

# 12 Nieren und harnableitende Organe

## 12.1

### Allgemeines

#### 1. Beschreiben Sie die Lage und den anatomischen Aufbau der Nieren (Ren, Nephros).

Die Nieren liegen beidseits der Wirbelsäule, primär retroperitoneal, unterhalb des Zwerchfells. Die linke Niere liegt auf Höhe des 11. BWK–2. LWK, die rechte Niere wegen des Platzbedarfs der Leber ca. 1–1,5 cm tiefer. Auf den Nieren sitzen am oberen Nierenpol die Nebennieren. Am Nierenhilus treten Nierenvene (V. renalis in die V. cava inferior), Lymphgefäße, Harnleiter, Nierenarterie (A. renalis aus der Aorta) und Nerven aus bzw. ein. Die Nieren sind von der Gestalt her bohnenförmig, sie sind ca. 4 cm dick, 7 cm breit und 11 cm lang. Eine Niere wiegt jeweils etwa 150 g.

Umgeben sind die Nieren von einer bindegewebigen Hülle (Capsula fibrosa) und eingebettet in eine Fettgewebsschicht (Capsula adiposita). Diese Fettkapsel ist wiederum von einer bindegewebigen Hülle umschlossen (Fascia renalis, Gerota-Faszie). Die Hüllen dienen dem Schutz der Nieren sowie zusammen mit den Gefäßstielen der Lagerhaltung. Auch die Nebennieren sind von der Fettkapsel und der Fascia renalis umhüllt. Im Inneren zeigt sich folgender Aufbau: Das Nierenparenchym (Funktionsgewebe) setzt sich aus der äußeren Nierenrinde (Cortex renalis) und dem inneren, pyramidenförmigen Nierenmark (Medulla renalis) zusammen. Die Spitzen der Pyramiden (Papillae renales) ragen in die Nierenkelche des Nierenbeckens, von wo aus der Endharn in das Nierenbecken (Pelvis renalis, Pyelon) fließen kann und über den Harnleiter (Ureter) abgeleitet wird.

#### 2. Über wie viele Kapillarsysteme verfügt die Niere?

Die Nieren besitzen zwei hintereinander geschaltete Kapillarsysteme. Das erste dient der Glomerulusdurchblutung (glomeruläre Filtration). Das zweite bildet das peritubuläre Kapillarsystem mit Kapillaren zwischen den Tubuli der Nierenrinde. Die Versorgung des Nierenmarks geschieht über die Vasa recta (Achtung: auch über die der Mark-Rinden-Grenze nahe gelegenen Glomeruli des peritubulären Kapillarsystems).

#### 3. Wie viele Liter Blut pro Minute durchströmen die Nieren? Geben Sie die entsprechende Formel an.

Herzminutenvolumen (Herzzeitvolumen):  
Herzschlagvolumen (70 ml) × Herzfrequenz (70 Schläge die Minute) = 4900 ml, also ca. 5 l  
25% des obigen Wertes = 1,2 l pro Minute

#### 4. Beschreiben Sie den Aufbau und die Funktion eines Nephrons.

Das Nephron besteht aus einem in der Rinde befindlichen Nierenkörperchen (Malpighi-Körperchen) und dem Tubulusapparat mit in der Rinde gelegenen gewundenen (Pars contorta) und im Mark gelegenen gestreckten Anteilen (Pars recta). Das Nierenkörperchen setzt

sich zusammen aus dem Glomerulus (Kapillarknäuel), das umhüllt ist von der Bowman-Kapsel zur Bildung des Primärharns (Plasmafiltrat). Der Tubulusapparat beinhaltet einen proximalen Tubulus (Hauptstück), die Henle-Schleife (gestreckte Kanälchen des Haupt- und Mittelstücks und das Überleitungsstück) sowie einen distalen Tubulus (Mittelstück), der in ein Sammelrohr übergeht, zur Ableitung des Sekundärharns in die Nierenkelche bzw. in das Nierenbecken.

**5. Wie viele Liter Primärharn am Tag werden von den Nieren in etwa gebildet?**

Die tägliche Filtrationsmenge (GFR: glomeruläre Filtrationsrate) beträgt ca. 180l, wovon nur etwa 1,5l Urin tatsächlich ausgeschieden wird. Die GFR lässt im Alter nach. Für Blutzellen und bestimmte Proteine (IgG) ist im Rahmen der glomerulären Filtration kein Durchkommen. Albumin wird nur in geringer Menge glomerulär gefiltert.

**6. Nennen Sie die Funktion des proximalen Tubulus.**

Im proximalen Tubulus wird der Großteil an abgepresstem Wasser mit den noch verwertbaren Stoffen (z.B. Glukose, Bicarbonat, Aminosäuren, Elektrolyte) rückresorbiert, Giftstoffe (z.B. Medikamente) sowie harnpflichtige Stoffe werden nochmals sekretiert. Eine Rückresorption von Elektrolyten findet auch noch in den anderen Tubulusabschnitten statt. Diese Transporte geschehen passiv und aktiv. Somit beginnt die Entstehung des Sekundärharns.

**7. Beschreiben Sie die Funktion des distalen Tubulus und des Sammelrohrs.**

In distalem Tubulus und Sammelrohr erfolgen die weitere Konzentrierung des Harns und die Feinabstimmung durch folgende Hormone:

- Aldosteron: dient der Natrium (Na<sup>+</sup>)-Rückresorption im distalen Tubulus. Wasser folgt dem Natrium passiv. Es kommt zu einer Förderung der Kaliumausscheidung. ANP (atrialess natriuretisches Peptid) ist der Gegenspieler zum Aldosteron.
- ADH (Adiuretin): macht das Sammelrohr wasserdurchlässig und sorgt somit für eine vermehrte Rückresorption von Flüssigkeit ins Kapillarsystem der Nieren.

**8. Benennen Sie zusammenfassend nochmals die Aufgaben der Nieren.**

Aufgaben der Nieren:

- Elektrolyt- und Wasserhaushaltsregulation (Elektrolyt: Mineralstoff in gelöster Form)
- Säure- und Basenregulation
- Ausscheidung harnpflichtiger Stoffe (Kreatinin, Harnstoff, Harnsäure) und anderer wasserlöslicher Abfallprodukte durch Sekretion im proximalen Tubulus
- Blutdruckregulierung
- Erythropoetinbildung (Erythropoese stimulierendes Hormon)
- Mitarbeit an der Vitamin-D-Umwandlung in die aktive Form

**9. Wozu dient das Enzym Renin? Wo wird es gebildet?**

Renin wird im juxtaglomerulären Apparat der Nieren gebildet. Es dient der Blutdruckregulierung und stimuliert das RAA-System (Renin-Angiotensin-Aldosteron-System).

**10. Nennen Sie die physiologischen Bestandteile des Urins. Geben Sie den „normalen“ pH-Wert an.**

Physiologische Bestandteile des Urins sind Wasser, Elektrolyte, harnpflichtige Stoffe und weitere Stoffwechsellendprodukte, Phosphate, Säuren, Hormone und Vitamine in geringer Menge. Zylinder im Urin sind als pathologisch anzusehen. Vereinzelt können Leukozyten, z.B. aus der Vaginalschleimhaut, oder Plattenepithelien vorkommen. Der pH-Wert bewegt sich zwischen 4,8 und 7,5.

**11. Was besagt das spezifische Gewicht des Urins?**

Das spezifische Gewicht gibt an, wie viel Gramm gelöste Stoffe sich in einem Liter (1000ml) Urin befinden. Je höher das Harnvolumen, desto kleiner das spezifische Gewicht: Der Urin wird heller. Je kleiner das Harnvolumen, desto höher das spezifische Gewicht: Der Urin wird dunkler, da konzentrierter. Somit ist das spezifische Gewicht abhängig von der Trinkmenge.

**12. Was sind die natürlichen Engstellen der Harnleiter?**

Die Harnleiter besitzen eine Länge von ca. 30cm. Ihre natürlichen Engstellen sind der Nierenbeckenausgang, die Kreuzung A. ilica und V. iliaca sowie der Harnblaseneingang.

**13. Wie hoch ist das Fassungsvermögen der Harnblase (Vesica urinaria)?**

Die Harnblase fasst ca. 300–600 ml.

**14. Erläutern Sie den Blasenentleerungsvorgang.**

Die Blase besteht aus glatter, unwillkürlicher Organmuskulatur und wird vegetativ gesteuert:

- Dehnungsrezeptoren in der Blasenwand melden Harndrang an das Gehirn
- reflektorische Kontraktion der Blasenmuskulatur (Detrusor)
- reflektorische Dehnung der Harnröhre im Bereich des unwillkürlichen, inneren Schließmuskels
- Erschlaffung des willkürlich steuerbaren, äußeren Schließmuskels
- restharnfreie Entleerung über die Harnröhre (Urethra)

**15. Definieren Sie die Begriffe „Harnverhalt, Pollakisurie, Oligurie, Enuresis nocturna, Algurie, Dysurie, Nykturie, Anurie, Polyurie, Miktion und Diurese“.**

► **Tab. 12.1** Übersicht gebräuchlicher urologischer Begriffe.

Begriffe	Bedeutung
Harnverhalt	die gefüllte Blase kann nicht entleert werden
Pollakisurie	häufiges Wasserlassen von kleinen Mengen z. B. bei einer Zystitis
Oligurie	Urinausscheidung unter 500 ml am Tag
Enuresis nocturna	nächtliches Einnässen
Algurie	schmerzhaftes Wasserlassen
Dysurie	schmerzhaftes, gestörtes oder/und erschwertes Wasserlassen
Nykturie	vermehrtes nächtliches Wasserlassen
Anurie	Urinausscheidung < 100 ml am Tag
Polyurie	Urinausscheidung > 3000 ml am Tag
Miktion	Blasenentleerungsvorgang
Diurese	Harnausscheidung über die Nieren

**16. Welche Faktoren begünstigen eine Wanderniere? Welche Folgen kann dies haben?**

Eine anlagebedingte Bindegewebsschwäche oder eine starke Gewichtsabnahme begünstigen eine Wanderniere. Durch die Senkung kann es zum Abknicken des Harnleiters mit Harnstauung oder zur Abknickung der Nierengefäße kommen.

**17. Was sind die häufigsten Erreger einer akuten Zystitis (Blasenentzündung)?**

Häufigste Erreger der Zystitis sind E.-coli-Bakterien.

**18. Welche Personengruppen sind primär gefährdet?**

Anfällig für eine Zystitis sind aufgrund ihrer kürzeren Harnröhre v.a. Frauen. Prädisponiert sind Schwangere. Auch iatrogen, z.B. nach einer Zystoskopie, kann eine Zystitis begründet sein.

**19. Nennen Sie untypische Krankheitszeichen der akuten Zystitis.**

Untypische Symptome sind Fieber, Übelkeit und Erbrechen. Diese Symptome deuten eher auf eine Nierenbeckenentzündung hin, die wiederum durch eine aufsteigende Zystitis verursacht sein kann.

**20. Nennen Sie typische Symptome der akuten Zystitis.**

Zu den typischen Symptomen zählen Pollakisurie, Dysurie, Nykturie, Hämaturie, Schmerzen im Unterbauch und Blasenkrämpfe.

**21. Welches Testfeld im Urinteststreifen weist auf Bakterien im Urin hin?**

Nitrit wird positiv angezeigt. Untersucht werden sollte Mittelstrahlurin, da dieser am wenigsten bakterielle Verunreinigungen aufweist.

**22. Welcher Wert einer Proteinausscheidung ist noch als physiologisch anzusehen?**

Ca. 90% der filtrierten Proteine werden im Tubulus wieder reabsorbiert, somit kann ein Wert bis 150 mg/dl im 24-Stunden-Urin als physiologisch angesehen werden.

**23. Wo liegt die Störung im Nephron beim Auftreten einer Proteinurie? Nennen Sie die zugehörigen Markerproteine.**

Die Störung im Nephron beim Auftreten einer Proteinurie kann in der glomerulären Filtration und/oder in der tubulären Reabsorption bzw. Sekretion liegen. Die Markerproteine für die glomeruläre Proteinurie sind IgG und Albumin, die Markerproteine für eine tubuläre Proteinurie sind Alpha-1- und Beta-2-Mikroglobuline.

**24. Ab welcher Menge an Eiweißausscheidung spricht man vom nephrotischen Syndrom?**

Von einem nephrotischen Syndrom spricht man ab einer Proteinausscheidung von  $> 3 \text{ g}/24 \text{ Std.}$

**25. Auf welche Erkrankungen kann eine Mikro- bzw. Makroalbuminurie hinweisen?**

Eine Mikro- bzw. Makroalbuminurie kann auf eine diabetische Nephropathie bzw. Kimmelstiel-Wilson-Niere oder eine hypertensive Nephropathie hinweisen.

**26. Nennen Sie prärenale, renale und postrenale Ursachen einer Proteinurie.**

Als Ursache einer Proteinurie, die vor den Nieren begründet liegt, ist die Hyperproteinämie z. B. bei einem Plasmozytom (Bence-Jones-Proteine) zu nennen. Eine in der Niere liegende Ursache kann die Glomerulonephritis sein und eine postrenale Ursache stellt z. B. eine Entzündung der Harnwege dar.

**27. Definieren Sie „nephrotisches Syndrom“.**

Nephrotisches Syndrom ist die Bezeichnung für verschiedene Erkrankungen mit großem Proteinverlust. Typischerweise tritt es bei einer fortgeschrittenen Glomerulonephritis auf.

**28. Nennen Sie den typischen Symptomkomplex eines nephrotischen Syndroms.**

Der typische Symptomkomplex eines nephrotischen Syndroms zeigt sich in einer Proteinurie ( $> 3 \text{ g}/24 \text{ Std.}$ ) mit trüb-schaumigem Urin, in Ödemen (zuerst im Gesicht, später auch an den Beinen und Aszites) sowie in einer Hyperlipidämie mit einer Hypoproteinämie. Das nephrotische Syndrom birgt die Gefahr einer Niereninsuffizienz.

**29. Welche Werte nutzt man diagnostisch bei Verdacht auf Niereninsuffizienz?**

Bei Verdacht auf Niereninsuffizienz wird neben der Messung des Harnstoffwertes auch der Kreatininwert bestimmt, da Kreatinin relativ gleichbleibend durch den Muskelstoffwechsel produziert und über die Nieren konstant ausgeschieden wird. Es wird also die glomeruläre Filtrationsrate (GFR) geprüft über:

- Serum-Kreatinin (allerdings kommt es hier erst zu einer Erhöhung ab einer GFR  $< 50\%$ ). Der Normwert liegt bei bis zu  $1,1 \text{ mg/dl}$ .
- Kreatinin-Clearance. Sie berechnet sich aus der Messung von Serum-Kreatinin, Kreatinin im 24Std. Urin und dem Urinminutenvolumen.

**30. Nennen Sie drei Formen der Harninkontinenz und ihre mögliche Ursachen.**

Formen der Harninkontinenz:

1. Stressinkontinenz: unwillkürlicher Harnabgang aufgrund einer Belastungsinsuffizienz schon beim Husten, Niesen oder körperlichen Anstrengungen. Oft sind Frauen in der Menopause und/oder mit schlecht trainiertem Beckenboden betroffen.
2. Überlaufinkontinenz: unwillkürlicher Harnabgang bei Blasenüberfüllung z. B. aufgrund einer benignen Prostatahyperplasie. Die Miktion ist verlängert.
3. Dranginkontinenz (motorisch, sensorisch): Es kommt zu einem imperativen Harndrang mit anschließendem unwillkürlichem Harnabgang. Oft schaffen es die Betroffenen nicht schnell genug auf die Toilette. Ursächlich für die Überaktivität oder Hyper-sensibilität der Harnblase können Harnwegsinfektionen oder neurologische Erkrankungen sein.

## 12.2

# krankheitsbilder

### 12.2.1 Glomerulopathie

**1. Definieren Sie „Glomerulopathie“.**

Als Glomerulopathie bezeichnet man Nierenerkrankungen mit autoimmunbedingter Schädigung der Glomeruli. Sie können entzündlich oder nicht-entzündlich (degenerativ) verlaufen.

**2. Welche Formen werden unterschieden?**

Man unterscheidet primäre und sekundäre Glomerulopathien.

**3. Beschreiben Sie die Pathophysiologie der akuten postinfektiösen Glomerulonephritis (Poststreptokokken-Glomerulonephritis = primäre Glomerulopathie).**

10–20 Tage nach einem Streptokokkeninfekt ( $\beta$ -hämolisierend der Gruppe A) z.B. im Rahmen von Tonsillitis, Scharlach, Erysipel oder Impetigo contagiosa kommt es zu einer Ablagerung von Antikörper-Antigen-Komplexen an der Basalmembran der Glomeruli, was zu einer Entzündung führt.

**\* Merke: Scharlach und andere Streptococcus-pyogenes-Infektionen sind in IfSG §24 bzw. §34 angesprochen!**

**4. Beschreiben Sie Symptome und Verlauf einer akuten postinfektiösen Glomerulonephritis.**

Es zeigt sich ein nephritisches Syndrom mit der Vollhardt-Trias. Diese besteht aus den folgenden Symptomen:

- Hypertonie
- Mikrohämaturie
- (Lid-) Ödeme durch milde Proteinurie

Evtl. kommt es zu einem nephrotischen Syndrom mit folgender Trias:

- Proteinurie  $> 3$  g am Tag
- ausgeprägte Ödeme im Gesicht und am Körper
- Hyperlipidämie

Letztendlich besteht die Gefahr einer chronischen Niereninsuffizienz. Selten kommt es nach Jahren zu einem Übergang in eine terminale Niereninsuffizienz.

**5. Nennen Sie weitere entzündliche Formen der primären Glomerulopathie.**

Formen der primären Glomerulopathie:

- Rapid-progressive-Glomerulonephritis mit schnellem Verlauf bis hin zu einer Niereninsuffizienz nach Wochen bis Monaten
- IgA-Nephropathie (Morbus Berger): idiopathische GN mit progredienter Niereninsuffizienz nach jahrelangem Verlauf

Die Symptome dieser Formen, unterschiedlicher Ausprägung, finden sich in den schon genannten Syndromen der akuten postinfektiösen GN.

**6. Nennen Sie Ursachen der sekundären Glomerulopathien.**

Sekundäre Glomerulopathien entstehen aufgrund systemischer Autoimmunerkrankungen wie z.B. dem Diabetes mellitus Typ 1 oder dem Goodpasture-Syndrom (mit heftigen Lungenblutungen im Rahmen einer schnell progredienten Niereninsuffizienz aufgrund IgG gegen alveoläre und glomeruläre Basalmembran) oder im Rahmen systemischer Kollagenosen wie z.B. dem Lupus erythematoses. Des Weiteren können zur Entstehung beitragen: Infektionskrankheiten wie z.B. Hepatitis B/C oder Malaria, Erbkrankheiten und Vaskulitiden wie z.B. Purpura Schoenlein-Henoch.

**12.2.2 Urolithiasis (Harnsteine)**

**1. Wo können Harnsteine auftreten?**

Harnsteine (Konkremente) können in den Nieren (Nierensteine), den Harnleitern (Harnleitersteine aus den Nieren), der Harnblase (primäre oder sekundäre Blasensteine) und in der Harnröhre auftreten.

## 2. Nennen Sie einige Steinarten.

Steinarten:

- Harnsäuresteine
- Kalziumoxalatsteine
- Phosphatsteine
- Zystinsteine

## 3. Nennen Sie Risikofaktoren für die Steinbildung.

Zu den Risikofaktoren gehören eine einseitige, ungesunde Ernährung, schnelle Gewichtsabnahme, zu geringe Trinkmenge oder zu hoher Flüssigkeitsverlust, Harnabflussbehinderungen, Stoffwechsel- und Hormonstörungen sowie Harnwegsentzündungen. Die Ätiologie ist nicht genau geklärt.

## 4. Nennen Sie Symptome.

Kleine Steine sind häufig symptomlos. V.a. eingeklemmte Harnleitersteine können zu Koliken führen mit heftigen, anfallsartigen, krampfartigen und ausstrahlenden Schmerzen bis in den Rücken bzw. bei tiefsitzenden Harnleitersteinen bis in die Genitale, gefolgt von Übelkeit und Erbrechen, deutlichem Harndrang bei verminderter Harnmenge, Hämaturie und Dysurie. Bei Infektionen kommt es zusätzlich zu Fieber und Schüttelfrost. Chronische Nierensteine führen eher zu einem dumpfen Schmerz in der Nierengegend und begünstigen bakterielle Infektionen.

## 5. Welche Komplikationen können durch Harnsteine auftreten?

Die Steine können zu Infektionen mit der Gefahr einer Urosepsis führen. Auch die Entwicklung einer Harnstauungsniere bzw. Hydronephrose ist möglich bis hin zur Niereninsuffizienz. Eine Nierenkolik stellt einen Notfall dar!

### 1. Definieren Sie „Pyelonephritis“.

#### 12.2.3 Pyelonephritis

Es handelt sich um eine Entzündung des Nierenbeckens (Pyelitis) mit Beteiligung des Nierenparenchyms. Sie kann akut oder chronisch auftreten.

### 2. Nennen Sie Entstehungsursachen der Pyelonephritis.

Die Pyelonephritis ist meist aufsteigend bakteriell, seltener hämatogen bedingt. Begünstigend wirken Harnabflussstörungen sowie Stoffwechselstörungen (Diabetes mellitus, Hyperurikämie), Dauerkatheter und Schwangerschaften.

### 3. Beschreiben Sie Symptome der Pyelonephritis.

Die Symptome einer akuten Pyelonephritis sind Nieren- und Flankenschmerzen, Klopfschmerz, Fieber, Schüttelfrost, Übelkeit/Erbrechen, Diarrhö bis hin zum paralytischen Ileus, der Allgemeinzustand ist reduziert. Im Urin findet man Blut, Leukozyten, Bakterien. Es zeigen sich evtl. eine Pollakisurie und Dysurie.

Bei einer chronischen Pyelonephritis stehen Abgeschlagenheit, Appetitlosigkeit und weitere uncharakteristische Allgemeinsymptome wie Zephalgien und subfebrile Temperatur im Vordergrund mit Hypertonie, druckschmerzhaftem Nierenlager und intermittierender Leukozyturie und Bakteriurie.

#### 4. Welche Komplikationen können auftreten?

Bei der akuten Nierenbeckenentzündung besteht v.a. die Gefahr einer Urosepsis oder die Gefahr einer chronischen Entwicklung. Bei der chronischen Form kann es u.a. zu einer pyelonephritischen Schrumpfniere mit Niereninsuffizienz kommen.

#### 1. Nennen Sie Symptome der Niereninsuffizienz.

#### 12.2.4 Niereninsuffizienz

Symptome der Niereninsuffizienz:

- Hypertonie
- Störungen des Knochenstoffwechsels durch Vitamin-D-Mangel
- renale Anämie durch Erythropoetinmangel
- Störungen des Elektrolythaushalts mit der Gefahr von Herzrhythmusstörungen durch Anstieg des Kaliumspiegels im Blut (> 3,5–5,5 mmol/l)
- Störungen des Säure-Basen-Haushalts
- Ödeme
- Urämie

#### 2. Welche Störungen deuten auf eine akute Niereninsuffizienz hin?

Störungen als Folge einer akuten Niereninsuffizienz: Regulationsprobleme des Flüssigkeits-, Elektrolyt- und Säure-Basen-Haushalts (metabolische Azidose) sowie ein Verbleiben der harnpflichtigen Stoffe im Blut.

#### 3. Nennen Sie Auslöser der akuten Niereninsuffizienz.

Auslöser der akuten Niereninsuffizienz:

- prärenal: Volumenmangel
- intrarenal: Schädigung der Nieren
- postrenal: Harnstauung

#### 4. Beschreiben Sie den Verlauf der akuten Niereninsuffizienz.

Sie verläuft in verschiedenen Stadien:

- a. Schädigungsphase von Stunden bis Tagen
- b. Oligourie bis Anurie mit Gefahr der Überwässerung, Hyperkaliämie und Urämie
- c. Polyurie von Tagen bis Wochen mit Gefahr der Exsikkose und Rückgang der urämischen Symptome
- d. Restitution

#### 5. Beschreiben Sie den Verlauf einer chronischen Niereninsuffizienz.

Die chronische Niereninsuffizienz verläuft anfangs eher symptomlos und wird mittels Kreatinin-Clearance ermittelt.

#### 6. Definieren Sie „Urämie“.

Die Urämie kann sich im Rahmen der akuten Niereninsuffizienz oder nach Jahren der chronischen Niereninsuffizienz (terminale Niereninsuffizienz) zeigen. Durch das Verbleiben von nierenausscheidungspflichtigen Stoffen im Blut kommt es zu einer Azotämie, einem Foetor uraemicus und Pruritus mit gelb-brauner Verfärbung der Haut (Café-au-lait-Flecken) sowie zu Störungen im Herz-Kreislauf-System, im Gastrointestinaltrakt, in der Lunge, an den Knochen sowie im ZNS mit Entwicklung eines urämischen Komas.