil	23	0,02	0,24	0,07±0,05	0,04	0,05	0,10
weibl./adult	10	0,25	0,52	0,38±0,07	0,35	0,38	0,41
Stadt/juvenil	14	0,03	0,10	0,10±0,06	0,05	0,08	0,16
Stadt/adult	8	0,25	1,00	0,49±0,23	0,33	0,50	0,53
Land/juvenil	22	0,02	0,45	0,08±0,09	0,04	0,05	0,10
Land/adult	8	0,35	0,47	0,39±0,03	0,36	0,38	0,40

Tab. 48: Absolute Masse der rechten Nebenniere in g

	N	X _{min}	X _{max}	Mittelwert ± Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	0,03	0,47	0,12±0,11	0,05	0,07	0,15
männl./adult	6	0,35	0,90	0,53±0,19	0,40	0,49	0,52
weibl./juvenil	23	0,03	0,25	0,07±0,06	0,04	0,05	0,10
weibl./adult	10	0,23	0,51	0,36±0,08	0,31	0,34	0,43
Stadt/juvenil	14	0,03	0,20	0,09±0,06	0,04	0,08	0,16
Stadt/adult	8	0,23	0,90	0,47±0,20	0,31	0,49	0,51
Land/juvenil	22	0,03	0,47	0,08±0,10	0,04	0,05	0,10
Land/adult	8	0,31	0,46	0,38±0,05	0,34	0,38	0,42

Tab. 49: Relative Masse der linken Nebenniere in %

	N	X _{min}	X _{max}	Mittelwert ± Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	0,01	0,03	0,015±0,005	0,010	0,015	0,017
männl./adult	6	0,01	0,01	0,012±0,002	0,011	0,012	0,013
weibl./juvenil	23	0,01	0,02	0,012±0,004	0,008	0,013	0,016
weibl./adult	10	0,01	0,02	0,012±0,004	0,009	0,010	0,016
Stadt/juvenil	14	0,01	0,02	0,012±0,004	0,008	0,01	0,01
Stadt/adult	8	0,01	0,02	0,012±0,003	0,01	0,01	0,01
Land/juvenil	22	0,01	0,03	0,014±0,005	0,009	0,01	0,01
Land/adult	8	0,01	0,02	0,012±0,003	0,009	0,01	0,01

Tab. 50: Relative Masse der rechten Nebenniere in %

	N	X _{min}	X _{max}	Mittelwert ± Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	0,01	0,03	0,015±0,006	0,01	0,015	0,016
männl./adult	6	0,01	0,03	0,015±0,007	0,01	0,013	0,014
weibl./juvenil	23	0,01	0,02	0,012±0,004	0,009	0,013	0,014
weibl./adult	10	0,01	0,02	0,012±0,004	0,009	0,010	0,015
Stadt/juvenil	14	0,01	0,02	0,012±0,004	0,007	0,013	0,016
Stadt/adult	8	0,01	0,03	0,014±0,007	0,009	0,011	0,016
Land/juvenil	22	0,01	0,03	0,014±0,005	0,009	0,013	0,015
Land/adult	8	0,01	0,02	0,012±0,003	0,009	0,012	0,014

Tab. 51: Glomerulusfläche subkapsulär in µm²

	N	X _{min}	X _{max}	Mittelwert ± Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	1683,10	3763,70	2331,56±596,45	2036,60	2068,30	2499,00
männl./adult	6	3459,30	6603,20	4875,10±1133,84	3994,35	4619,35	5983,32
weibl./juvenil	23	1285,80	2842,10	1978,96±400,17	1717,40	1927,30	2172,20
weibl./adult	10	2994,50	6670,90	4464,28±1022,45	3917,85	4225,50	5151,65
Stadt/juvenil	14	1878,80	3303,70	2220,12±379,05	2036,60	2084,05	2251,70
Stadt/adult	8	2994,50	6603,20	4791,46±1085,38	4297,20	4619,35	5450,45
Land/juvenil	22	1285,80	3763,70	2033,85±563,15	1688,50	1881,05	2357,60
Land/adult	8	3459,30	6670,90	4147,85±1051,77	3786,90	4147,85	4781,00

Tab. 52: Glomerulusfläche juxtamedullär in µm²

	N	X _{min}	X _{max}	Mittelwert ± Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	2099,00	3157,50	2861,66±345,81	789,00	45,90	113,20
männl./adult	6	3646,00	6523,40	4966,90±999,43	567,90	695,00	674,10
weibl./juvenil	23	1796,60	3676,80	2791,08±438,42	532,15	801,90	70,30
weibl./adult	10	3319,20	6237,10	4882,01±1070,14	837,10	990,95	47,80
Stadt/juvenil	14	2287,80	3676,80	2987,10±381,63	2746,00	3088,60	3157,50
Stadt/adult	8	3319,20	6523,40	5058,55±1009,25	4581,80	4870,15	5860,95
Land/juvenil	22	1796,60	3322,10	2708,05±387,02	2525,40	2795,45	3045,90
Land/adult	8	3510,80	6237,10	4769,13±1059,85	3741,55	4891,25	5569,80

Tab. 53: Maximaler Durchmesser des Glomerulus in der subkapsulären Region in μm

	N	X_{\min}	X_{\max}	Mittelwert \pm Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	53,59	82,87	64,84 \pm 8,71	60,51	61,56	65,34
männl./adult	6	79,220	103,95	93,93 \pm 10,01	85,82	95,82	102,98
weibl./juvenil	23	46,84	72,29	58,90 \pm 6,36	54,80	58,45	61,71
weibl./adult	10	71,48	107,19	87,58 \pm 10,03	82,67	85,22	95,49
Stadt/juvenil	14	53,38	80,46	63,12 \pm 5,64	60,44	61,56	64,15
Stadt/adult	8	71,48	103,95	92,34 \pm 10,82	86,58	93,74	101,31
Land/juvenil	22	46,84	82,87	59,66 \pm 8,65	54,44	57,14	64,78
Land/adult	8	79,10	107,19	87,59 \pm 9,61	80,93	85,10	91,19

Tab. 54: Maximaler Durchmesser des Glomerulus in der juxtamedullären Region in μm

	N	X_{\min}	X_{\max}	Mittelwert \pm Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	60,17	79,86	71,53 \pm 5,57	68,77	73,36	74,48
männl./adult	6	81,66	106,33	93,32 \pm 8,51	89,81	91,40	99,33
weibl./juvenil	23	54,90	78,04	68,82 \pm 5,21	66,21	69,61	72,66
weibl./adult	10	75,36	102,83	90,19 \pm 9,12	82,88	89,21	100,26
Stadt/juvenil	14	63,14	78,04	71,87 \pm 4,21	69,77	73,04	74,64
Stadt/adult	8	75,36	106,33	92,87 \pm 9,37	89,39	91,44	99,79
Land/juvenil	22	54,90	79,86	68,48 \pm 5,78	66,16	68,51	72,44
Land/adult	8	80,62	102,83	89,86 \pm 8,42	82,27	88,89	96,57

Tab. 55: Minimaler Durchmesser des Glomerulus in der subkapsulären Region in μm

	N	X_{\min}	X_{\max}	Mittelwert \pm Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	41,32	61,48	47,15 \pm 5,75	43,20	45,52	48,47
männl./adult	6	57,73	81,20	69,46 \pm 8,32	65,06	68,19	76,41
weibl./juvenil	23	35,83	53,11	43,89 \pm 4,80	40,72	43,04	46,04
weibl./adult	10	56,07	84,78	67,64 \pm 8,87	62,84	65,04	73,79
Stadt/juvenil	14	42,23	55,18	46,22 \pm 4,00	43,20	45,27	48,51
Stadt/adult	8	56,07	81,20	69,20 \pm 7,90	64,88	68,19	75,10
Land/juvenil	22	35,83	61,48	44,33 \pm 5,99	40,62	43,11	47,65
Land/adult	8	57,73	84,78	67,45 \pm 9,39	61,65	64,70	72,20

Tab. 56: Minimaler Durchmesser des Glomerulus in der juxtamedullären Region in μm

	N	X_{\min}	X_{\max}	Mittelwert \pm Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	45,33	57,11	53,38 \pm 3,26	53,69	54,29	54,98
männl./adult	6	60,54	79,50	71,12 \pm 6,71	69,28	70,09	77,23
weibl./juvenil	23	40,57	60,77	52,22 \pm 4,15	50,72	52,73	53,92
weibl./adult	10	58,50	82,95	70,53 \pm 9,14	61,47	70,49	8108
Stadt/juvenil	14	48,12	60,77	54,29 \pm 3,10	52,67	54,42	55,89
Stadt/adult	8	58,89	81,36	72,10 \pm 7,24	68,71	71,20	78,36
Land/juvenil	22	40,57	57,11	51,59 \pm 3,96	50,02	52,97	53,81
Land/adult	8	58,50	82,95	69,41 \pm 9,12	61,00	69,93	75,97

Tab. 57: Nierenkörperchenfläche subkapsulär in μm^2

	N	X_{\min}	X_{\max}	Mittelwert \pm Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	2449,80	5267,00	3436,92 \pm 828,16	2932,60	3174,10	3757,50
männl./adult	6	4694,30	8473,60	6644,91 \pm 1262,54	6372,70	6436,00	7456,90
weibl./juvenil	23	1867,80	4155,70	2916,53 \pm 531,11	2642,65	2845,80	3082,00
weibl./adult	10	4069,40	8708,60	6109,68 \pm 1304,93	5487,40	6037,80	7024,00
Stadt/juvenil	14	2707,50	4791,30	3214,51 \pm 531,37	2932,60	3133,20	3174,10
Stadt/adult	8	4069,40	8473,60	6458,02 \pm 1311,85	5922,90	6397,25	7240,45
Land/juvenil	22	1867,80	5267,00	3034,40 \pm 778,80	2589,30	2802,10	3519,70
Land/adult	8	4694,30	8708,60	6162,76 \pm 1307,91	5148,20	6037,80	6763,60

Tab. 58: Nierenkörperchenfläche juxtamedullär in μm^2

	N	X_{\min}	X_{\max}	Mittelwert \pm Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	3075,30	4732,60	4167,36 \pm 542,32	3990,80	4414,40	4440,00
männl./adult	6	4975,00	8779,30	6871,50 \pm 1317,37	6216,70	6798,50	7661,00
weibl./juvenil	23	2539,20	5322,70	4095,12 \pm 631,90	3721,05	4086,20	4527,50
weibl./adult	10	4529,80	9054,70	6650,33 \pm 464,14	5482,00	6479,35	8099,70
Stadt/juvenil	14	3308,80	5322,70	4326,35 \pm 587,60	3990,80	4418,90	4732,60
Stadt/adult	8	4529,80	8779,30	6863,42 \pm 1322,76	6269,05	6649,75	7880,35
Land/juvenil	22	2539,20	4732,60	3990,65 \pm 573,40	3503,90	4124,60	4414,40
Land/adult	8	4921,20	9054,70	6603,11 \pm 1499,07	5228,50	6479,35	7716,65

Tab. 59: Maximaler Durchmesser des Nierenkörperchen in der subkapsulären Region in μm

	N	X_{\min}	X_{\max}	Mittelwert \pm Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	62,98	95,44	76,57 \pm 9,58	71,25	72,62	74,15
männl./adult	6	90,20	116,95	105,87 \pm 9,55	99,13	104,62	112,59
weibl./juvenil	23	55,00	83,57	69,74 \pm 6,51	64,85	69,11	76,61
weibl./adult	10	82,12	121,22	100,80 \pm 11,34	93,45	99,06	107,97
Stadt/juvenil	14	68,44	93,59	74,06 \pm 6,20	71,25	72,62	74,15
Stadt/adult	8	82,12	116,95	103,96 \pm 11,14	99,13	104,62	112,59
Land/juvenil	22	55,00	95,44	71,02 \pm 9,36	64,85	69,11	76,61
Land/adult	8	89,34	121,22	101,44 \pm 10,78	93,85	99,06	107,97

Tab. 60: Maximaler Durchmesser des Nierenkörperchen in der juxtamedullären Region in μm

	N	X_{\min}	X_{\max}	Mittelwert \pm Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	71,52	93,22	84,01 \pm 6,22	81,31	86,17	88,56
männl./adult	6	92,68	121,12	107,80 \pm 9,66	103,71	107,73	113,86
weibl./juvenil	23	64,23	91,76	81,58 \pm 6,12	78,30	81,72	85,30
weibl./adult	10	87,04	122,02	103,68 \pm 11,18	96,31	100,62	115,30
Stadt/juvenil	14	74,82	91,76	84,11 \pm 5,12	80,31	84,85	88,09
Stadt/adult	8	87,04	121,16	106,81 \pm 10,38	102,75	105,84	114,58
Land/juvenil	22	64,23	93,22	81,41 \pm 6,67	77,87	81,77	85,67
Land/adult	8	92,68	122,02	103,64 \pm 11,10	95,04	98,95	113,24

Tab. 61: Minimaler Durchmesser des Nierenkörperchen in der subkapsulären Region in μm

	N	X_{\min}	X_{\max}	Mittelwert \pm Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	50,14	73,46	58,08 \pm 6,67	54,78	55,22	59,87
männl./adult	6	67,92	93,04	82,24 \pm 8,37	81,13	81,99	87,37
weibl./juvenil	23	44,20	66,04	54,11 \pm 5,07	52,24	53,53	55,46
weibl./adult	10	65,95	97,10	79,49 \pm 9,10	73,84	79,05	86,12
Stadt/juvenil	14	53,05	67,12	56,32 \pm 4,06	54,56	54,89	55,65
Stadt/adult	8	65,95	93,04	81,36 \pm 8,38	77,21	81,99	86,74
Land/juvenil	22	44,20	73,46	55,05 \pm 6,91	50,52	53,24	59,38
Land/adult	8	67,92	97,10	79,68 \pm 9,42	72,84	79,05	84,34

Tab. 62: Minimaler Durchmesser des Nierenkörperchen in der juxtamedullären Region in μm

	N	X_{\min}	X_{\max}	Mittelwert \pm Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	55,48	69,80	65,43 \pm 4,055	65,50	66,59	67,56
männl./adult	6	71,51	93,84	84,60 \pm 7,76	81,98	85,14	90,04
weibl./juvenil	23	49,19	74,19	64,27 \pm 5,23	62,14	64,29	68,14
weibl./adult	10	69,14	98,55	83,63 \pm 10,34	74,97	83,99	94,36
Stadt/juvenil	14	58,33	74,19	66,26 \pm 4,26	64,03	66,59	68,90
Stadt/adult	8	69,14	94,37	84,78 \pm 8,25	81,16	84,29	91,93
Land/juvenil	22	49,19	69,80	63,69 \pm 4,96	61,55	64,67	67,56
Land/adult	8	70,06	98,55	83,21 \pm 10,56	73,24	83,99	91,31

Tab. 63: Glomerulusvolumen in der subkapsulären Region μm^3

	N	X_{\min}	X_{\max}	Mittelwert \pm Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	54559,41	190403,0	92579,70 \pm 39080,71	1840,0	6690,57	3816,7
männl./adult	6	161907,43	406063,0	284224,2 \pm 90867,86	18467,9	76692,7	65521,5
weibl./juvenil	23	36001,88	123533,0	71145,41 \pm 23281,15	5499,8	6092,08	8137,93
weibl./adult	10	132842,31	453605,0	248592,5 \pm 95371,95	3153,5	15213,3	9763,1
Stadt/juvenil	14	64090,15	154906,1	84441,82 \pm 24407,03	71840,0	75698,2	93816,71
Stadt/adult	8	132842,31	406063,0	276183,6 \pm 87578,07	220946,7	276692,6	337642,2
Land/juvenil	22	36001,88	190403,0	75349,77 \pm 34925,98	54559,4	63650,2	90992,8
Land/adult	8	161907,43	453605,0	247725,1 \pm 100697,0	185404,6	213541,6	284198,0

Tab. 64 : Glomerulusvolumen in der juxtamedullären Region in μm^3

	N	X_{\min}	X_{\max}	Mittelwert \pm Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	74568,21	147117,52	124915,7 \pm 22540,3	114889	135616	141862
männl./adult	6	182017,77	406919,45	289155,1 \pm 78964,3	257067	268509	351906
weibl./juvenil	23	55033,12	170992,16	114683,3 \pm 24772,9	101976	114952	127868
weibl./adult	10	154799,12	400170,87	275025,3 \pm 92666,7	190407	259811	385722
Stadt/juvenil	14	87679,77	170992,16	128714,29 \pm 21187,28	119859	130015	141522
Stadt/adult	8	154799,12	406919,45	294246,81 \pm 83082,53	252110	275203	368814
Land/juvenil	22	55033,12	147117,52	111800,90 \pm 24087,79	101588	114665	128662
Land/adult	8	169596,86	400170,87	266401,14 \pm 90860,34	186212	259811	334696

Tab. 65: Nierenkörperchenvolumen in der subkapsulären Region in μm^3

	N	X_{\min}	X_{\max}	Mittelwert \pm Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	93981,29	307389,05	161478,4 \pm 61833,7	129694	136704	184826
männl./adult	6	251074,48	594335,29	434892,6 \pm 117486,6	406204	415969	525801
weibl./juvenil	23	62757,71	214677,44	124423,4 \pm 35703,2	105026	118590	131359
weibl./adult	10	208670,26	668655,32	388734,4 \pm 134194,9	314073	362895	485475
Stadt/juvenil	14	1144572,11	260682,74	143475,15 \pm 38072,12	127336	131885	136018
Stadt/adult	8	208670,26	594335,29	418777,9 \pm 121114,05	352000	415969	505638
Land/juvenil	22	62757,71	307389,05	134195,73 \pm 55954,46	99533	116976	160683
Land/adult	8	251074,48	668655,32	393309,5 \pm 138256,91	293560	362895	45691

Tab. 66: Nierenkörperchenvolumen in der juxtamedullären Region in μm^3

	N	X_{\min}	X_{\max}	Mittelwert \pm Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	130880,37	255279,69	215729,9 \pm 38407,5	203522	227640	239280
männl./adult	6	282486,46	634419,68	465341,8 \pm 120641,1	410524	460545	543529
weibl./juvenil	23	92974,49	294086,77	202126,0 \pm 43942,13	180371	200333	227763
weibl./adult	10	244437,26	690394,06	437752,0 \pm 150169,9	321336	396749	594264
Stadt/juvenil	14	150957,87	294086,77	220176,99 \pm 40017,56	193106	225863	241610
Stadt/adult	8	244437,26	634419,68	462117,2 \pm 125621,49	398856	441287	568896
Land/juvenil	22	92974,49	255279,69	198677,61 \pm 41644,37	173750	202425	231890
Land/adult	8	278816,32	690394,06	434079,07 \pm 153518,3	301911	396749	553050

Tab. 67: Anzahl der Glomeruli/ mm^2 in der subkapsulären Region

	N	X_{\min}	X_{\max}	Mittelwert \pm Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	18,19	27,22	21,77 \pm 2,50	20,03	21,49	22,25
männl./adult	6	8,26	16,80	12,19 \pm 2,96	10,07	12,33	13,36
weibl./juvenil	23	17,42	38,59	23,32 \pm 4,72	20,58	21,35	24,39
weibl./adult	10	9,54	19,15	13,98 \pm 3,04	11,17	14,43	16,31
Stadt/juvenil	14	18,19	27,22	21,65 \pm 2,43	20,46	21,23	22,25
Stadt/adult	8	8,26	19,15	13,16 \pm 3,65	10,49	12,43	16,01
Land/juvenil	22	17,42	38,59	23,47 \pm 4,78	20,31	21,74	24,48
Land/adult	8	9,54	16,80	13,46 \pm 2,54	11,53	13,45	15,70

Tab. 68: Anzahl der Glomeruli/ mm² in der juxtamedullären Region

	N	X _{min}	X _{max}	Mittelwert ± Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	8,36	17,17	11,69±2,17	10,31	11,34	12,61
männl./adult	6	6,17	12,42	7,82±2,33	6,35	7,14	7,72
weibl./juvenil	23	6,94	19,80	12,03±2,77	10,47	11,85	12,94
weibl./adult	10	5,84	10,89	8,88±1,93	7,37	9,66	10,59
Stadt/juvenil	14	10,23	15,35	12,32±1,69	10,85	11,87	14,29
Stadt/adult	8	6,17	10,89	8,03±2,01	6,31	7,14	10,15
Land/juvenil	22	6,94	19,80	11,64±2,97	9,68	11,75	12,24
Land/adult	8	5,84	12,42	8,94±2,18	7,48	8,48	10,66

Tab. 69: Relative Anzahl der Nierenkörperchen in der subkapsulären Region in %

	N	X _{min}	X _{max}	Mittelwert ± Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	55,70	72,70	65,10±5,25	62,05	65,75	68,85
männl./adult	6	56,50	64,00	61,00±3,17	57,50	62,50	63,00
weibl./juvenil	23	58,00	74,30	65,95±4,78	62,00	67,50	70,60
weibl./adult	10	56,50	65,50	61,35±2,40	61,00	61,50	62,00
Stadt/juvenil	14	56,00	72,70	63,75±4,64	62,00	63,50	67,80
Stadt/adult	8	56,50	65,50	61,87±2,90	60,25	62,50	63,75
Land/juvenil	22	55,70	74,30	66,85±4,77	64,00	68,00	70,60
Land/adult	8	56,50	63,00	60,56±2,30	59,25	61,25	62,00

Tab. 70: Relative Anzahl der Nierenkörperchen in der juxtamedullären Region in %

	N	X _{min}	X _{max}	Mittelwert ± Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	27,30	44,30	34,89±5,25	31,15	34,25	37,95
männl./adult	6	36,00	43,50	39,00±3,17	37,00	37,50	42,50
weibl./juvenil	23	25,70	42,00	34,04±4,78	29,40	32,50	38,00
weibl./adult	10	34,50	43,50	38,65±2,40	38,00	38,50	39,00
Stadt/juvenil	14	27,30	44,00	36,25±4,64	32,20	36,50	38,00
Stadt/adult	8	34,50	43,50	38,12±2,90	36,25	37,50	39,75
Land/juvenil	22	25,70	44,30	33,14±4,77	29,40	32,00	36,00
Land/adult	8	37,00	43,50	39,43±2,30	38,00	38,75	40,75

Tab. 71: Anzahl der Glomeruli/ mm³ subkapsulär

	N	X _{min}	X _{max}	Mittelwert ± Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	269,84	482,73	368,05±69,08	312,77	374,11	419,82
männl./adult	6	98,04	231,82	145,70±49,57	107,47	135,69	165,52
weibl./juvenil	23	302,64	751,93	432,06±118,48	358,92	373,83	460,03
weibl./adult	10	95,41	246,30	175,79±50,41	123,18	188,72	210,42
Stadt/juvenil	14	269,84	482,73	376,97±62,711	346,08	373,97	425,91
Stadt/adult	8	98,04	246,30	159,71±58,32	113,32	137,69	215,65
Land/juvenil	22	283,03	751,93	429,88±124,21	355,20	370,56	459,08
Land/adult	8	95,41	231,82	169,30±45,31	136,90	176,83	199,86

Tab. 72: Anzahl der Glomeruli/ mm³ juxtamedullär

	N	X _{min}	X _{max}	Mittelwert ± Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	133,37	246,32	176,35±32,11	189,58	167,71	193,30
männl./adult	6	66,86	165,38	92,96±36,80	68,75	82,52	90,76
weibl./juvenil	23	107,12	309,13	187,50±45,33	159,36	189,58	214,19
weibl./adult	10	60,86	153,11	107,9±31,12	76,88	114,28	129,03
Stadt/juvenil	14	149,15	238,79	184,57±29,59	154,91	180,30	213,22
Stadt/adult	8	60,13	153,11	96,20±32,36	68,30	82,52	120,38
Land/juvenil	22	107,12	309,13	182,77±47,41	141,65	174,41	207,26
Land/adult	8	60,86	165,38	109,39±34,21	83,82	106,60	134,02

Tab. 73: Glomerulusindex subkapsulär

	N	X _{min}	X _{max}	Mittelwert ± Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	37934	81145	50258±11753	43426	45314	53279
männl./adult	6	38218	76002	57832±12150	54871	58143	61613
weibl./juvenil	23	31577	69063	45797±9484	39348	44915	48419
weibl./adult	10	46953	77890	60611±10891	48504	61052	67246
Stadt/juvenil	14	39060	64926	46518±6325	44443	46518	53279
Stadt/adult	8	38218	77891	59892±14286	51455	59892	74987
Land/juvenil	22	31577	81145	43539±12466	38584	43539	51933
Land/adult	8	48140	67246	58290±7258	51687	58290	64496

Tab. 74: Glomerulusindex juxtamedullär

	N	X _{min}	X _{max}	Mittelwert ± Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	22144	52859	33543±7865	28002	32543	36960
männl./adult	6	29182	45283	37489±6158	34350	36010	44394
weibl./juvenil	23	19571	54127	33585±9391	26700	30759	39449
weibl./adult	10	26682	53573	42180±8186	36424	42965	47131
Stadt/juvenil	14	28003	49673	37045±1665	31848	37045	40442
Stadt/adult	8	29183	51811	37032±2665	34679	37032	45614
Land/juvenil	22	19571	54127	29188±2056	25363	29188	36960
Land/adult	8	26682	53573	42959±2874	36718	42959	45743

Tab. 75: Abstand der 10 kapselständigsten Nierenkörperchen zur Nierenkapsel in µm

	N	X _{min}	X _{max}	Mittelwert ± Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	71,57	297,05	174,76±77,52	103,83	189,27	229,84
männl./adult	6	218,39	399,67	337,75±66,64	311,32	352,64	391,86
weibl./juvenil	23	72,26	439,58	167,36±86,83	98,99	154,32	220,66
weibl./adult	10	266,09	430,67	345,22±51,37	331,34	357,80	365,76
Stadt/juvenil	14	83,55	297,05	195,55±66,53	154,32	215,86	233,62
Stadt/adult	8	226,09	399,67	342,87±54,19	327,17	352,64	378,81
Land/juvenil	22	71,57	439,58	153,79±88,19	98,40	111,76	211,78
Land/adult	8	218,39	430,67	341,96±60,48	322,09	357,80	363,42

Tab. 76: Breite der Nierenrinde in mm

	N	X _{min}	X _{max}	Mittelwert ± Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	2,33	3,88	3,05±0,50	2,67	2,96	3,48
männl./adult	6	4,07	7,56	6,04±1,34	4,98	6,19	7,26
weibl./juvenil	23	1,93	3,96	3,01±0,47	2,75	2,96	3,31
weibl./adult	10	3,61	6,68	4,51±0,86	4,09	4,34	4,76
Stadt/juvenil	14	2,31	3,96	3,25±0,45	2,93	3,20	3,56
Stadt/adult	8	3,61	7,26	5,12±1,29	4,10	4,75	6,19
Land/juvenil	22	1,93	3,62	2,88±0,44	2,72	2,94	3,38
Land/adult	8	3,76	7,56	5,05±1,34	4,14	4,61	5,81

Tab. 77: Zellkernvolumen der Zona-Glomerulosa-Zellkerne in μm^3

	N	X_{\min}	X_{\max}	Mittelwert \pm Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	51,08	81,44	61,85 \pm 9,19	54,21	61,55	64,65
männl./adult	6	57,48	93,45	68,68 \pm 13,81	59,08	62,94	76,22
weibl./juvenil	23	44,27	70,08	55,46 \pm 6,74	50,09	55,11	58,29
weibl./adult	10	53,13	73,49	61,43 \pm 6,65	55,10	60,61	65,02
Stadt/juvenil	14	46,49	81,44	58,33 \pm 10,73	51,71	54,94	67,57
Stadt/adult	8	54,46	93,45	64,28 \pm 12,37	57,09	61,79	64,30
Land/juvenil	22	44,27	69,73	57,41 \pm 6,36	56,68	58,83	61,55
Land/adult	8	53,13	76,22	64,02 \pm 8,26	58,86	60,61	71,93

Tab. 78: Maximaler Durchmesser der Zona-Glomerulosa-Zellkerne in μm

	N	X_{\min}	X_{\max}	Mittelwert \pm Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	5,03	6,24	5,74 \pm 0,37	5,43	5,93	5,98
männl./adult	6	5,73	6,56	5,94 \pm 0,31	5,74	5,81	5,98
weibl./juvenil	23	5,09	6,22	5,69 \pm 0,35	5,43	5,74	5,94
weibl./adult	10	5,05	6,22	5,65 \pm 0,30	5,43	5,73	5,74
Stadt/juvenil	14	5,10	6,22	5,77 \pm 0,33	5,43	5,91	5,98
Stadt/adult	8	5,05	6,56	5,73 \pm 0,42	5,75	5,74	5,81
Land/juvenil	22	5,03	6,24	5,67 \pm 0,37	5,43	5,70	5,94
Land/adult	8	5,43	6,22	5,78 \pm 0,23	5,68	5,73	5,90

Tab. 79: Minimaler Durchmesser der Zona-Glomerulosa-Zellkerne in μm

	N	X_{\min}	X_{\max}	Mittelwert \pm Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	3,95	5,10	4,40 \pm 0,36	4,12	4,43	4,65
männl./adult	6	4,38	5,22	4,67 \pm 0,32	4,43	4,54	4,93
weibl./juvenil	23	3,95	4,87	4,42 \pm 0,25	4,24	4,39	4,59
weibl./adult	10	4,32	4,99	4,55 \pm 0,22	4,37	4,49	4,65
Stadt/juvenil	14	3,95	5,10	4,41 \pm 0,34	4,12	4,30	4,63
Stadt/adult	8	4,38	5,22	4,60 \pm 0,25	4,47	4,44	4,60
Land/juvenil	22	3,95	4,80	4,41 \pm 0,26	4,21	4,42	4,63
Land/adult	8	4,32	4,99	4,58 \pm 0,28	4,34	4,46	4,88

Tab. 80: Breite der Nebennierenrinde in mm

	N	X _{min}	X _{max}	Mittelwert ± Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	0,32	1,77	0,9577±0,42	0,75	0,92	1,25
männl./adult	6	1,47	1,92	1,72±0,16	1,66	1,70	1,87
weibl./juvenil	23	0,35	1,54	0,88±0,27	0,71	0,85	1,03
weibl./adult	10	0,82	2,52	1,67±0,57	1,45	1,57	2,06
Stadt/juvenil	14	0,53	1,77	1,10±0,36	0,87	1,12	1,36
Stadt/adult	8	0,84	2,52	1,73±0,48	1,49	1,79	1,96
Land/juvenil	22	0,32	1,26	0,78±0,24	0,67	0,80	0,89
Land/adult	8	0,82	2,39	1,65±0,45	1,48	1,64	1,87

Tab. 81: Breite des Nebennierenmarkes in mm

	N	X _{min}	X _{max}	Mittelwert ± Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	0,31	1,69	0,85±0,41	0,56	0,82	1,14
männl./adult	6	0,78	2,54	1,41±0,47	1,12	1,35	1,71
weibl./juvenil	23	0,24	1,65	0,74±0,34	0,54	0,61	0,91
weibl./adult	10	0,71	1,89	1,41±0,51	1,03	1,42	1,51
Stadt/juvenil	14	0,38	1,79	0,88±0,41	0,64	0,81	1,13
Stadt/adult	8	0,79	2,54	1,46±0,63	1,11	1,31	1,63
Land/juvenil	22	0,24	1,48	0,71±0,33	0,64	0,62	0,91
Land/adult	8	0,74	1,74	1,37±0,29	1,10	1,34	1,46

Tab. 82: Anteil der Zona-Glomerulosa-Fläche an der Nebennierenrindenfläche in %

	N	X _{min}	X _{max}	Mittelwert ± Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	14,23	28,91	20,17±3,80	18,05	20,02	21,80
männl./adult	6	13,18	21,38	17,49±3,41	13,54	18,41	20,06
weibl./juvenil	23	17,37	34,65	22,04±4,12	19,70	21,56	22,21
weibl./adult	10	13,84	38,19	24,01±8,55	16,31	21,32	33,54
Stadt/juvenil	14	14,23	24,32	20,05±2,38	19,31	20,15	21,56
Stadt/adult	8	13,18	38,19	21,79±9,44	15,07	18,41	27,99
Land/juvenil	22	15,86	34,65	22,20±4,70	18,70	21,64	22,78
Land/adult	8	13,54	33,54	21,35±5,98	18,13	20,41	23,31

Tab. 83: Zona-Glomerulosa-Fläche in mm²

	N	X _{min}	X _{max}	Mittelwert ± Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	0,56	2,48	1,29±0,64	0,88	1,10	1,70
männl./adult	6	2,36	4,81	3,45±0,89	2,67	3,43	4,02
weibl./juvenil	23	0,41	11,19	3,39±2,86	1,33	2,78	4,47
weibl./adult	10	1,71	6,42	4,60±1,62	3,62	5,13	5,92
Stadt/juvenil	14	0,56	11,19	3,20±2,8	1,36	2,09	3,90
Stadt/adult	8	1,71	5,48	3,63±1,19	2,96	3,54	4,41
Land/juvenil	22	0,41	10,8	2,27±2,31	0,95	1,44	1,78
Land/adult	8	2,36	6,42	4,73±1,59	3,25	5,13	6,14

Tab. 84: Zona-Reticularis- und Zona-Fasciculata-Fläche in mm²

	N	X _{min}	X _{max}	Mittelwert ± Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	1,12	9,01	4,59±2,23	3,32	4,26	5,62
männl./adult	6	8,42	12,00	10,54±1,50	8,95	11,02	11,8
weibl./juvenil	23	1,39	33,22	11,93±9,32	4,52	8,37	19,39
weibl./adult	10	8,87	30,51	16,81±7,52	10,12	14,59	23,61
Stadt/juvenil	14	2,18	28,49	11,20±9,06	4,20	6,99	19,74
Stadt/adult	8	8,87	16,66	11,32±2,46	9,52	11,07	11,91
Land/juvenil	22	1,12	33,22	8,05±7,76	3,66	4,87	10,81
Land/adult	8	8,42	30,51	17,59±8,17	10,55	16,22	24,13

Tab. 85: Nebennierenmarkfläche in mm²

	N	X _{min}	X _{max}	Mittelwert ± Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	0,36	5,25	2,01±1,40	1,21	1,48	3,01
männl./adult	6	1,50	7,05	4,05±2,45	1,94	3,90	6,02
weibl./juvenil	23	0,54	4,55	2,12±1,19	0,93	2,05	2,98
weibl./adult	10	1,79	10,98	6,26±3,05	4,08	6,31	8,52
Stadt/juvenil	14	0,36	5,25	2,48±1,38	1,80	2,31	3,52
Stadt/adult	8	1,50	10,98	4,94±3,66	2,03	3,80	7,69
Land/juvenil	22	0,54	4,55	1,82±1,12	0,97	1,39	2,18
Land/adult	8	1,79	8,52	5,92±2,23	4,59	6,36	7,58

Tab. 86: Plasmatauringehalt in nmol/ml

	N	X _{min}	X _{max}	Mittelwert ± Std.abw	1	Quartil 2	3
Gruppen							
männl./juvenil	13	25,00	100,00	51,08±28,61	31,85	35,30	74,90
männl./adult	6	25,10	86,50	50,16±25,88	33,10	38,70	78,90
weibl./juvenil	23	26,10	242,00	109,73±72,09	43,30	93,90	179,00
weibl./adult	10	20,20	214,00	84,54±67,82	34,80	55,20	111,00
Stadt/juvenil	14	25,00	242,00	104,26±64,99	48,80	99,90	142,50
Stadt/adult	8	32,90	214,00	80,37±61,03	37,55	61,75	98,75
Land/juvenil	22	26,10	205,00	74,28±63,79	30,70	41,65	87,80
Land/adult	8	20,20	185,00	62,92±55,91	29,95	35,75	83,40

9 Danksagung

Ganz besonders möchte ich mich bei meinem Mentor, Herrn Univ.-Prof. Dr. habil. R. Berg einerseits für die Überlassung des Themas, andererseits für die jederzeit gewährte freundliche Unterstützung bedanken.

Mein Dank gilt ebenso Frau Dr. Hüningen für ihre wertvollen Hinweise und Förderung während der Untersuchungen.

Für die Anfertigung der histologischen Präparate möchte ich mich bei Frau Schütz bedanken.

Weiterhin danke ich Frau Dr. Arndt für die freundliche Beratung bei der statistischen Auswertung der Ergebnisse.

Frau Dr. rer. nat. E. Peters an der Kinderklinik und Poliklinik der Universität Rostock danke ich für die Bestimmung der Taurin-Werte im Blut.

Ein besonderer Dank gilt auch meiner Familie für ihre Hilfe und Geduld.

10 Lebenslauf

Name: Annett Skorka
Geburtsdatum: 23.11.1970
Geburtsort: Berlin
Wohnort: Berlin
Eltern: Dr. Bernhard Skorka
Hannelore Uhlich, geb. Voigt
Familienstand: ledig

Schulbildung: 1977-1987 Polytechnische Oberschule Berlin-Pankow
1987-1989 Erweiterte Oberschule „Carl von Ossietzky“
Berlin-Pankow

Berufsausbildung: 1989-1990 Facharbeiter für Viehwirtschaft, Berliner
Stadtgüter

Studium: 1990-1991 Studium der Tierproduktion an der
Humboldt-Universität Berlin
1991-1997 Studium der Veterinärmedizin an der Freien
Universität Berlin

Beruf: 04.04.1997 Erteilung der Approbation als Tierärztin
April 1997-März 1999 Doktorandin an der Freien
Universität
Seit April 1999 Assistentin in der Praxis Dr. Lührs
Königs-Wusterhausen

Hiermit erkläre ich, daß ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Anwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Berlin, den 27.9.1999