



Rudolf Schweitzer

Urologie mit Andrologie

2. Auflage

Die Heilpraktiker-Akademie

URBAN & FISCHER



1.1 Niere (Ren, Nephros)	3	1.2 Ableitende Harnwege	12
1.1.1 Lage	3	1.2.1 Histologischer Aufbau	12
1.1.2 Aussehen	4	1.2.2 Harnleiter (Ureter)	13
1.1.3 Nachbarorgane	5	1.2.3 Harnblase (Vesica urinaria)	14
1.1.4 Aufbau	5	1.2.4 Harnröhre (Urethra)	15
1.1.5 Nierengefäße	6		
1.1.6 Nephron	8		

Einführung

Der Harnapparat dient der **Bildung, Speicherung und Ausscheidung des Harns**. Urin wird in der Niere gebildet. Er stellt eine wässrige Lösung dar, deren wesentliche Aufgabe darin besteht, Endprodukte des Stoffwechsels aus dem Blut zu entfernen und auszuscheiden sowie den Flüssigkeits-, Säure-Basen- und Elektrolythaushalt zu regulieren. Daneben bildet die Niere Hormone (Erythropoetin, D-Hormon) und Enzyme wie Renin (manchmal fälschlicherweise ebenfalls als „Hormon“ bezeichnet), das in das System des RAAS integriert ist. Das Organ besitzt also exkretorische (exokrine) und inkretorische (endokrine) Aufgaben:

• exokrine Funktion:

- Ausscheidung von Stoffwechselendprodukten und körperfremden Stoffen (z. B. Medikamente)
- Regulierung der extrazellulären Körperflüssigkeit
- Regulierung des Elektrolythaushaltes
- Regulierung des Säure-Basen-Haushaltes

• endokrine Funktion:

- Bildung von Erythropoetin (➤ Fach Hämatologie)
- Bildung von D-Hormon (➤ Fach Endokrinologie)

Über die ableitenden Harnwege Nierenkelche, Nierenbecken und Harnleiter (Ureter) wird der Harn zur Harnblase geleitet, in der er gespeichert wird, um schließlich über die Harnröhre (Urethra) ausgeschieden zu werden. Die anatomischen Strukturen von Nierenbecken, Ureter, Blase und Urethra sind relativ unkompliziert und gut zu verstehen. Dagegen ist die Nierenstruktur sowohl

anatomisch als auch physiologisch sehr komplex, weil dort eine ungeheure Vielzahl an physiologischen und biochemischen Vorgängen an unterschiedlichste anatomische Strukturen gebunden ist. Dies drückt sich u. a. darin aus, dass man in der Niere mehr als 30 unterschiedliche Zelltypen unterscheiden kann – mehr als in jedem anderen Organ.

Zum Beispiel werden aus dem zunächst gebildeten Primärharn sowohl Wasser als auch unterschiedlichste Substanzen rückresorbiert, um später evtl. erneut sezerniert zu werden. Die Niere ist so in der Lage, die Ausscheidungsvorgänge an die jeweiligen Erfordernisse des Organismus anzupassen. Dementsprechend kann der Urin so konzentriert werden, dass pro Tag nicht mehr als **0,5 l** ausgeschieden werden. Dies bezeichnet man als **Antidiurese** bzw. **physiologisch** erreichbare **Oligurie** (oligos = wenig). Bei einem Wasserüberschuss werden dagegen mehrere Liter Urin/Tag produziert (**Diurese**). Im Durchschnitt entstehen beim Erwachsenen etwa **1,5 l Urin/Tag** (ca. 1 ml/Min.).

Entsprechend den Verhältnissen in Lunge und Leber dient auch die Durchblutung der beiden Nieren nicht zuvorderst deren Versorgung mit Sauerstoff und Nährstoffen. Vielmehr wird das Blut dort im Dienste des Restorganismus aufbereitet, gereinigt und mit Botenstoffen versehen. Diesen Aufgaben dient auch die ungewöhnlich gute Durchblutung: Die beiden Nieren mit einem Gesamtgewicht von gerade mal gut 300 g erhalten nicht weniger als **20 % des Herzzeitvolumens** (1,0–1,2 l Blut/Min.).

1.1 Niere (Ren, Nephros)

1.1.1 Lage

Die Niere liegt **retroperitoneal** an der hinteren Bauchwand im sog. Nierenlager, in einer Entfernung von etwa 7 cm von der paravertebralen Hautoberfläche. Die linke Niere reicht von Th11

bis L2, die rechte befindet sich wegen der Leber etwas tiefer (Th12–L3) (➤ Abb. 1.1). Die Atemverschieblichkeit erreicht nicht ganz das Ausmaß von Leber und Milz, doch sinken die Nieren im Stehen und bei tiefer Inspiration um bis zu 3 cm nach kaudal.

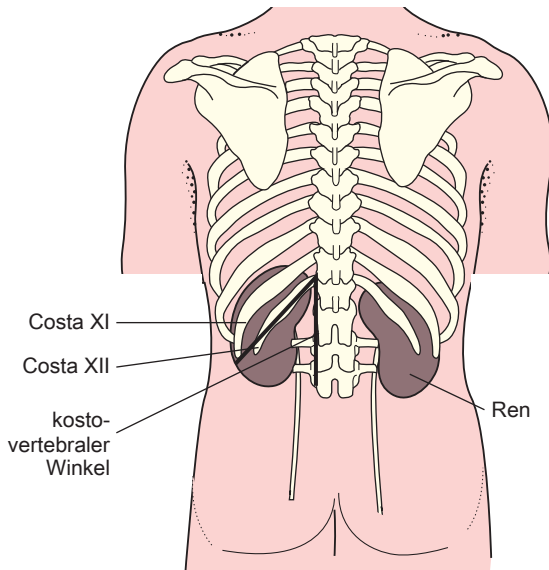


Abb. 1.1 Lage der beiden Nieren (Ansicht von dorsal). [G128]

1.1.2 Aussehen

Das Organ weist ein **bohnenförmiges** Aussehen auf mit einer Länge von 12 cm, einer Breite von 6 cm und einer Dicke von 3 cm (> Abb. 1.2, > Abb. 1.5). Das Gewicht liegt bei 160 g. Damit ist

die Niere etwas länger als die Milz ($4 \times 7 \times 11 \text{ cm} = 4.711$), gleichzeitig aber auch schlanker und leichter.

Die beiden Enden der Niere werden als oberer und unterer **Nierenpol** bezeichnet. Dem oberen Pol sitzt die **Nebenniere** auf, die als endokrine Drüse im > Fach Endokrinologie besprochen wird.

An der medial gelegenen Konkavseite der Niere befindet sich der **Hilus**, an dem die A. renalis und V. renalis, der Harnleiter (Ureter), Lymphgefäße sowie Nerven ein- bzw. austreten. Die beidseitigen **Aa. renales** entstehen auf Höhe L1/L2 aus der **Aorta**. Die **Vv. renales** münden direkt in die **untere Hohlvene**. Die nervale Versorgung erfolgt aus dem **Plexus coeliacus** (= Plexus solaris) und dessen parasympathischen (N. vagus) sowie sympathischen (N. splanchnicus) Anteilen.

Umschlossen wird die Niere von einer derben, **kollagenfaserreichen Kapsel** (Capsula fibrosa), der nach außen eine weitere **Kapsel aus Fettgewebe** (Capsula adiposa) aufgelagert ist (> Abb. 1.3). Dieses Fett ist halbflüssig, sodass die Niere gewissermaßen in dem Fett schwimmt und Stoßbelastungen in gewissem Umfang abfedern kann. Die letzte und äußerste Schicht bildet schließlich ein **Fasziensack** (Fascia renalis), der die Niere in der Umgebung verankert, aber nach medial zu den Gefäßen des Nierenhilus und nach kaudal Lücken besitzt. Wenn in der Folge eines lang dauernden Hungerzustandes die Fettkapsel einsmilzt, kann es (selten) passieren, dass die Niere nach kaudal aus ihrer Hülle austritt und sich in Richtung des kleinen Beckens bewegt (**Wanderniere**).

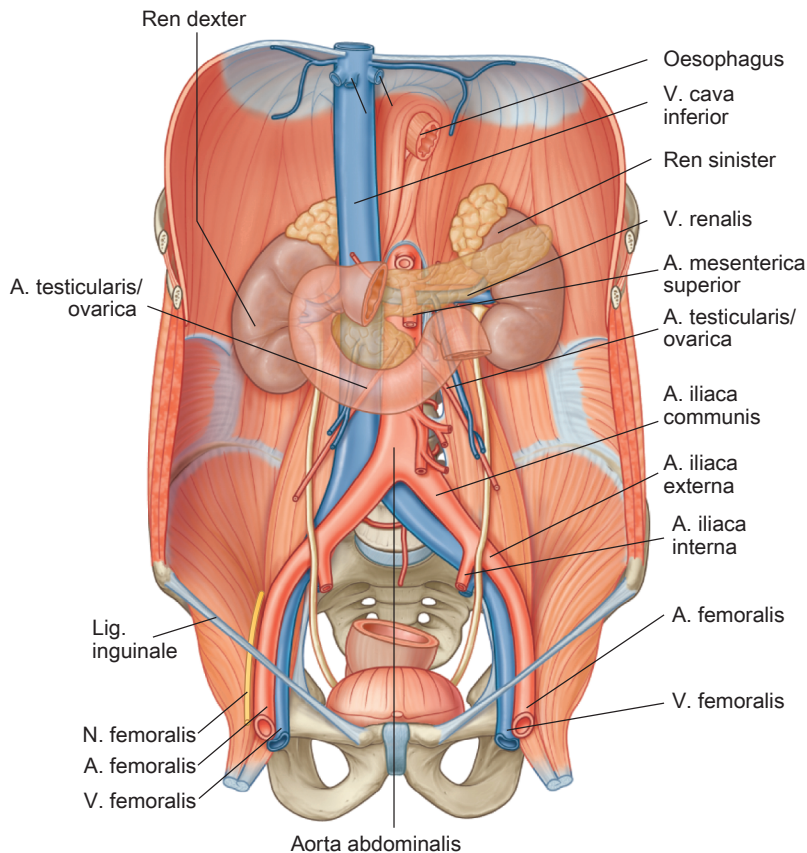


Abb. 1.2 Lage der Nieren mit Nebennieren im Oberbauch (Ansicht von ventral). [E402]

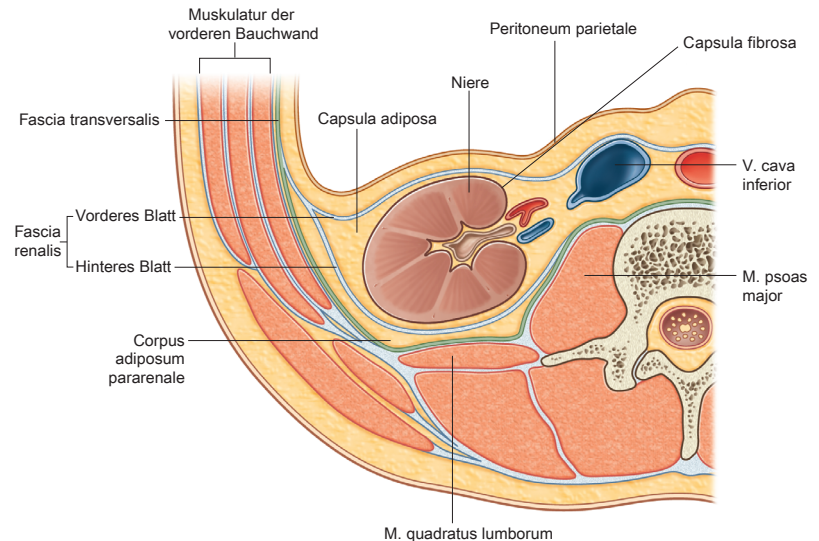


Abb. 1.3 Niere und Nierenhüllen im Querschnitt.
[E402]

1.1.3 Nachbarorgane

Direkt anliegende Nachbarorgane bzw. Strukturen sind, abgesehen von den Nebennieren, rechts die **Leber**, die rechte **Kolonflexur**, Teile des **Duodenum** und **Jejunum** (> Abb. 1.4, > Abb. 1.2). Links grenzt die Niere an **Magen**, **Milz**, **Pankreasschwanz**, linke **Kolonflexur** und Teile des **Jejunum**. Mit ihrer Rückfläche liegen die beiden Nieren dem **M. psoas major** auf. Dort verlaufen auch Nerven zur Versorgung der Haut von Bauch, Leiste und Genitalien, sodass eine Mitbeteiligung im Rahmen einer Nephritis in diese Bereiche ausstrahlen kann. Zumeist handelt es sich dabei allerdings um Harnleiterkoliken.

1.1.4 Aufbau

Schneidet man die Niere der Länge nach in 2 Hälften, lässt sich ein Parenchymanteil von einem Hohlraumssystem abgrenzen (> Abb. 1.5):

- Das **Hohlraumssystem** lässt sich in das **Nierenbecken** (Pelvis renalis) und in die **Nierenkelche** (Calices renales) unterscheiden.
- Am **Nierenparenchym** kann man eine etwa 1 cm breite **Rindenzone** (Cortex renalis) von dem streifenförmigen **Nierenmark** (Medulla renalis) trennen. Es gibt jedoch keine scharfe Grenze, weil die Rinde an verschiedenen Stellen säulenartig (= Columnae renales) bis zum Nierenbecken reicht. Am Nierenmark lässt sich noch ein äußeres von einem inneren Mark abgrenzen.

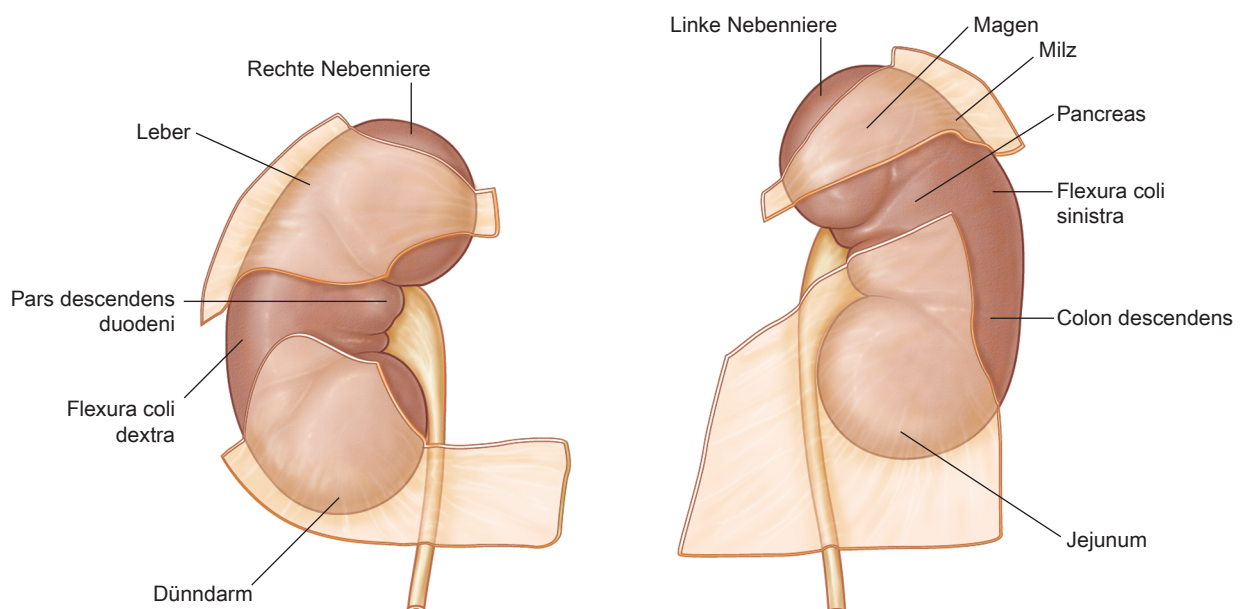


Abb. 1.4 Kontaktflächen der Nachbarorgane der Niere. [E402]

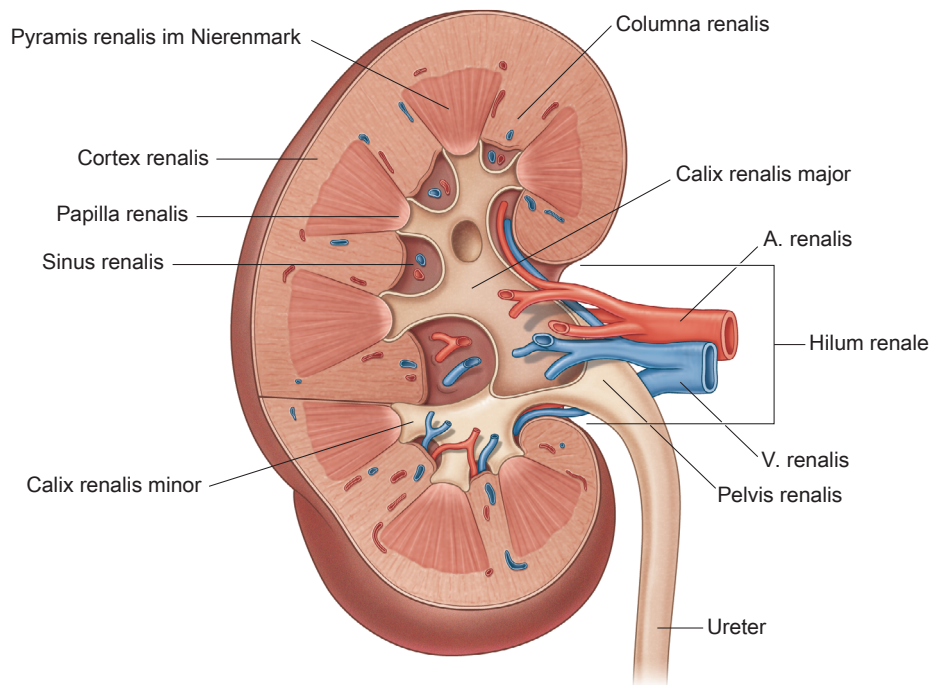


Abb. 1.5 Aufbau der Niere. [E402]

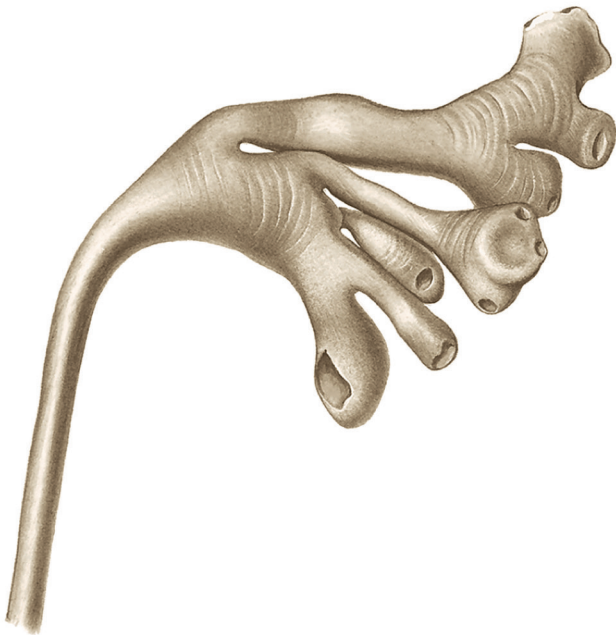


Abb. 1.6 Nierenbecken (Ansicht von ventral). [S007-22]

Das **Mark** wird durch die Rinden- bzw. **Nierensäulen** (Columnae renales) in 10–20 keil- bzw. pyramidenförmige Bereiche, die **Pyramiden** (Pyramides renales) unterteilt. Jeweils eine Pyramide bildet mit dem umgebenden Rindenanteil einen **Nierenlappen**. Die Niere besteht also aus 10–20 Nierenlappen, deren Grenzen bei der Niere eines Neugeborenen noch als Furchen an der Nierenoberfläche zu erkennen sind. Die Markpyramiden ragen warzenartig in die

Kelche des Nierenbeckens hinein. Diese Ausstülpungen der Pyramiden werden als **Nierenpapillen** (Papillae renales) bezeichnet. Sie besitzen eine siebartig durchlöchernte Oberfläche (Area cribrosa), an der die **Papillengänge** (Ductus papillares) münden.

Das **Nierenbecken** (➤ Abb. 1.6) liegt in der **Nierenbucht** (Sinus renalis) hinter A. und V. renalis auf Höhe L2. Beim Sinus renalis handelt es sich um einen mit Bindegewebe und Fett gefüllten Raum, der gewissermaßen die Fortsetzung des Nierenhilus bildet und in dem demzufolge auch die Gefäße und Nerven verlaufen. Das Nierenbecken entsteht durch eine Aufweitung und Vereinigung der **Nierenkelche**. Man unterscheidet bei den Nierenkelchen 2–3 große Kelche (Calices renales majores) von etwa 10 deutlich kleineren (Calices renales minores). In diese kleinen bzw. Endkelche ragen napfartig ein oder zwei (selten drei) Nierenpapillen der Markpyramiden hinein. Durch die hier mündenden 10–20 Papillengänge fließt der Harn tröpfchenweise in die Endkelche und weiter über die großen Kelche ins Nierenbecken.

Man kann die Nieren, entsprechend z. B. Lunge und Leber, in 5 einzelne **Segmente** unterteilen, wobei diese Segmente größere Gewebeeinheiten darstellen und mit den Nierenlappen nicht identisch sind. Segmente besitzen **chirurgische Bedeutung**, weil ihre Gefäße und Nerven getrennt von den Nachbarsegmenten verlaufen und deshalb isoliert entfernt werden können.

1.1.5 Nierengefäße

Blutversorgung

Die Niere wird nicht nur besonders gut durchblutet; der Gefäßverlauf ist auch recht kompliziert, bedingt durch die Filtrationsfunktion des Organs (➤ Abb. 1.7).

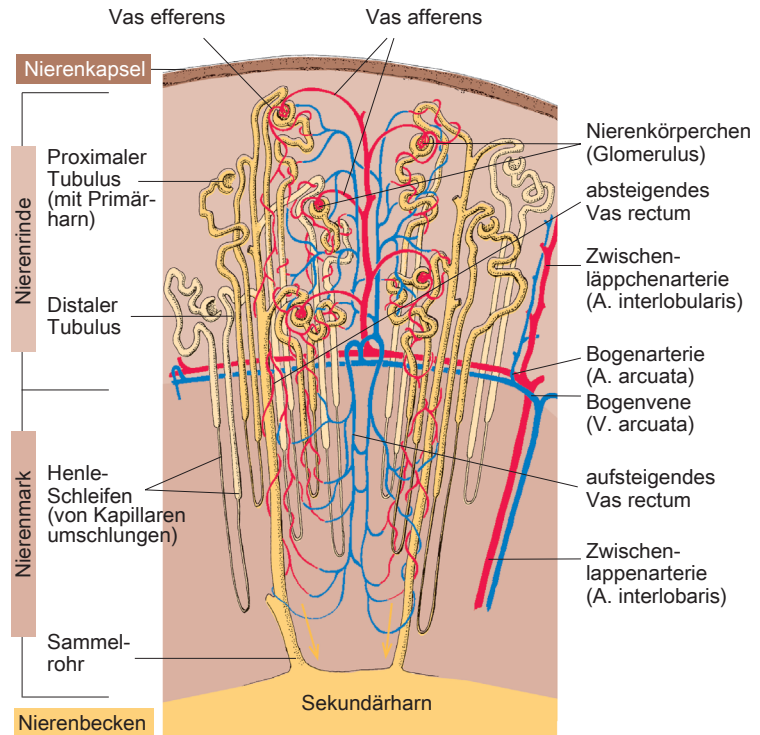


Abb. 1.7 Blutversorgung der Niere. [L190]

- Aus der **Aa. renalis** (> Abb. 1.2) entspringen im Bereich des Hilus **5 Segmentarterien**. Diese stellen **Endarterien** dar, weil sie untereinander keine Anastomosen ausbilden, und versorgen jeweils 2–4 benachbart liegende Nierenlappen.
- Aus den Segmentarterien gehen die **Aa. interlobares** (Zwischenlappenarterien; Lobus = Lappen) hervor. Sie verlaufen zwischen den Markpyramiden in den Columnae renales, um sich dann an der Mark-Rinden-Grenze in bogenförmige **Aa. arcuatae** (Bogenarterien) fortzusetzen.
- Die Aa. arcuatae entlassen zahlreiche **Aa. interlobulares** (Zwischenläppchenarterien; Lobulus = Läppchen) zur Rinde.
- Schließlich entstehen seitlich aus den Aa. interlobulares eine riesige Zahl an **Vasa afferentes** (= **afferente Arteriolen**) – insgesamt rund 1 Million/Niere – und aus diesen das Kapillarnetz des **Glomerulus**. Die Zwischenläppchenarterien mit dem noch verbliebenen Blut enden direkt unterhalb der Nierenkapsel, wo sie in einen Kapillarplexus übergehen.
- Aus dem Glomerulus gelangt das Blut über die **Vasa efferentes** (= **efferente Arteriolen**) zu einem sehr geringen Teil direkt ins venöse Gefäßnetz, weit überwiegend jedoch zu **Rindenstrukturen** sowie in die **Vasa recta** (Arteriolae medullares rectae). Dabei ist eine Zweiteilung zu beobachten: Während die efferenten Arteriolen der **oberflächlich** gelegenen **corticalen Nephro-ne** Kapillarnetze im Rindenbereich ausbilden, steigen die efferenten Arteriolen der tiefen, nahe beim Mark gelegenen sog. **juxtamedullären Nephro-ne** (Medulla = Mark, juxta = neben) als arterielle **Vasa recta** (Arteriolen) ins Nierenmark hinab, teilweise bis nahe an die Papillenspitze, und bilden in ihrem Verlauf ein Kapillarnetz aus, das mit den Tubuli der Nierenkörperchen und den Sammelrohren kommuniziert. Die aus dem Kapillar-

netz hervorgehenden Venolen gelangen schließlich wieder als **venöse Vasa recta** zurück zur Mark-Rinden-Grenze.

- Der größte Teil (90%) des die Niere erreichenden Blutes versorgt die Rindenstrukturen. Dagegen wird das **Nierenmark** ausschließlich aus den **efferenten Arteriolen** (Vasa recta) der **juxtamedullären Nephronen** durchblutet.
- Das **venöse Blut** der Niere sammelt sich aus den aufsteigenden Venolen (Vv. rectae) und sämtlichen weiteren Nierenanteilen überwiegend in **Vv. arcuatae** und nachfolgend **Vv. interlobares** und fließt von dort aus in die großen **Venenäste** (Segmentvenen) am Hilus. Die abschließend entstehende **V. renalis** mündet rechtwinklig in die **untere Hohlvene** (> Abb. 1.2).

Wundernetz

Nahezu überall im menschlichen Körper münden Arteriolen in ein Kapillarnetz, aus dem das Blut dann in abführende Venolen und Venen strömt. Die Besonderheit der Nierendurchblutung besteht darin, dass das Kapillarnetz des Glomerulus, das aus dem **Vas afferens** hervorgeht, nicht in Venolen, sondern über eine weitere **Arteriole (Vas efferens)** in ein **zweites Kapillarnetz** mündet. Ein Kapillarnetz, das zwischen 2 arterielle Gefäße eingebettet liegt, nennt man **Wundernetz (Rete mirabile)**. Ein entsprechendes Wundernetz findet man u. a. auch in der Leber, in der das Blut der *Vena portae* über die Kapillaren (Sinusoide) der Leberläppchen in die *Zentralvene* abfließt.

Während das **glomeruläre Kapillarnetz** die eigentliche **Nierenfunktion** erfüllt, indem dort der Primärharn einschließlich der Stoffwechselendprodukte („Schlacken“) aus dem Blut abgepresst wird, dient

das aus dem **Vas efferens** hervorgehende Kapillarnetz teilweise der **Ernährung der Nierenstruktur**, teilweise aber wiederum der eigentlichen **Nierenfunktion**, indem diese Gefäße in enger Nachbarschaft zu Nephronstrukturen und Sammelrohren liegen und so dem Stoffaustausch zwischen Blut und abfiltrierter Harnflüssigkeit dienen. Erreicht wird dies durch die **Vasa recta**, die v.a. aus efferenten Arteriolen hervorgehen, die tiefer in der Rindenzone an der Grenze zum **Mark** entspringen (juxtamedulläre Nephronen), um dann im Kontakt mit den Harnkanälchen (Tubuli) ins Mark hinabzusteigen. Dagegen verbleiben die zahlenmäßig weit überwiegenden, höher in der Rinde entstehenden Vasa efferentes mit ihren Kapillaren in der Rindenzone.

Lymphhe

Die **Nierenrinde** enthält eine große Zahl an **Lymphgefäßen**. Dagegen fehlen dieselben im Mark weitgehend. Dies hängt mit der Konzentrierung des Urins zusammen. Neben A. und V. renalis, Ureter und vegetativen Nerven finden sich am Nierenhilus also auch Lymphgefäße.

1.1.6 Nephron

Die **Funktionseinheit der Niere** ist das Nephron. Pro Niere gibt es annähernd 1 Million Nephrone. Da diese Strukturen während der gesamten Embryogenese und Fetalzeit gebildet werden, ist die Zahl der Nephrone bei einer verkürzten Schwangerschaftsdauer und niedrigem Geburtsgewicht kleiner (bis zu < 500.000 Nephrone). Dies kann dazu führen, dass solche Nieren im fortgeschrittenen Erwachsenenalter vorzeitig von einer Insuffizienz betroffen sind, zumindest jedoch anfälliger auf schädigende Faktoren reagieren.

Das einzelne Nephron besteht aus zwei Anteilen:

- Dies ist zum einen das **Nierenkörperchen** (sog. **Malpighi-Körperchen**) mit Glomerulus, Bowman-Kapsel und Mesangium.
- Zum anderen ist es das **Tubulussystem** – ein Gangsystem, das den im Nierenkörperchen gebildeten Primärharn vielfältig verändert und zu den Sammelrohren transportiert.

Nierenkörperchen

Glomerulus

Das **Kapillarknäuel (= Glomerulus)**, das aus der zuführenden **Arteriola afferens** entsteht und am sog. **Gefäßpol** des Nierenkörperchens unmittelbar benachbart in die **Arteriola efferens** mündet, wird von einer epithelausgekleideten Hohlkugel, der **Bowman-Kapsel** umgeben (➤ Abb. 1.8).

Die afferente Arteriola teilt sich bei ihrer Aufzweigung in den Glomerulus in etwa 5 separate Kapillaren, die jeweils eigene Netze bilden. Der Glomerulus besteht demnach aus 5 voneinander unabhängigen Segmenten. Die 5 Segmentkapillaren mit ihren insgesamt rund 30 einzelnen Kapillarschlingen vereinigen sich abschließend wieder zu einer einzigen Arteriola, dem Vas efferens, das am selben

Gefäßpol das Malpighi-Körperchen verlässt, an dem die afferente Arteriola eintritt.

Nierenkörperchen liegen **ausnahmslos** in der **Nierenrinde**, niemals im Mark. Der **Durchmesser** eines Nierenkörperchens liegt bei etwa **0,2 mm** und ist damit sogar noch etwas kleiner als eine einzelne Lungenalveole (0,3 mm).

Bowman-Kapsel

Die Bowman-Kapsel besteht mit ihrem **äußeren (parietalen) Blatt** aus einem einschichtigen, flachen Epithel, das am Übergang zum **Harnpol** kubisch wird und sich nahtlos in das Epithel des **Tubulus** fortsetzt. Gegenüber, am **Gefäßpol**, geht das Epithel der Kapsel in das **innere (viszerale) Blatt** über, das nun von dort aus die Kapillaren des Glomerulus überzieht. Hier verändern die Zellen ihre Form und werden zu sog. **Podozyten** (Deckzellen), die ihren Namen wegen ihrer fußförmigen Fortsätze erhalten haben (Pous, Podos = Fuß). Zwischen den Fortsätzen benachbarter Podozyten entstehen etwa 25 nm breite **Spalte** (sog. **Schlitzporen**). Durch hier eingelagerte Proteine (z.B. Nephtrin) bleibt aber letztendlich nur ein Durchlass mit einer **Porenweite** von **4–5 nm** übrig. Dies ist von größter Bedeutung für das Ultrafiltrat des Primärharns, indem nur Blutbestandteile bis zu einem Molekulargewicht von gut **70.000 Dalton** hindurchgelangen (➤ Abb. 1.8). Im Rahmen einer Glomerulopathie zugrunde gegangene Podozyten werden nicht mehr ersetzt.

Filtrationsschranke

Als Besonderheit der **Glomeruluskapillaren** ist deren **Basalmembran** zu erwähnen, die hier deutlich **dicker** ist als üblich (mehr als 300 nm), indem sich auch die außen aufliegenden Podozyten an ihrer Bildung beteiligen. Andererseits besitzen die Kapillaren besonders zahlreiche **Poren** mit einem Durchmesser von durchschnittlich 70 nm (größer als üblich).

MERKE

Die **glomeruläre Filtrationsschranke** besteht also aus dem **Kapillarendothel** mit zahlreichen, großen **Poren**, einer besonders dicken **Basalmembran**, die zahlreiche negativ geladene Proteine enthält, sowie den aufliegenden **Podozyten** mit ihren **Schlitzporen**. Die Kapillarporen mit ihrem ungewöhnlich großen Durchmesser (70 nm) lassen allerdings selbst große Eiweißmoleküle passieren, sodass ungeachtet dieser üblichen Definition die eigentliche Schranke von Basalmembran und Schlitzporen (+ Nephtrin) samt ihren negativen Ladungen aufgebaut wird.

HINWEIS PRÜFUNG

Im Hinblick auf Prüfungsfragen sollte ungeachtet dieses Zusammenhangs davon ausgegangen werden, dass die Kapillarporen mit den weiteren Strukturen eine **Einheit** darstellen und damit **pauschal** für große Moleküle unpassierbar sind. Diesbezügliche Prüfungsfragen stellen manchmal mehr den grundsätzlichen Zusammenhang („Poren als Teil der Nierenschranke“) in den Vordergrund, sodass man sich in solchen Fällen nicht in Details verlieren sollte. Die Situation ist zwar gerade für diejenigen Prüflinge, die über ein solches Detailwissen verfügen, höchst unbefriedigend, doch lässt sich die **erwartete Antwort** in aller Regel problemlos aus der Gesamtkonstellation mit den weiteren Antworten von A–E ablesen.

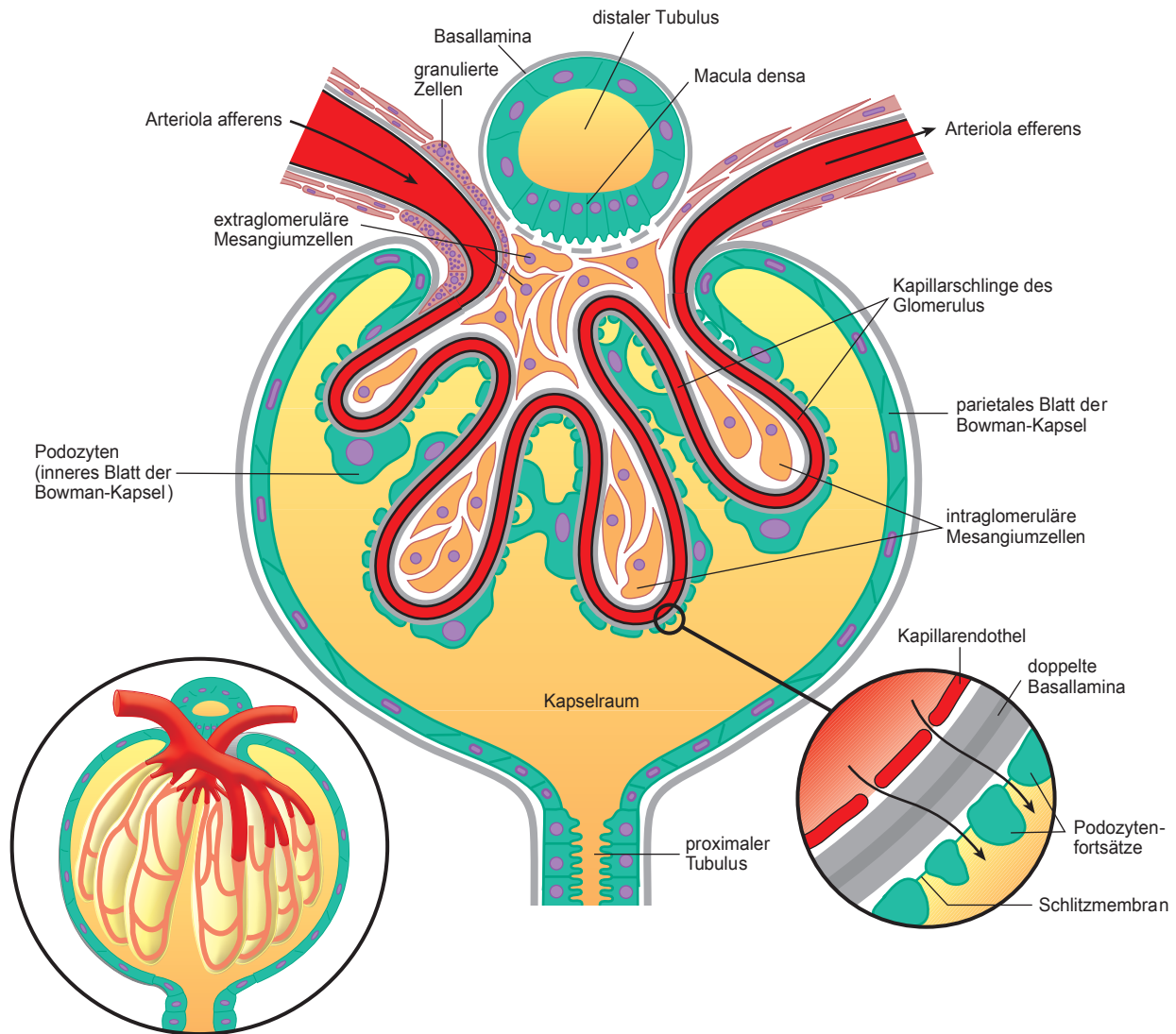


Abb. 1.8 Schema eines Glomerulus (Malpighi-Körperchens). [L141]

Zwischen den Kapillarschlingen des Glomerulus und der Bowman-Kapsel entsteht ein **spaltförmiger Hohlraum**, in den der Primärharn aus dem Kapillarnetz abgepresst wird und aus dem er am Harnpol in den proximalen Tubulus läuft.

Mesangium

Als **stützendes Element** für die Struktur des Glomerulus dient das Mesangium, bestehend aus **Mesangiumzellen** und **Grundsubstanz**. Die Zellen leiten sich aus Bindegewebszellen ab, können jedoch auch **phagozytieren** und im Rahmen von Entzündungen (z. B. einer Glomerulonephritis) **proliferieren**. Aus extraglomerulär am Gefäßpol liegenden Mesangiumzellen bildet sich ein Streifen oder auch Stiel von Mesangiumzellen, der sich zwischen die Kapillaren des Glomerulus schiebt (> Abb. 1.8).

Der Name Mes-Angium rührt daher, dass sich Anordnung und Funktion gut mit dem Gekröse (Meso) des Darmes vergleichen las-

sen. Man kann den Namen aber auch den Gegebenheiten zuordnen, indem das Mesangium mitten zwischen den Gefäßen liegt (mesos = inmitten, zwischen; Angion = Gefäß).

Interessant ist, dass große Serumproteine, die im physiologischen Rahmen in der Filtrationssschranke hängen bleiben und die Poren dadurch mit der Zeit verstopfen würden, sowohl vom Mesangium als auch von den Podozyten durch Endozytose aufgenommen und intrazellulär abgebaut werden. Erst wenn diese Reinigungsfunktion durch einen pathologisch verursachten Mehranfall überfordert wird, proliferiert das Mesangium, sodass dann durch eine Verdrängung der Kapillaren die Filtrationsfläche abnimmt.

Tubulussystem (> Abb. 1.9)

Das Tubulussystem eines Nephrons beginnt am **Harnpol** des Malpighi-Körperchens. Der Primärharn des Kapselraumes wird in die-

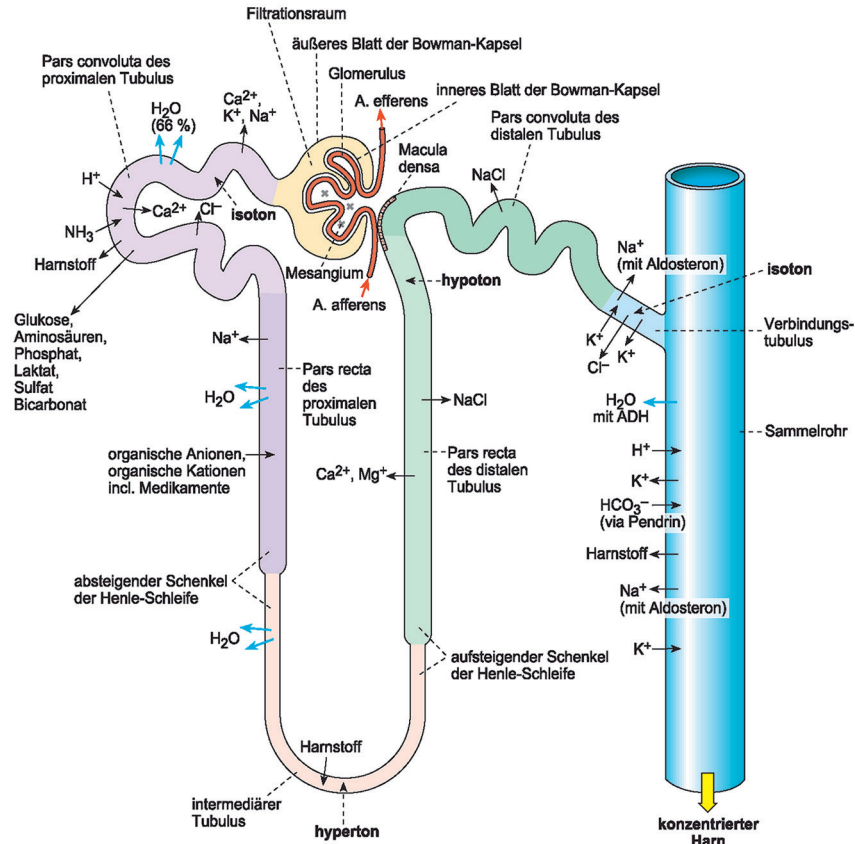


Abb. 1.9 Tubulusapparat. [L141]

sem System nicht nur in Richtung Nierenbecken geleitet, sondern auch in seiner Zusammensetzung wesentlich verändert. Von daher ist klar, dass es sich bei den Epithelien, welche die Wandungen des Tubulus aufbauen, um hoch spezialisierte Zellen handeln muss.

Proximaler Tubulus

Der 1. Teil des Nephrons im Anschluss an die Bowman-Kapsel ist der **proximale Tubulus** (sog. Hauptstück), der zunächst **gewunden** verläuft (= proximales Konvolut, Pars convoluta bzw. contorta) und noch in der Nähe des Glomerulus verbleibt.

Henle-Schleife

Der proximale Tubulus wird dann **gerade** und steigt in Richtung Mark hinab. Die gesamte, zunächst absteigende und später wieder aufsteigende Schleife wird als **Henle-Schleife** bezeichnet. Der Durchmesser des Anfangsteils entspricht der Pars convoluta (= dicker absteigender Teil der Henle-Schleife – noch dem Hauptstück zugerechnet), um anschließend in den **dünnen absteigenden** Schleifenschenkel überzugehen. Dieser verläuft zunächst noch in der Rinde und später im Mark in Richtung Papillenspitze.

Nach einer Haarnadelkurve (Vertex) steigt er als **gerader dünner aufsteigender** Teil der Henle-Schleife wieder nach oben in Rich-

tung Rinde und geht noch im Mark in den dicken aufsteigenden Teil der Henle-Schleife (= Pars recta des distalen Tubulus = Mittelstück) über.

Distaler Tubulus

In der Rinde nähert sich der distale Tubulus wieder dem Glomerulus und geht hier erneut in eine **Pars convoluta** (= Pars contorta = distales Konvolut) über, die etwas kürzer als das proximale Konvolut ist.

Die **dünnen**, ab- und aufsteigenden Anteile der Henle-Schleife werden als **Überleitungsstück** oder auch als **intermediärer Tubulus** bezeichnet, während der **dicke** aufsteigende Anteil der Henle-Schleife (Pars recta) bereits dem **Mittelstück** zugerechnet wird, ebenso wie das **distale Konvolut** (Pars contorta bzw. convoluta des Mittelstücks).

Insgesamt ist das Tubulussystem eines Nephrons etwa **4 cm lang**, wobei die **oberflächlich** liegenden Tubuli **kurze** Henle-Schleifen ausbilden, während die Schleifen der tiefen, an der Grenze zum Mark befindlichen juxtamedullären Nephrene sehr lang sind und dadurch teilweise bis in die Nähe der Papillenspitze reichen. Damit entspricht das Tubulussystem der Durchblutungssituation: Die juxtamedullären Nephrene besitzen sowohl Blutgefäße (Vasa recta) als auch Henle-Schleifen, die besonders tief ins Mark hinabziehen.

Sammelrohre

Vom distalen Konvolut aus läuft der Harn über ein kurzes gerades Stück (Verbindungstubulus) in ein im Markstrahl (s. unten) liegendes **Sammelrohr**. Die Sammelrohre steigen auf geradem Weg von der Rinde ins Mark hinab, wobei sie weitere Zuflüsse aus Nephronen erhalten und dadurch immer voluminöser werden. Schließlich entstehen im Bereich der Papillen aus 1 Million Nephronen einer Niere rund **350 Ductus papillares**. Diese letzten großen Sammelrohre öffnen sich abschließend in die siebartigen **Areae cribrosae** der **Papillenspitze**, von wo aus der Harn in die kleinen **Kelche** des Nierenbeckens tropft.

Markstrahlen

Die **Glomeruli** mit den beiden direkt benachbarten Konvoluten befinden sich in der Rinde unmittelbar neben der **A. interlobularis**, aus der die afferenten Arteriolen entspringen. Im Gegensatz dazu gruppieren sich die geraden Abschnitte des Nephrons sowie die Rindenanteile der Sammelrohre seitlich versetzt in Bereichen, die frei von Glomeruli sind. Diese Segmente aus **Bündeln von Sammelrohren** nebst den **geraden Anteilen** der proximalen und distalen Tubuli stellen die **Markstrahlen** dar. Die Nierenrinde wird dadurch in **Läppchen** aufgeteilt, indem ein Läppchen denjenigen Bereich darstellt, der zwischen zwei benachbarten Interlobulararterien liegt und zentral einen Markstrahl besitzt.

Feinbau von Tubulus und Sammelrohren

Im **proximalen Tubulus** findet eine erhebliche **Rückresorption** verschiedenster Substanzen aus dem primären Glomerulusfiltrat statt. Die Zellen des proximalen Tubulus sind dieser Aufgabe angepasst. Sie sind **zylindrisch** mit zentral liegendem Kern und besitzen dem Lumen zugewandt einen gut entwickelten **Bürstensaum (Mikrovilli)**. Die jeweils benachbarten Zellen sind durch **zahlreiche Fortsätze** miteinander und mit der Basalmembran verzahnt.

Im dicken, absteigenden Schenkel des Hauptstücks (Pars recta) werden die Mikrovilli spärlicher, die Verzahnung der Zellen ist weniger ausgeprägt und die Zahl ihrer Mitochondrien und Lysosomen nimmt ab. Im dünnen Anteil der Henle-Schleife (Überleitungsstück) gibt es dann nur noch flache Epithelzellen weitgehend ohne Mikrovilli oder sonstige Spezialisierungen.

Mit dem dicken aufsteigenden Teil der Henle-Schleife beginnt der distale Tubulus (Mittelstück). Etwa am Übergang der Pars recta zur Pars convoluta berührt der **distale Tubulus** den **Gefäßpol** seines Glomerulus und bildet dort als Teil seiner Wandung eine Gruppe aus 20–30 spezialisierten Zellen, die sog. **Macula densa**, die wegen ihres direkten Kontakts zum Malpighi-Körperchens einen **Teil des juxtaglomerulären Apparates** darstellt (> Abb. 1.9) (zur Funktion dieser Zellen > 2.1.5). Die Zellen des distalen Tubulus ähneln mit Ausnahme der Macula densa den Zellen des proximalen Tubulus.

Die Wandungen der **Sammelrohre** bestehen hauptsächlich aus großen hellen Zellen (**Hauptzellen**), zwischen die einzelne, dunkler gefärbte Zellen (**Schaltzellen**) eingestreut sind (> Abb. 1.10). Die Funktion der Hauptzellen besteht im Transport von Natrium und/

oder Wasser. Die Schaltzellen tauschen Kalium gegen Protonen (H^+) (> 2.1.3).

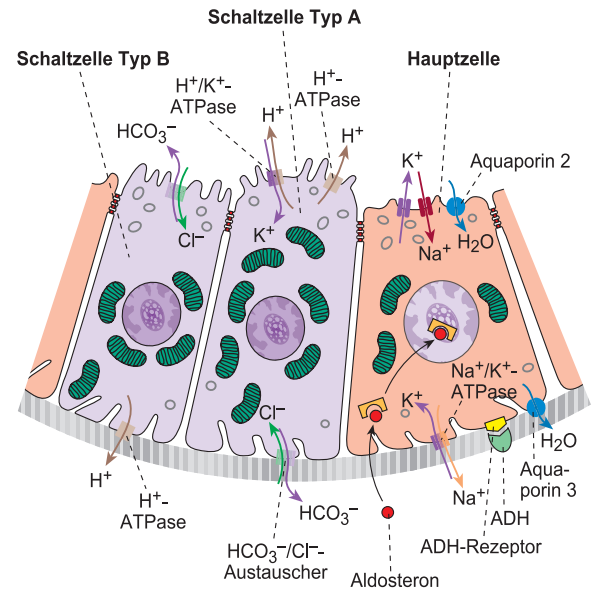


Abb. 1.10 Querschnitt durch ein Sammelrohr. [L141]

Zusammenfassung

Niere

Lage

- liegt retroperitoneal auf dem M. psoas, linke Niere reicht von Th11–L2, die rechte von Th12–L3

Größe

- $3 \times 6 \times 12$ cm, etwas schlanker und länger als die Milz („4.711“)

Gewicht

- ca. 160 g

Hüllen

- Kapsel (Bindegewebe), Fettkapsel, Faszienhülle

Nachbarorgane

- rechte Niere: Leber, rechte Kolonflexur, Duodenum und weitere Dünndarmschlingen
- linke Niere: Milz, Magen, Pankreas, linke Kolonflexur, Dünndarmschlingen

Aufbau

- **Rinde:** 1 cm breiter Streifen direkt unter der Kapsel, reicht zusätzlich säulenartig zwischen den Markpyramiden bis zum Hohlraumssystem von Kelchen und Nierenbecken
- **Mark:** besteht unterhalb der Rinde aus 10–20 voneinander durch die Nierensäulen getrennten Pyramiden; reichen mit ihren Nierenpapillen zum Hohlraumssystem der Nierenkelche; Markpyramiden bilden mit dem umgebenden Anteil der Columnae renales einen Nierenlappen; der Harn tropft aus den Sammelrohren der Nierenpapillen (Ductus papillares) in die kleinen Kelche.