

Klinische Chemie und Laboratoriumsdiagnostik

Vorlesung: Wasser-Elektrolyt-Haushalt



Dr. med. Bernhard Schlüter

Zentrale Einrichtung Labor

– UKM Labor –

Universitätsklinikum Münster

Albert-Schweitzer-Campus 1

D-48149 Münster

Telefon: 0251 83-47221

Fax: 0251 83-47225

Bernhard.Schlueter@ukmuenster.de

www.klichi.uni-muenster.de

QR Code / Link für diese Vorlesung:

www.klichi.uni-muenster.de/folien

Klinische Chemie und Laboratoriumsdiagnostik

Vorlesung: Wasser-Elektrolyt-Haushalt



Dr. med. Bernhard Schlüter

Zentrale Einrichtung Labor

– UKM Labor –

Universitätsklinikum Münster

Albert-Schweitzer-Campus 1

D-48149 Münster

Telefon: 0251 83-47221

Fax: 0251 83-47225

Bernhard.Schluter@ukmuenster.de

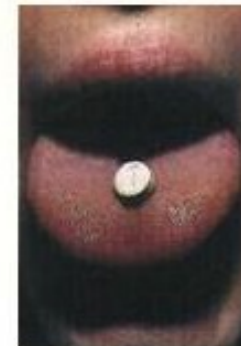
www.klichi.uni-muenster.de

QR Code / Link für diese Vorlesung:

www.klichi.uni-muenster.de/folien

Ein Fall zum Einstieg

- 20j. Studentin wird nicht ansprechbar in Notaufnahme der UCLA aufgenommen
- Anamnese: am Vorabend auf einer Party mehrere Tab. Ecstasy, viel getrunken und getanzt; bei Rückkehr nach Hause zunächst „unauffällig“, am Morgen jedoch nicht mehr ansprechbar
- **Keine Vorerkrankungen**
- UB: tachykard 124/min; Tachypnoe 30-35/min; RR 88/49, keine peripheren Ödeme, Ausk. bds. feinbl. RGs, Pupillen symm. dilatiert, minimal lichtreaktiv



Zitiert nach PD Dr. Schettler, Göttingen

Ein Fall zum Einstieg

Labor: Na: 117 mM
Glucose: 5,75 mmol/l
Hb: 13,3 g/dl
S-Osmo: 245 mOsm/kg
U spez. Gewicht: 1,015

CCT: Hirnödem

Verlauf:

ca. 6,8 l 0,9% NaCl + 0,245 l 3% NaCl;
intermitt. Furosemid, Mannitol
Ausscheidung ca. 3,6 l

Anstieg: Na 117 -> 129 mM

Kreislaufinstabil, nach ca. 13 h Rhythmusstörungen, Exitus nach erfolgloser Reanimation



Figure 1 Chest X-ray of 20-year-old woman with a plasma sodium concentration of 117 mmol/l after ecstasy (3,4-methylenedioxyamphetamine) ingestion. Note the cephalization of pulmonary vasculature consistent with pulmonary edema, which is noncardiogenic in this case.

Wasserverteilung im Körper

	Mann	Frau	Säugling
Wassergehalt [% KG]	60	50	75

Intrazellulär



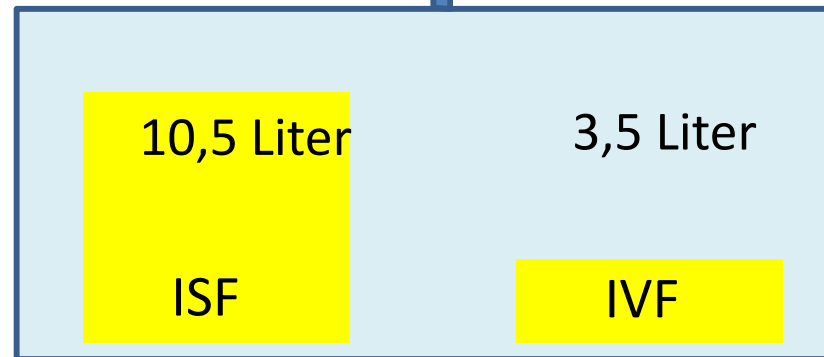
2 : **1**

Mann, 70 kg, 42 Liter Gesamtkörperwasser

Extrazellulär



Interstitium



3 : **1**

Plasma

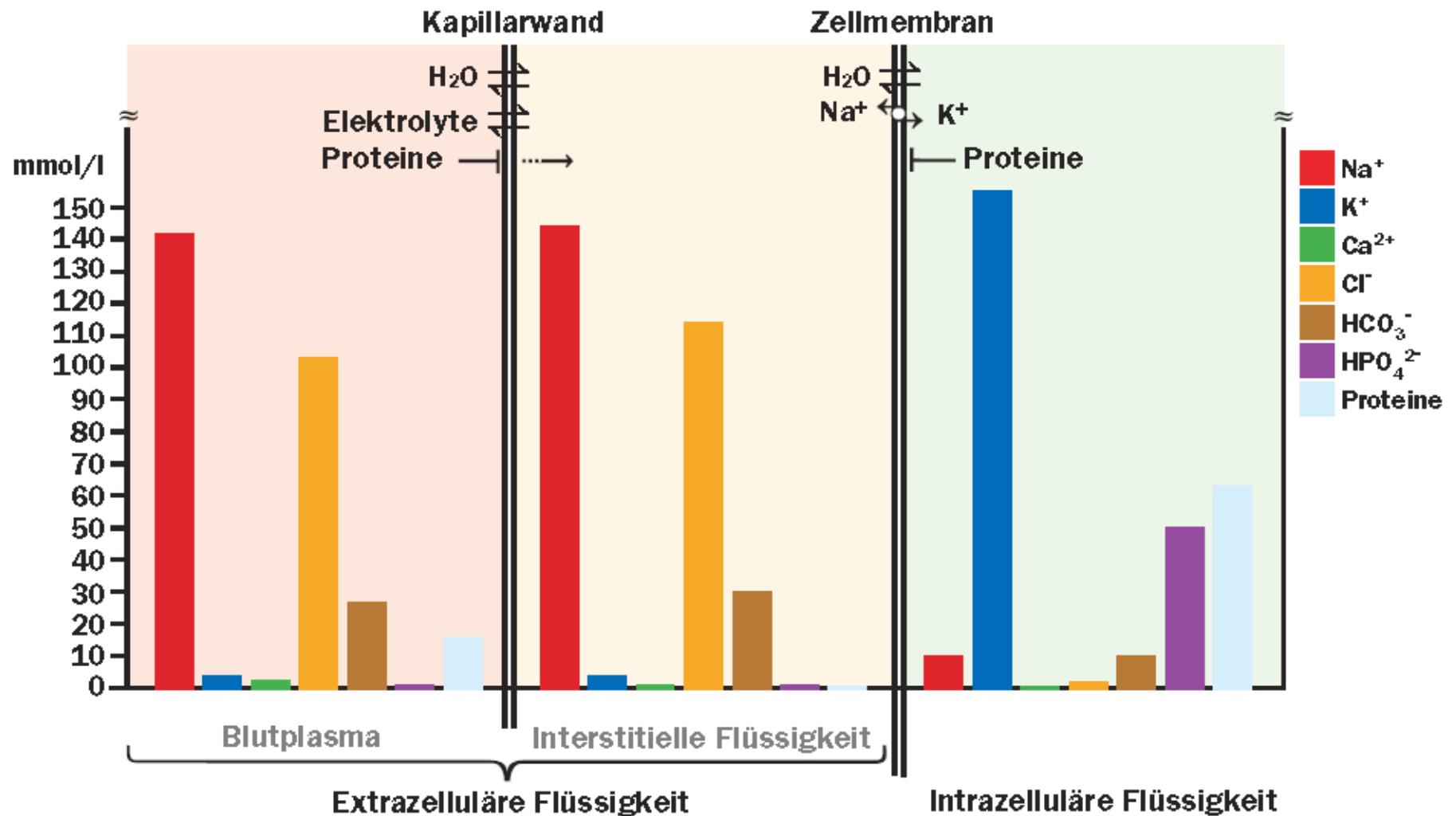
Tägliche Wasserbilanz

Aufnahme [l]		Abgabe [l]	
Flüssigkeit	1,0 – 1,5	Niere	1,0 – 1,5
Feste Nahrung	0,7	Haut + Lunge	0,9
Oxidationswasser	0,3	Stuhl	0,1
Summe	2,0 – 2,5	Summe	2,0 – 2,5

Bei Fieber zusätzlicher Wasserverlust 0,5 - 1 Liter je 1° C > 37°C

	Aufnahme [l]	ECF [l]	Abgabe [l]	Umsatz [% ECF]
Säugling	0,7	1,4	0,7	50
Erwachsener	2,0	14,0	2,0	16

Ionenverteilung in Kompartimenten



Regulationsprinzipien Natrium-Wasser-Haushalt

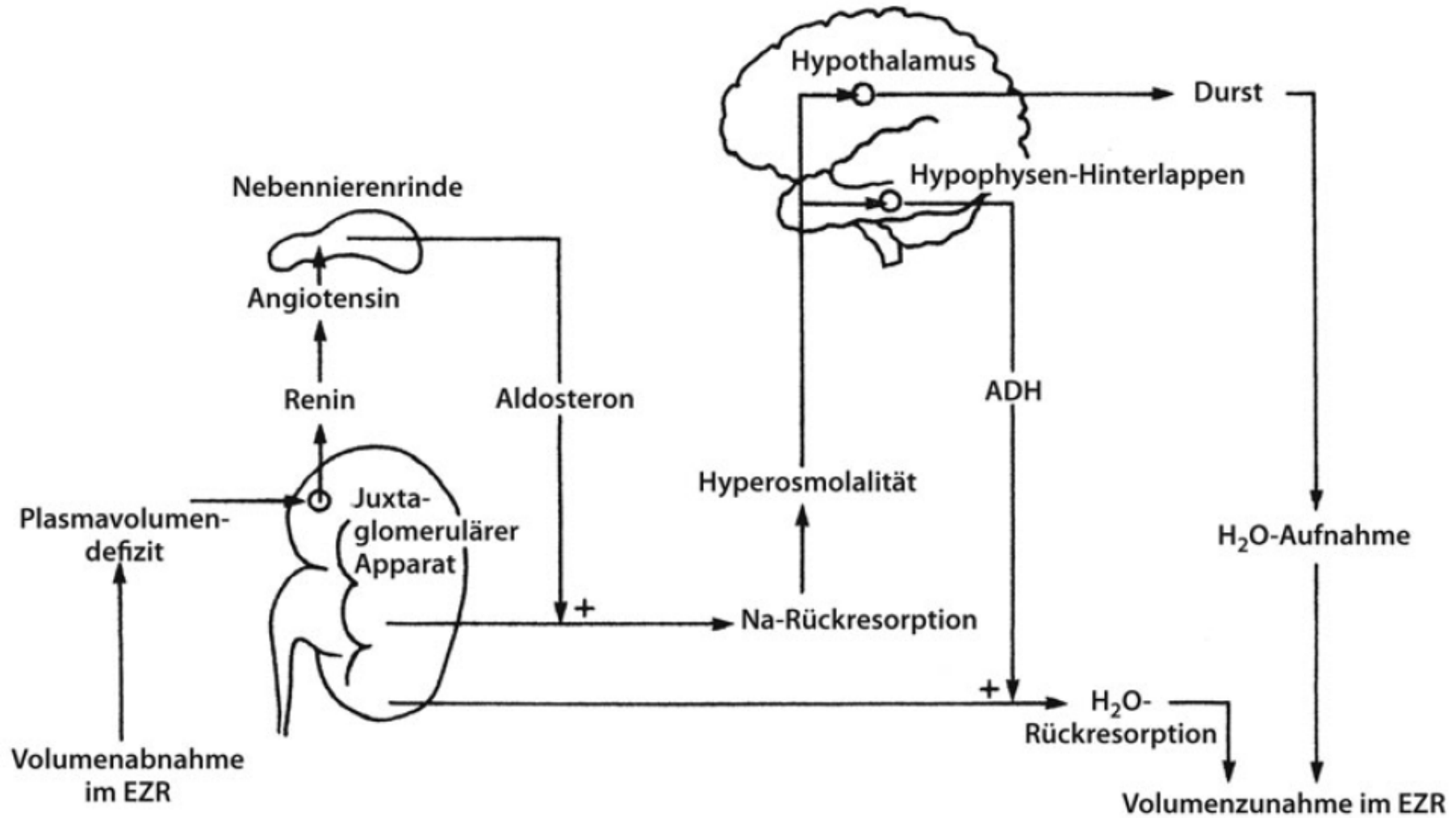
Ziel: Isotonie und Isovolämie in ECF

Isotonie  Regulation primär über Wasserbilanz

Isovolämie  Regulation primär über Natriumbilanz

Die Systeme sind auf **Volumenerhalt** optimiert !

Osmo- und Volumenregulation

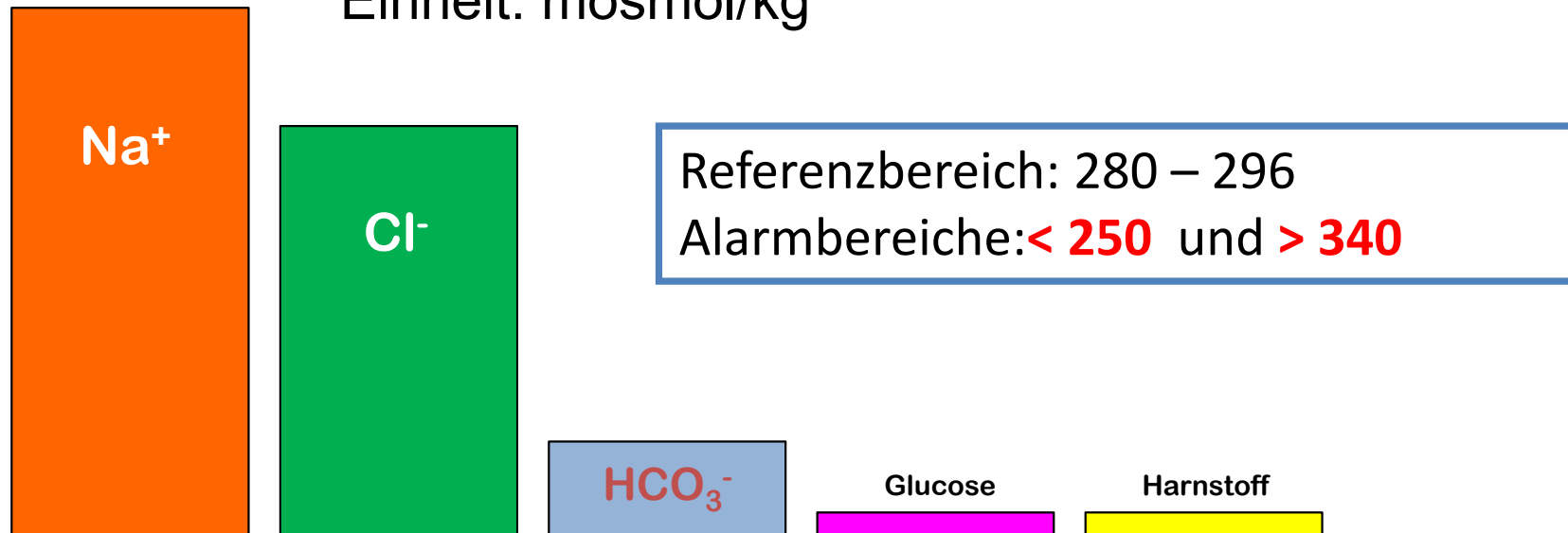


Serum-Osmolalität

Definition der Osmolalität:

Gesamtzahl gelöster Teilchen pro kg H₂O

Einheit: mosmol/kg



Berechnete S-Osmolalität: $2 \times [\text{Na}^+] + [\text{Glucose}] + [\text{Harnstoff}]$

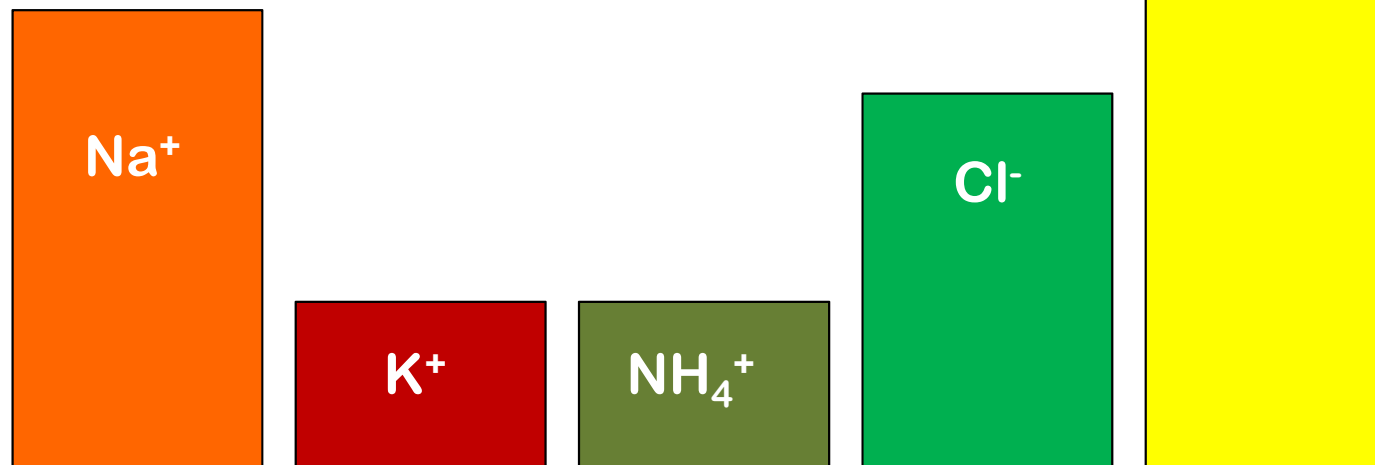
Alle Konzentrationen in mmol/l

Glucose: mg/dl : 18 = mmol/l

Harnstoff: mg/dl : 6 = mmol/l

Urin-Osmolalität

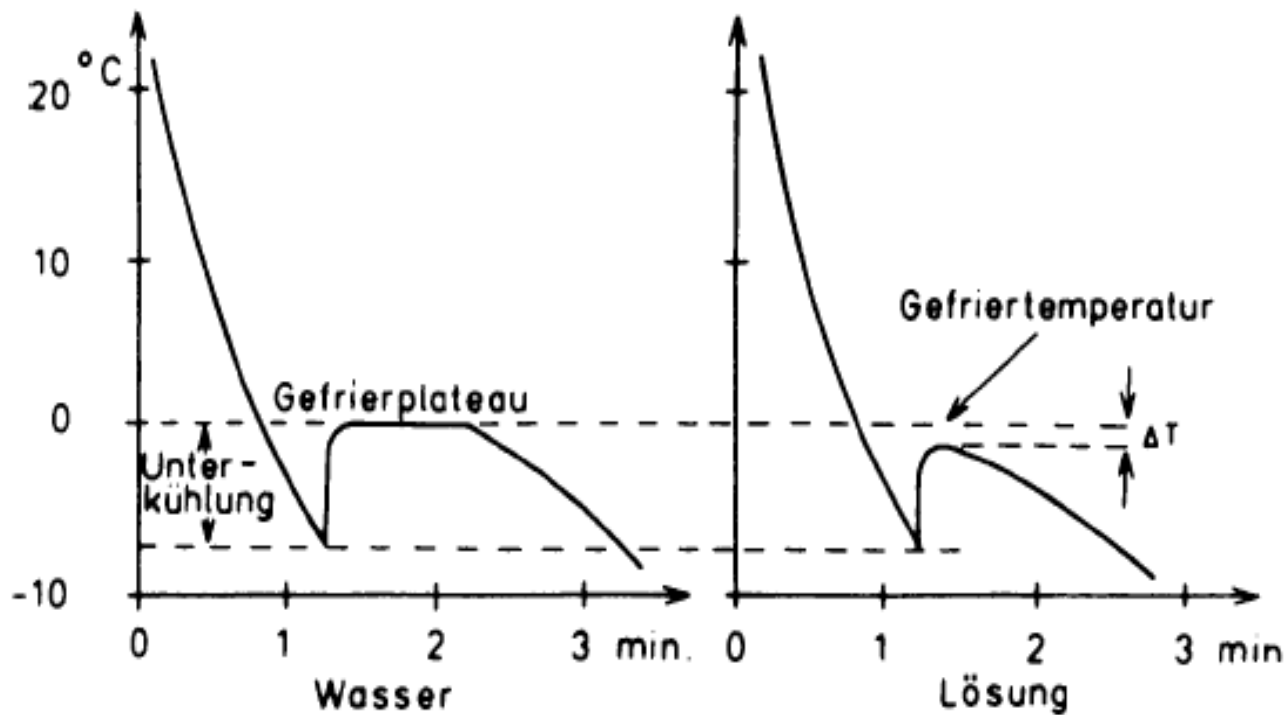
Einheit: mosmol/kg
Referenzbereich: 50 – 1200
Durstversuch 14 h: > 800



Berechnete U-Osmolalität:

$$2 \times ([\text{Na}^+] + [\text{K}^+] + [\text{NH}_4^+]) + [\text{Harnstoff}] + [\text{Glucose}]$$

Kryoskopische Osmolalitätsmessung



$\Delta T \sim$ Anzahl der gelösten Teilchen/kg

Osmotische Lücke im Serum

Definition:

Gemessene S-Osmolalität minus berechnete S-Osmolalität

Referenzbereich: $< 6 \text{ mosmol/kg}$

Medizinischer Nutzen:

Vergrößerte Lücke Hinweis auf anomale Osmolyte

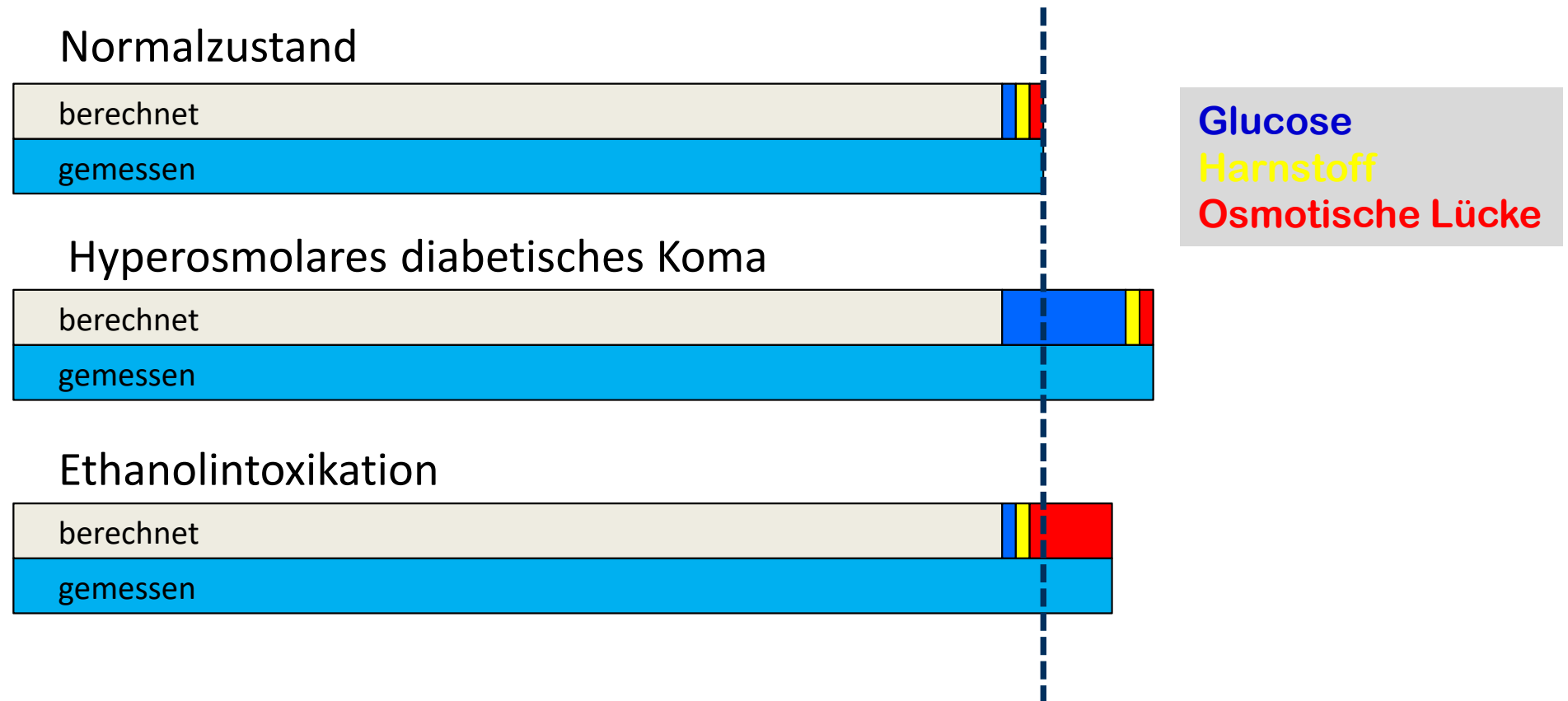
- Intoxikationen (z.B. Ethanol, Methanol)
- Lactatazidose
- Ketoazidose
- Mannit-Infusion

Beispiel:

Blut-Ethanolgehalt von 1 g/kg (= 1 Promille)

S-Osmolalität und osmotische Lücke \uparrow um 22 mosmol/kg

Osmotische Lücke : Beispiele



Volumenänderungen der ECF

Hypohydratation	Hyperhydratation
Durst	Ödeme
Tachykardie	Gewichtszunahme
RR-Abfall	Dyspnoe
Oligurie (bei normaler Nierenfunktion)	Lungenödem



Bildquelle: Medicoconsult



Bildquelle: Wikipedia

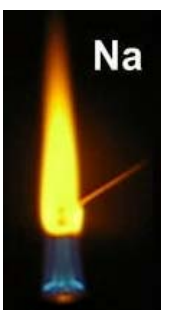
Störungen im Natrium- und Wasserhaushalt

ECF-Änderung	Tonizität	S-Natrium S-Osmo	MCV	Hämatokrit Serumeiweiß
Hypohydratation	isoton	=	=	↑
	hypoton	↓	↑	
	hyperton	↑	↓	
Hyperhydratation	isoton	=	=	↓
	hypoton	↓	↑	
	hyperton	↑	↓	



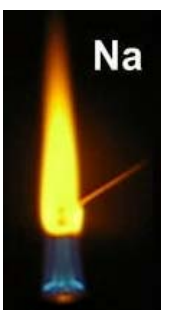
Hyponatriämie

- S-Natrium < 135 mmol/l
schwer < 125 mmol/l
- Häufig
1-2 % der Krankenhauspatienten betroffen
- Klinik:
meist asymptomatisch
Muskeleigenreflexe herabgesetzt, Lethargie, Orientierungslosigkeit,
Adynamie, Appetitverlust, evtl. Krampfanfälle



Hyponatriämie

Osmolalität	↓	↓	↓	↔	↑
Wasserbestand	↑↑	↓	↑	↔	↓
Na ⁺ -Bestand	↑	↓↓	↔	↔	↓
	Dilutions- hyponatriämie	Hypotone Hypohydratation	SIADH Keine Ödeme	Pseudo- hyponatriämie	Hypertone Hypohydratation, Nicht-Na ⁺ -Osmolyte ↑



Hypoosmolale Hyponatriämie

1. Körperbestand an Wasser ↑↑ und an Natrium ↑

Hypotone Hyperhydratation, Dilutionshyponatriämie

Ödeme, Gewicht ↑, ECFV ↑

Effektives arterielles Blutvolumen ↓ ➡ Barorezeptoren aktivieren RAAS, nicht-osmotische ADH-Sekretion ↑

Herzinsuffizienz

Leberzirrhose

Nephrotisches Syndrom

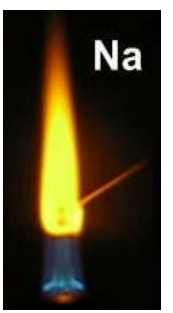
Akute und chronische Niereninsuffizienz

U-Natrium < 20 mmol/l

U-Natrium > 20 mmol/l

Dritter Raum: Beispiel Aszites





Hypoosmolale Hyponatriämie

2. Körperbestand an Natrium ↓↓ und an Wasser ↓

Hypotone Hypohydration

Volumenmangel, **RR** ↓, ECFV ↓

ECFV ↓ \Rightarrow nicht-osmotische ADH-Sekretion ↑

Extrarenaler Verlust:

Diarrhoe, Erbrechen
Verbrennung, Trauma
Pankreatitis, Peritonitis, Ileus

U-Natrium < 20 mmol/l
U-Osmolalität relativ hyperten

Renaler Verlust:

Diuretika, Salzverlustniere, cerebrales
Salzverlustsyndrom
Mineralocorticoidmangel

U-Natrium > 20 mmol/l



Hypoosmolale Hyponatriämie

3. Körperbestand an Natrium normal und an Wasser (↑)

Normale Hydratation bis mäßige Hyperhydratation

∅ **Ödeme**, ECFV (↑)

ADH-Sekretion ↑ oder ADH-Wirkung ↑

SIADH (Syndrom der inadäquater ADH-Sekretion, Schwartz-Bartter-Syndrom)

Endokrin:

Glucocorticoid-
mangel,
Hypothyreose

Psychogen:

Schmerz, Stress,
Psychogene
Polydipsie

Medikamente:

Morphin,
Antidepressiva,
Indomethacin,
Carbamazepin u.a.

Varia:

Paraneoplastisch
Pneumonie, ZNS-
Störungen

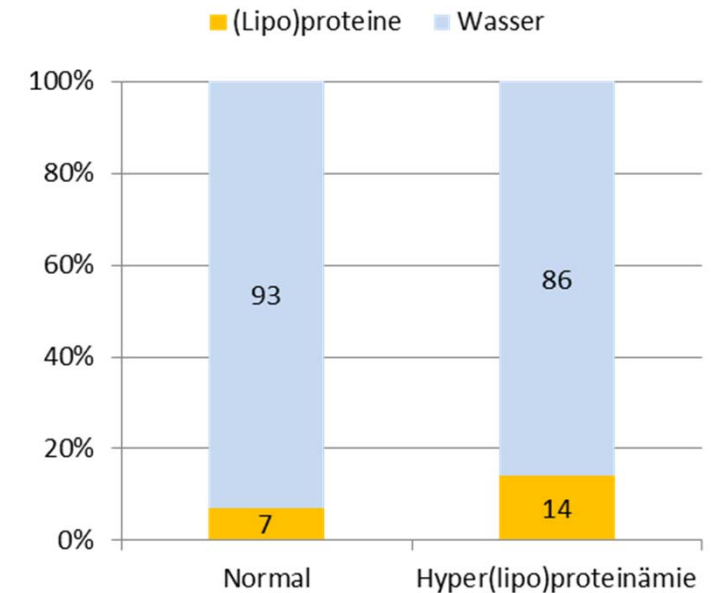
U-Natrium > 20 mmol/l

U-Osmolalität inadäquat hoch (> 300 mosmol/kg)

Pseudohyponatriämie



- **Isoosmolale** Hyponatriämie
normales $[Na^+]$ im Serumwasser
 $[Na^+] \downarrow$ im Gesamtserum
- Rein **messtechnisch begründet**
- **Keine Gesundheitsstörung**
- Vorkommen bei erniedrigtem Wassergehalt des Serums (Hyper-(lipo)-proteinämie)

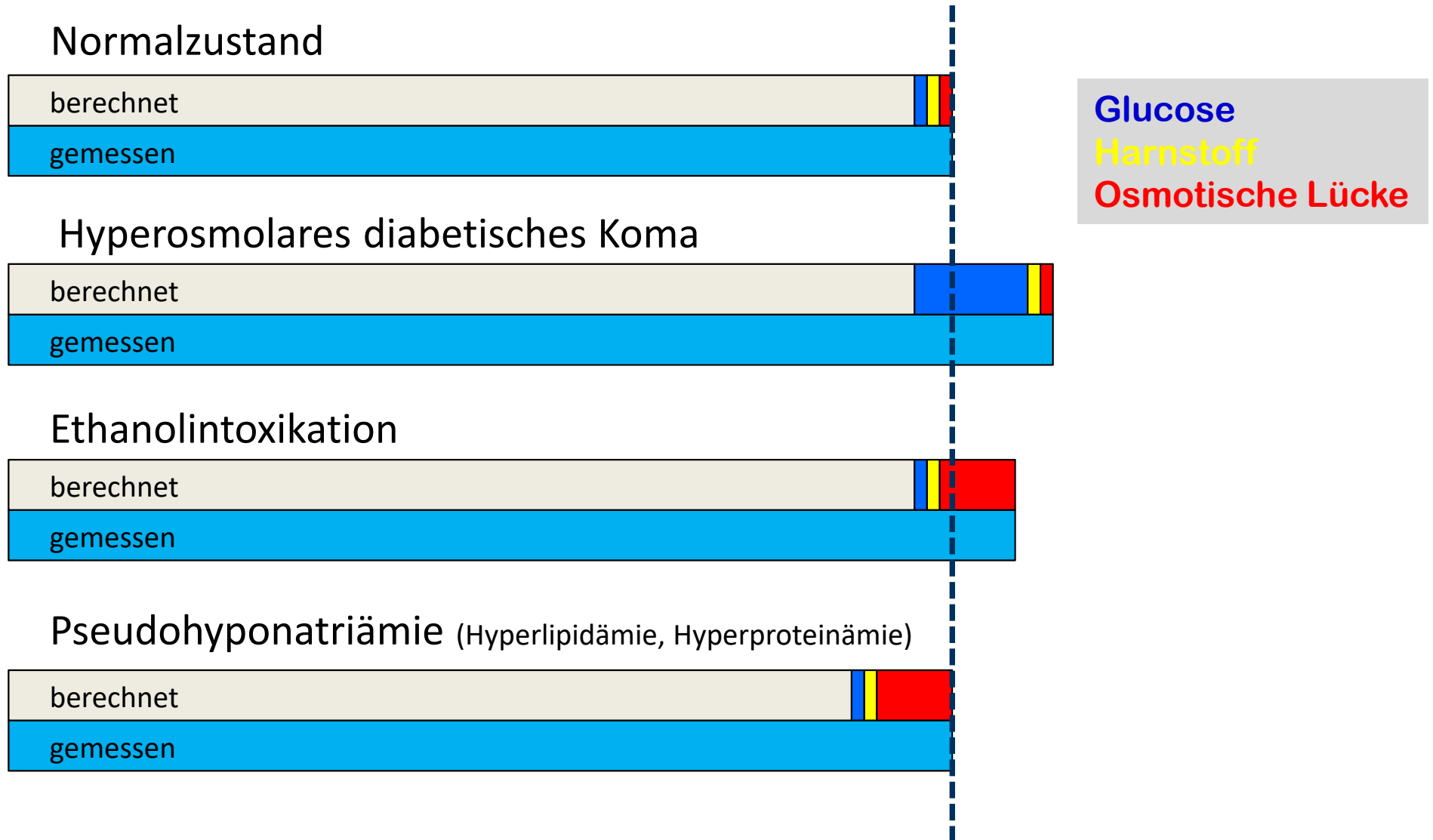


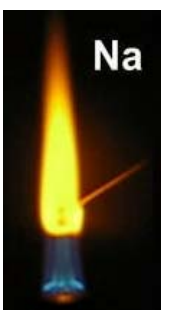
Pseudohyponatriämie



- **Na⁺- Messung bezogen auf Gesamtserum**
 - Indirekte ISE (Laborautomat)
 - Messung in verdünnter Probe
 - Flammenphotometrie
 - Falsch niedrige Bestimmung bei erniedrigtem Wassergehalt der Probe
- **Na⁺ - Messung bezogen auf Serumwasser**
 - Direkte ISE (Blutgasgerät)
 - Messung in unverdünnter Probe
 - korrekte Bestimmung auch bei erniedrigtem Wassergehalt der Probe

Osmotische Lücke : Beispiele





Hyperosmolale Hyponatriämie

Körperbestand an Na^+ ↓ und an Wasser ↓

Hypertone Hypohydratation

Volumenmangel vorzugsweise intrazellulär, RR (↓), ECFV ↓

Nicht-Natrium Osmolyte ↑ → osmotische Diurese

Hyperglykämie

Entgleister Diabetes mellitus

Iatrogen

Übermäßige Glucoseinfusion

Mannit-Infusion (Hirndruckbehandlung)

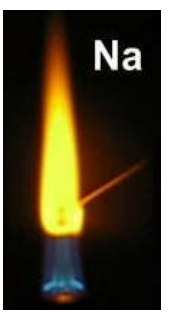
U-Natrium > 20 mmol/l

U-Osmolalität hyperton



Hypernatriämie

- S-Natrium > 145 mmol/l
schwer > 160 mmol/l
- Seltener
0,2 -0,3 % der Krankenhauspatienten betroffen
- Klinik:
Zelluläre Dehydratation führt zu neurologischer Symptomatik
Muskeleigenreflexe gesteigert, Ruhelosigkeit, Muskelzittern,
Krämpfe, Koma, evtl. cerebrale Blutung
Hohe Mortalität bei schwerer Form

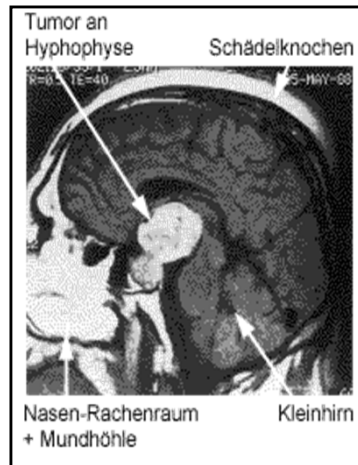


Hypernatriämie

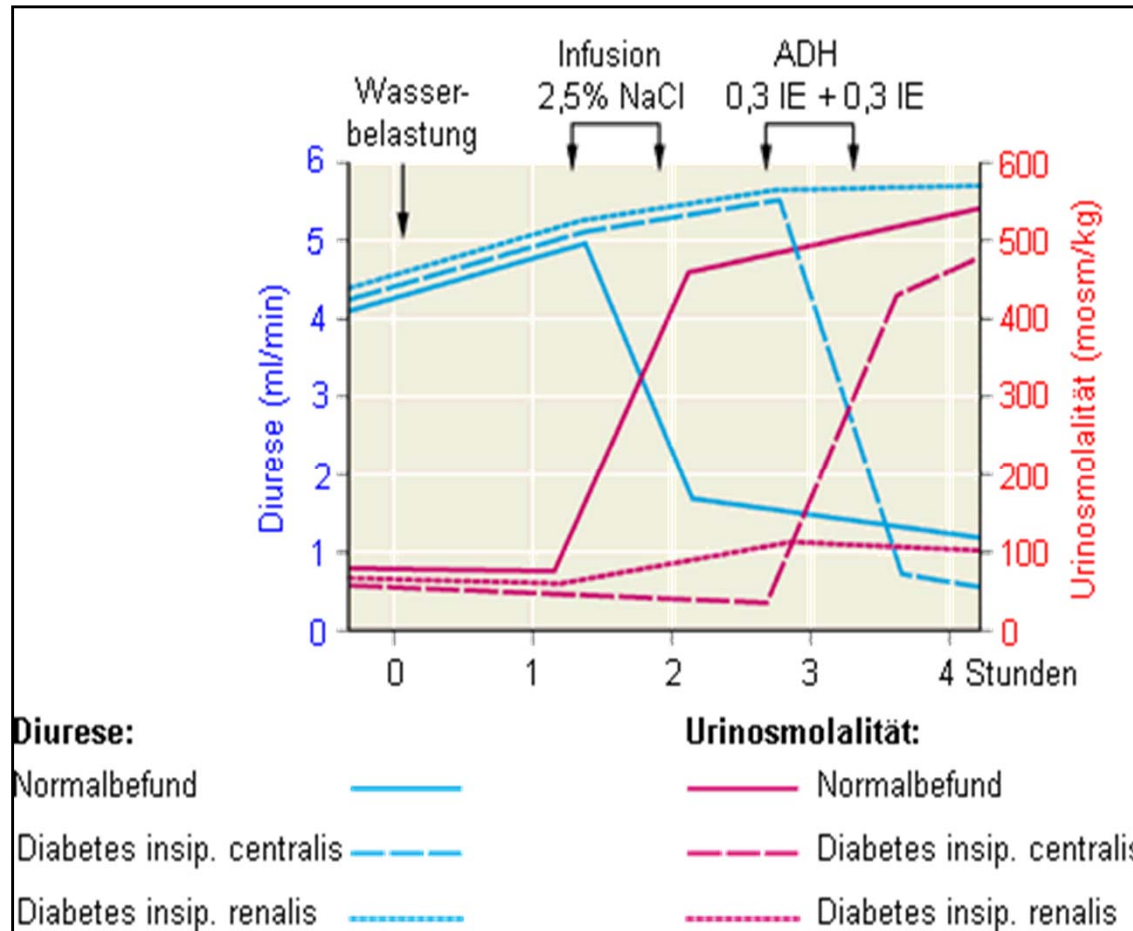
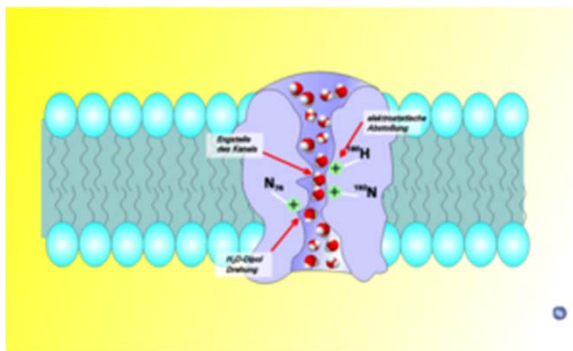
S-Natrium > 145 mmol/l		
Hypovolämisch		Hypervolämisch (selten)
Wasserverlust bzw. mangelnde Zufuhr		Na ⁺ und Wasser-Zufuhr ↑
Renal: Osmotische Diurese, Diabetes insipidus	Extrarenal: Durchfälle Massives Schwitzen Dursten	Iatrogen: Zufuhr hypertoner Na ⁺ -Lösungen, hypertone Dialyse Endokrin: Primärer Hyperaldosteronismus
S-Osmolalität erhöht		
U-Osmolalität		
< 800 mosm/kg	> 800 mosm/kg	variabel

Beispiel Diabetes insipidus

centralis

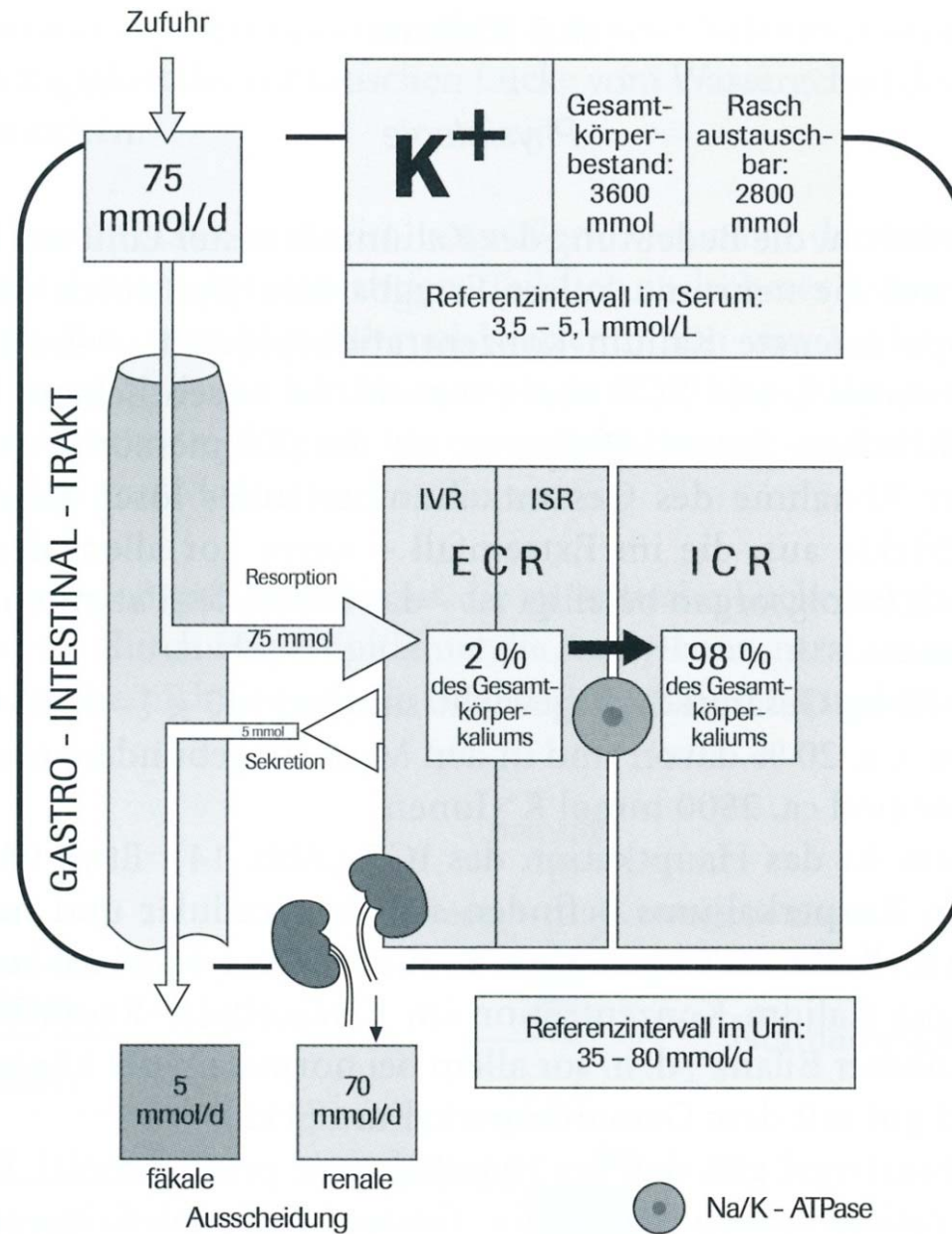


renalis





Kalium





Klinik

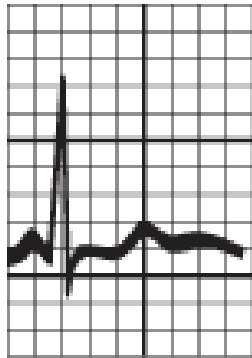
Funktion	Hypokaliämie	Hyperkaliämie
Neurologisch	Schwäche, Hyporeflexie, Apathie, Somnolenz	Hypo/Areflexie, Parästhesien, Schwäche, Lähmung
Kardial	Arrhythmien, Extrasystolen	Bradykardie, Kammerflimmern, Asystolie
Gastrointestinal	Obstipation, Ileus	Erbrechen, Koliken, Diarrhoe
Renal	Tubulopathie, renaler Diabetes insipidus	

je schneller die Entwicklung der Dyskaliämie,
umso stärker die Symptomatik !

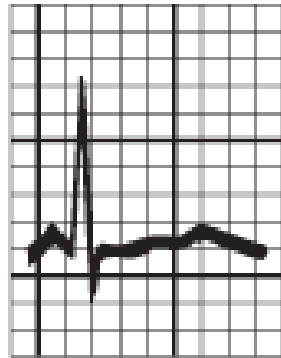
chronische Dyskaliämien oft symptomarm!



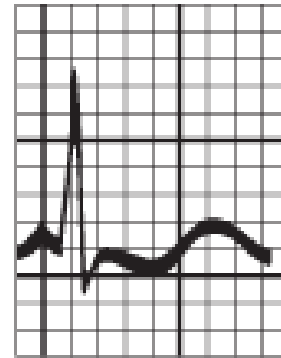
EKG-Veränderungen



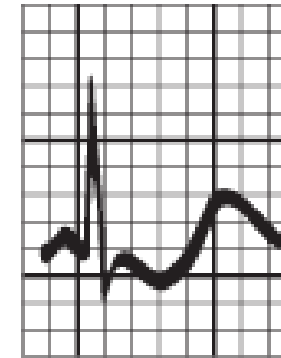
2.8



2.5

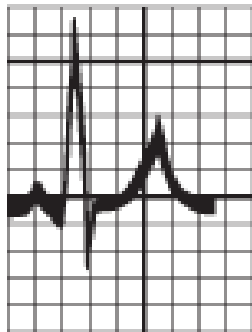


2.0

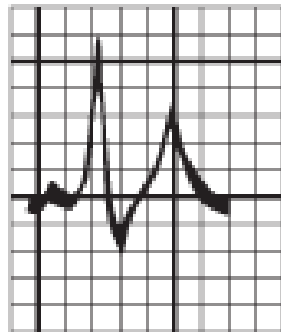


1.7

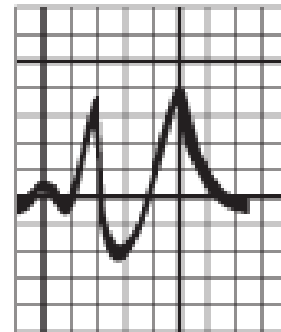
Hypokaliämie



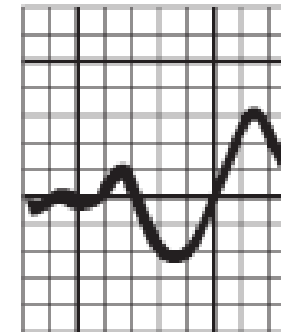
6.5



7.0



8.0



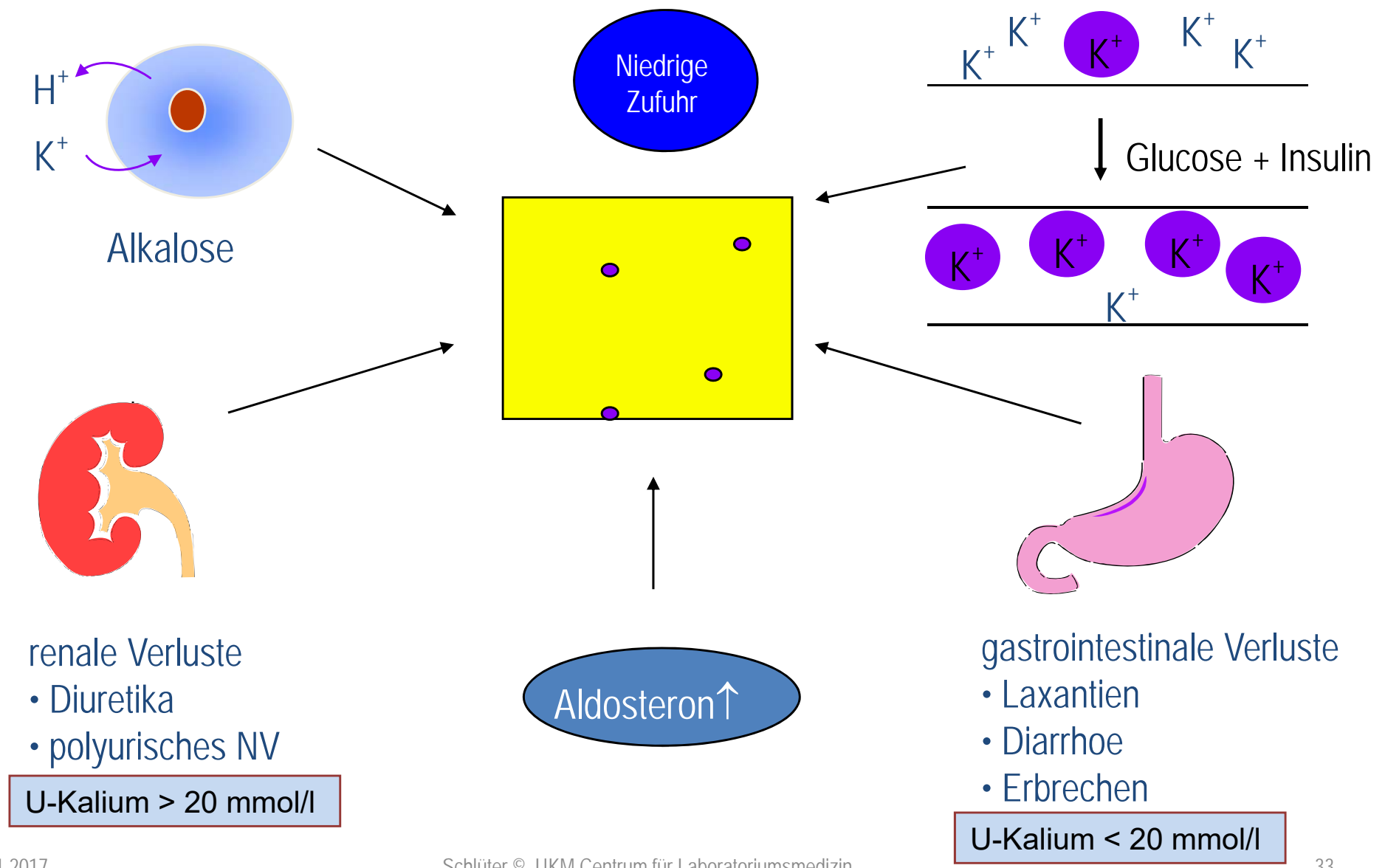
9.0

Hyperkaliämie

Quelle: <http://user.medunigraz.at/helmut.hinghofer-szalkay/>



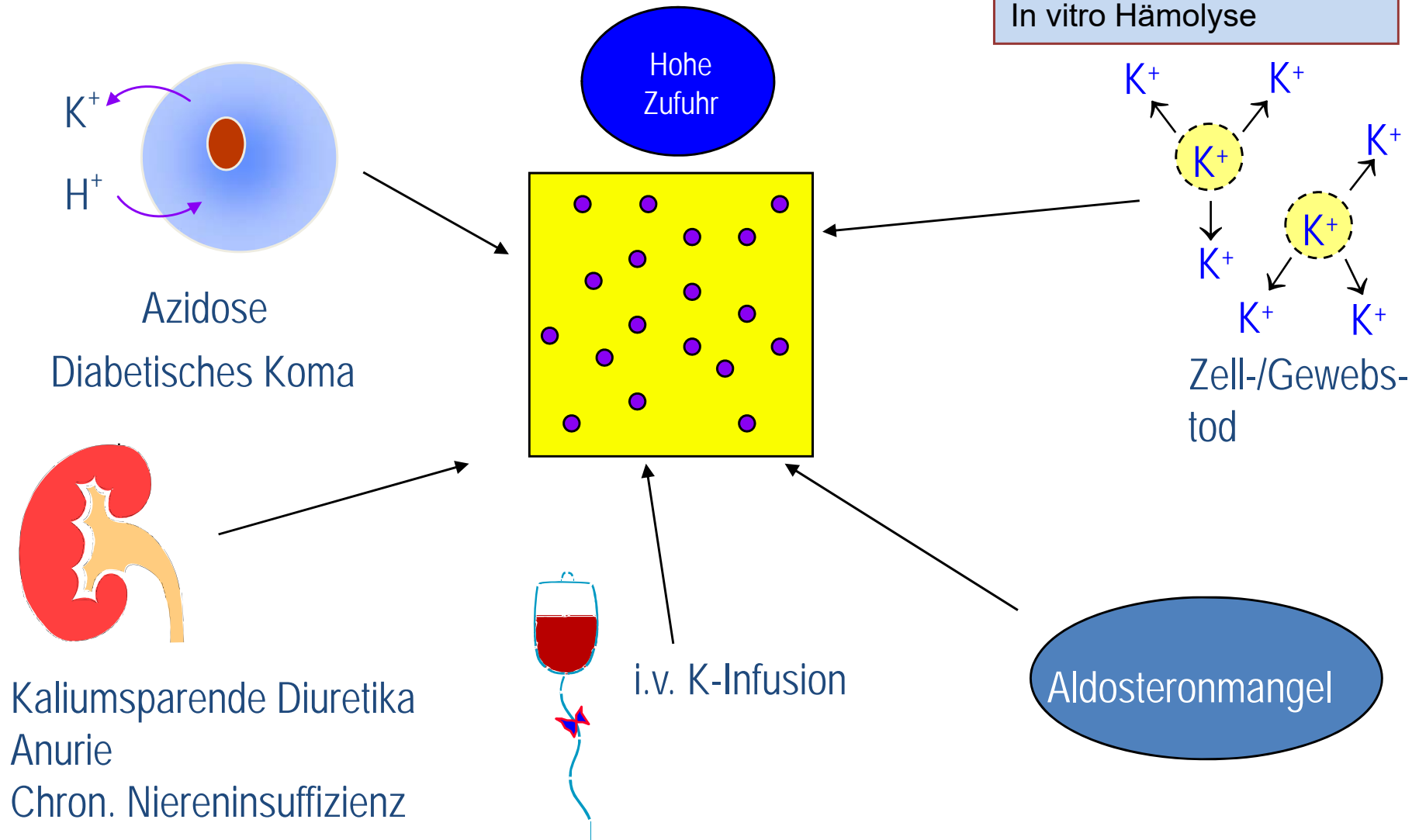
Ursachen der Hypokaliämie



Hyperkaliämie

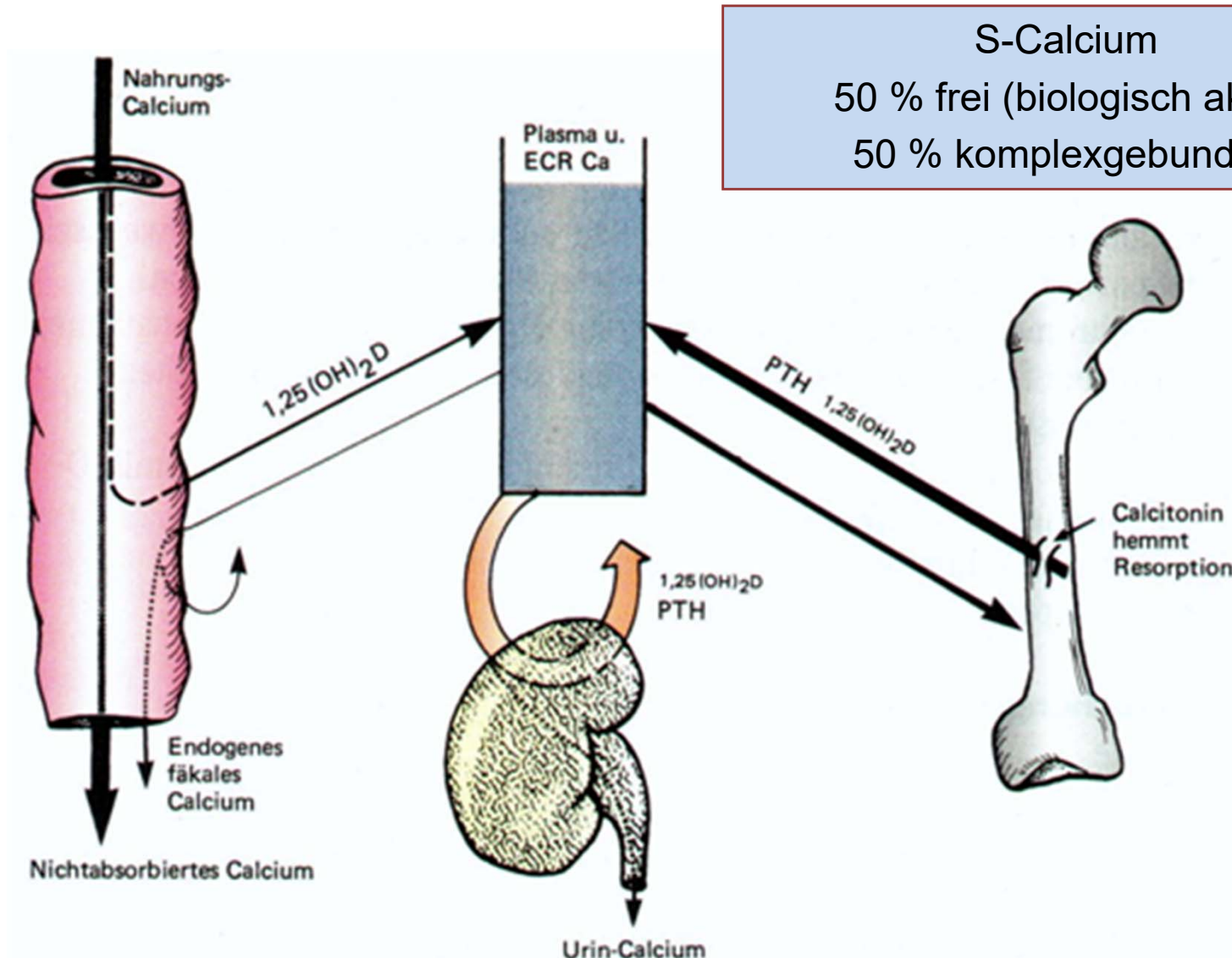


DD: Pseudohyperkaliämie
In vitro Hämolyse





Calcium



S-Calcium
50 % frei (biologisch aktiv)
50 % komplexgebunden



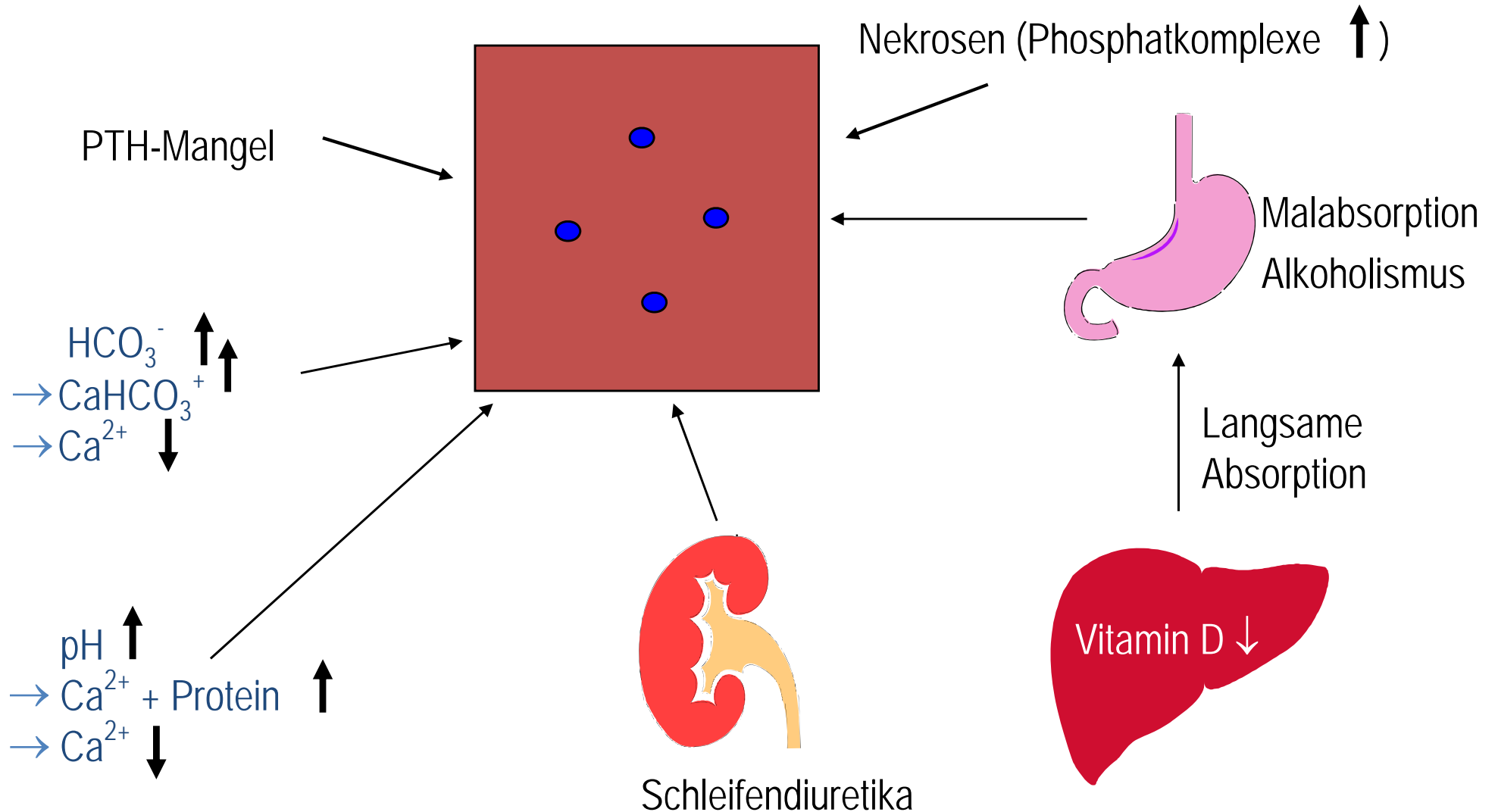
Klinik

Hypocalciämie	Hypercalciämie
	Polyurie
Knochenmineralisation ↓	Nephrocalcinose, Harnsteine
Katarakt	GIT Ulcera, Obstipation
Herzrhythmusstörungen, QT ↑	Hypertonie, Rhythmusstörungen, QT ↓
Übererregbarkeit, Tetanie	Muskelschwäche, Psychose, Somnolenz
	Krise (> 3,5 mmol/l): akute Lebensgefahr Koma, Nierenversagen, Asystolie

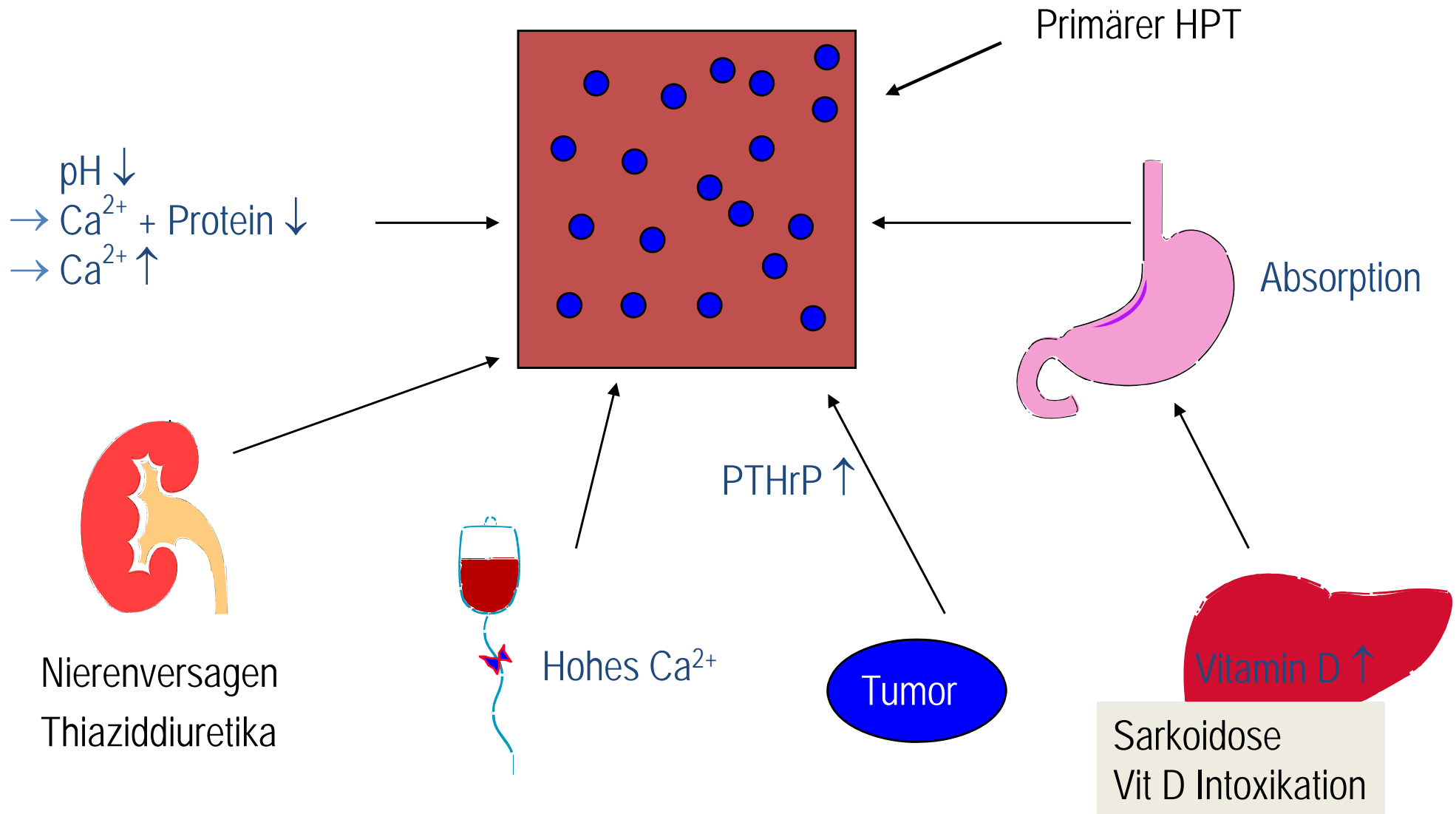




Ursachen der Hypocalcämie



Ursachen der Hypercalciämie





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !