

## 5.6. Niere und Wasserhaushalt

### 5.6.1. Aufbau der Niere

Die beiden Nieren liegen an der hinteren Bauchwand beiderseits der Wirbelsäule in Höhe der ersten Lendenwirbel.

Die dicke Wandung der Niere besteht aus der körnig erscheinenden **Rinde** und dem radial gestreiften **Mark**.

Die Marksubstanz ragt mit ca. 10 kegelförmigen **Nierenpyramiden** in den inneren Hohlraum der Niere, das **Nierenbecken**, hinein.

Auf jeder Pyramidenspitze, der **Nierenpapille**, münden etwa 20 Kanäle. Aus ihnen tritt der Harn in das Nierenbecken ein, von wo er durch den Harnleiter zur Harnblase abfließt.

In der **Nierenrinde** liegen ca. 1 Millionen körnchenartige, etwa 0,1 mm große **Nierenkörperchen**.

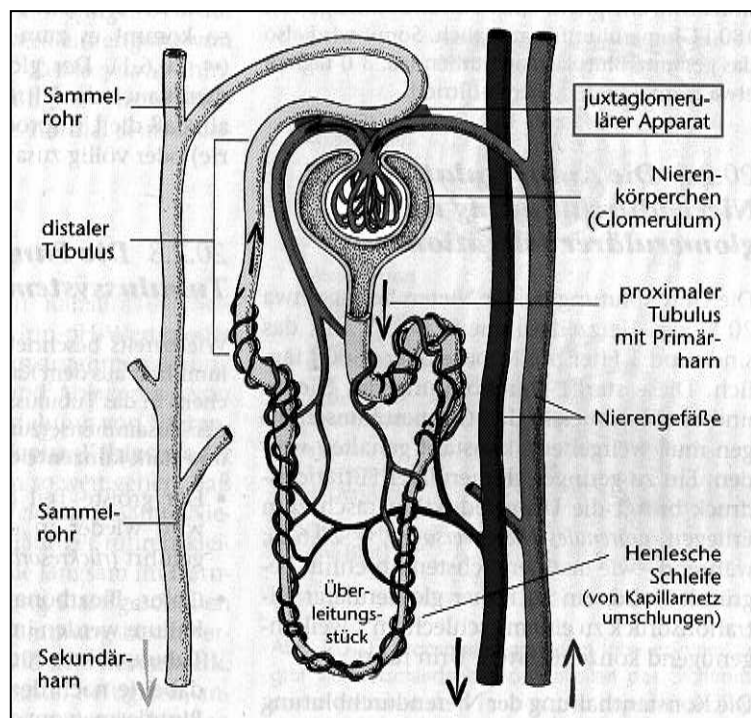
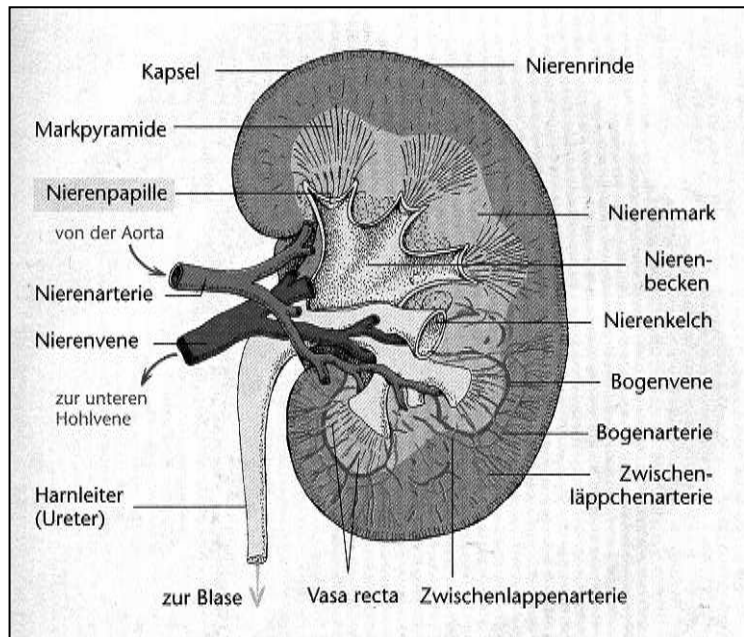
Sie bestehen aus der **Bowmanschen Kapsel** und einem von ihr umschlossenen Knäuel von arteriellen Kapillaren, dem **Glomerulus**.

Die eintretende Arteriole mit relativ **weitem** Durchmesser verzweigt sich in der Kapsel in zahlreiche Schlingen, die sich dann wieder zur austretenden Arteriole mit einem merklich **geringeren** Durchmesser vereinigen.

Die Kapsel geht in ein mehrere Zentimeter langes **Nierenkanälchen** über.

Dieses bildet in Kapselnähe zunächst Windungen, zieht dann geradlinig weiter in das Mark hinein, biegt hier haarnadelförmig um und kehrt wieder zur Kapsel zurück (**Henlesche Schleife**). Das Nierenkanälchen mündet in ein Sammelröhrchen, das zu den Nierenpapillen führt.

Nierenkörperchen und Nierenkanälchen bilden zusammen die morphologische und funktionelle Einheit der Niere, das **Nephron**.



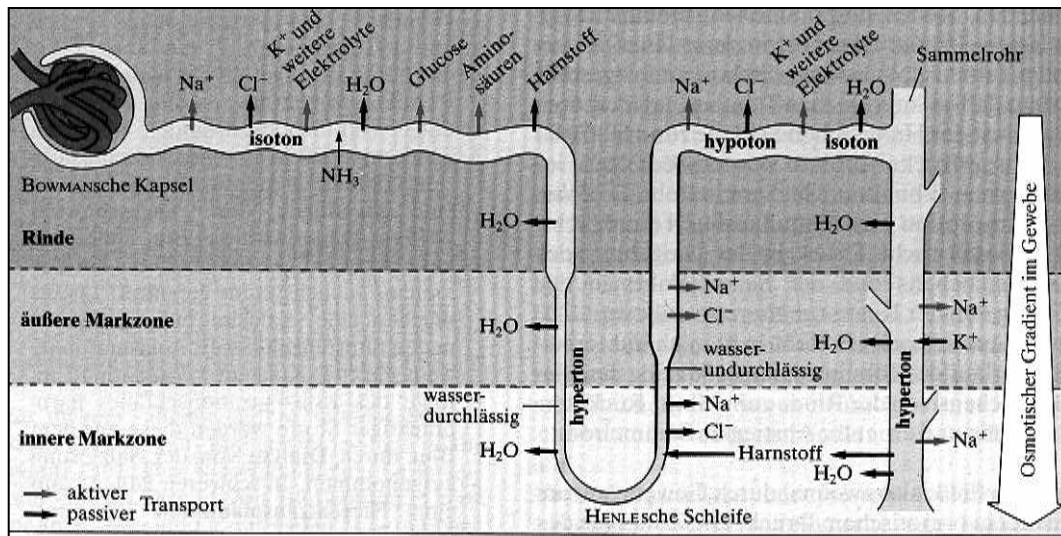
### 5.6.2. Funktion der Niere

#### 5.6.2.1 Überblick

1. Die Nieren regulieren die **Wassermenge** des Organismus, indem sie die Wasserausscheidung kontrollieren.
2. Die Nieren regulieren die **Mineralstoffkonzentration** der Körperflüssigkeiten, indem sie die Mineralstoffausscheidung kontrollieren.
3. In den Nieren werden **Hormone** gebildet, die den Blutdruck konstant halten.
4. Die Nieren sorgen für die Ausscheidung von wasserlöslichen Abbauprodukten, insbesondere Harnstoff, dem Endprodukt des Aminosäurestoffwechsels.

### 5.6.2.2. Harnbildung

In jeder Minute durchfließt etwa ein Liter Blut beide Nieren, wobei das gesamte Blut täglich etwa 200mal in den Nieren gefiltert wird:



Die Harnbildung kann in drei Abschnitte unterteilt werden:

#### 1. Filtration des Blutes

Infolge der größeren Weite der eintretenden Arteriole im Vergleich zur austretenden Arteriole entsteht im Glomerulus ein **Staudruck**. Infolgedessen wird Blutflüssigkeit durch die feinen Poren der Kapillarwände in die Bowman'sche Kapsel abgepresst. Dieses als **Primärharn** bezeichnete Ultrafiltrat (etwa 170 l/Tag) enthält alle löslichen Bestandteile des Blutes mit Ausnahme fast aller **Eiweißstoffe**, welche im Blut zurückbleiben.

#### 2. Rückresorption des Wassers und der gelösten Stoffe

In den Nierenkanälchen wird das Wasser zum größten Teil durch **passiven** Transport (Osmose) rückresorbiert. Die gelösten Stoffe, wie Glucose,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  und  $\text{HPO}_4^{2-}$ , werden zum größten Teil durch **aktiven** Transport rückresorbiert.

#### 3. Aktive Abgabe von Substanzen in den Harn

Schließlich werden auch umgekehrt Stoffe in den Tubulus abgegeben, etwa in der Niere gebildete Ammoniumsalze oder eingenommene Medikamente.

### 5.6.2.3 Wasserrückresorption durch Osmose

Die passive Wasserrückresorption wird durch die spezielle Führung des Nierenkanälchens durch Gewebe mit unterschiedlichem osmotischem Druck ermöglicht: Durch den aktiven Rücktransport von  $\text{Na}^+$  aus dem Tubulus in das umgebende Gewebe nimmt nämlich der osmotische Druck in der Umgebung des Nierenkanälchens und des Sammelrohrs in der Richtung von der Rinde zur Nierenpapille zu.

1. Infolge der **großen Wasserpermeabilität** der Wand des **kapselnahen Tubulus** folgt dem rückresorbierten  $\text{Na}^+$  das Wasser osmotisch nach, die Tubulusflüssigkeit bleibt damit etwa isoton gegenüber dem osmotischen Druck des Blutes.
2. Im dicken, aufsteigenden Teil des **kapselernen Tubulus** ist die **Wasserpermeabilität gering** und infolge der fortgesetzten  $\text{Na}^+$ -Rückresorption wird der Tubulusinhalt hypoton.
3. Im übrigen kapselernen Tubulus und im **Sammelrohr** ist die **Wasserpermeabilität wieder groß**, so daß infolge der Hypertonie der Umgebung der Harn durch Wasserentzug wieder isoton und zunehmend konzentriert wird.

### 5.6.3. Regulierung des Wasserhaushaltes durch Hormone

#### 5.6.3.1. Regulierung des Wasserrückresorption durch Adiuretin

Das Hormon **Adiuretin** (Vasopressin, ADH) wird im **Hypothalamus** gebildet und im Hypophysenhinterlappen gespeichert.

Adiuretin steigert die **Wasserpermeabilität** im gewundenen Teil des kapselfernen Tubulus und **Sammelrohr**. Damit wird die Rückresorption von Wasser gefördert, was zu einer **Harnkonzentrierung** und einer Verringerung der Endharmenge führt. Wird die Adiuretinausschüttung in das Blut **gehemmt**, resultiert eine größere, aber verdünnte Endharmenge.

Zu einer **Adiuretinausschüttung** kommt es bei

1. **Hypertonie** = erhöhte Osmolarität des Blutes durch Wasserverlust, z.B. beim Schwitzen, Erbrechen oder Blutungen
2. **Streß** durch Verletzungen oder Vergiftungen, z.B. durch Nikotin oder Medikamente

Zu einer **Hemmung** der Adiuretinausschüttung kommt es bei

1. **Hypotonie** = verminderte Osmolarität des Blutes durch Wasseraufnahme, z.B. beim Trinken oder durch Infusion
2. Dehnung des linken **Herzvorhofes** infolge Zunahme des Blutvolumens
3. **Koffein** und **Alkohol**

#### 5.6.3.2. Regulierung des Natriumrückresorption durch Aldosteron

Das Nebennierenrindenhormon **Aldosteron** steigert die **Rückresorption** des  $\text{Na}^+$  im **Tubulus** im Austausch gegen  $\text{K}^+$  und  $\text{H}^+$ . Es verringert also die Ausscheidung von  $\text{Na}^+$  und erhöht die Abgabe von  $\text{K}^+$  und  $\text{H}^+$ .

**$\text{Na}^+$ -Ionen** befinden sich hauptsächlich im extrazellulären Raum (**EZR**) und Blutgefäßen.  $\text{Na}^+$ -Überschuß führt daher zu Flüssigkeitsansammlungen (**Ödemen**) im EZR und **Erhöhung des Blutdrucks**. Erhöhter Blutdruck **hemmt** die Aldosteronausschüttung.

**$\text{K}^+$ -Ionen** befindet sich hauptsächlich im intrazellulären Raum (**IZR**), also außerhalb der Blutgefäße.  $\text{K}^+$ -Überschuß wirkt daher **blutdrucksenkend** und führt zu Alsosteronausschüttung.

$\text{K}^+$ -Mangel führt zu verminderter Erregbarkeit der Nerven und zu Störungen der Herz- und Darmtätigkeit (Verstopfung). Außerdem wird die  $\text{Na}^+$ -Ausscheidung gehemmt

Bei Überproduktion von Aldosteron kommt es zu  $\text{Na}^+$ -Überschuß bei gleichzeitigem  $\text{K}^+$ -Mangel (**Conn-Syndrom**)

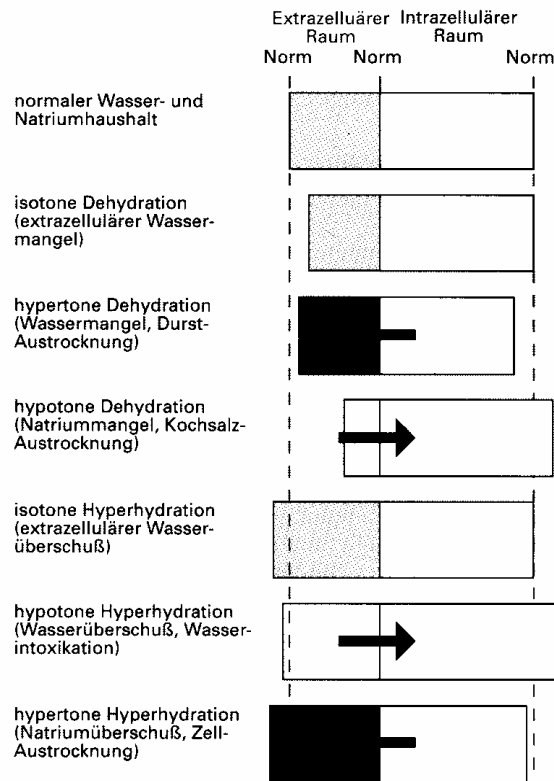
#### Überblick Aldosteron und Adiuretin

	<b>Adiuretin</b>	<b>Aldosteron</b>
<b>Ausschüttung</b>	Hypertonie	geringer Blutdruck
<b>Hemmung</b>	Hypotonie	hoher Blutdruck
<b>Wirkung</b>	$\text{H}_2\text{O}$ -Rückresorption => weniger konzentrierter Harn	$\text{Na}^+$ -Rückresorption => verdünnter Harn

#### 5.6.3.3. Störungen des Wasserhaushaltes

	<b>Dehydration</b>	<b>Hydration</b>
<b>hypertone</b>	verminderte Zufuhr von hypotonen Flüssigkeiten, z.B. durch gestörtes Durstgefühl im Alter  erhöhte Abgabe von hypotonen Flüssigkeiten, z.B. durch Diabetes oder ADH-Mangel => Verkleinerung des IZR	erhöhte Zufuhr von hypertonen Flüssigkeiten, z.B. durch lang anhaltende Infusion von Kochsalzlösungen  verminderte Abgabe von hypertonen Flüssigkeiten z.B. durch Nierenversagen oder geringen Blutdruck => Vergrößerung es EZR (Ödeme)
<b>hypotone</b>	erhöhte Abgabe von hypertonen Flüssigkeiten, z.B. durch Erbrechen, Durchfall, Verbrennungen, Blutungen, Schwitzen => Verkleinerung des EZR	erhöhte Zufuhr von hypotonen Flüssigkeiten, z.B. durch Trinken von destilliertem Wasser  => Vergrößerung des IZR und EZR

## Überblick Störungen des Wasserhaushaltes



## 5.6.4. Regulierung des Blut-pH durch Puffer

### 5.6.4.1. Regulierung des Blut-pH

Da die **Tertiärstruktur** der Proteine und insbesondere aller Enzyme stark vom pH abhängt, muß der Blut-pH in einem engen Bereich zwischen 7,35 und 7,45 konstant gehalten werden. Die Regulierung erfolgt durch

1. **Hydrogencarbonatpuffer:**  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$  und  $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}_3\text{O}^+$  mit  $\text{pKs} = 6,4$   
Da das Hämoglobin die Aufnahme von  $\text{CO}_2$  ins Blut fördert, verschiebt sich das Gleichgewicht bei diesen beiden Reaktionen etwas nach rechts und der  $\text{pKs}$ -Wert sinkt unter „physiologischen Bedingungen“ auf 6,1.
2. **Hydrogenphosphatpuffer:**  $\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_3\text{O}^+$  mit  $\text{pKs} = 7,2$
3. **Aminosäuren-puffer**
4. **Nieren:**  $\text{OH}^-$ - bzw.  $\text{H}^+$ -Ionen könne im Tausch gegen andere Anionen bzw.  $\text{Na}^+$  an den Harn abgegeben werden.
5. **Atmung:** Durch verstärkte Atmung kann  $\text{CO}_2$  abgeatmet werden, wodurch sich der Kohlensäuregehalt des Blutes vermindert.

### 5.6.4.2. Ursachen für Störungen des Blut-pH

	<b>Azidose (Blut-pH &lt; 7,35)</b>	<b>Alkalose (Blut-pH &gt; 7,45)</b>
<b>respiratorische</b>	verminderte Atmung durch Lungenfunktionsstörung oder Medikamente, z.B. Beruhigungsmittel	vermehrte Atmung (Hyperventilation) durch Streß, z.B. Prüfungssituation oder Fieber
<b>metabolische</b>	Bildung von sauren Ketonkörpern durch verstärkte Lipolyse, z.B. bei Diabetes	Verlust von Magensäure durch Erbrechen oder Magendrainage