

Säure-Basen-Haushalt



Quelle: <https://www.schilder-versand.com/Warnschilder/Warnschilder-nach-ISO-7010/12959/Warnung-vor-aetzenden-Stoffen-nach-ISO-7010-W-023>

Säure oder Base?

- Säure wird als **Protonendonator** bezeichnet
- Base wird als **Protonenakzeptor** bezeichnet
- Die Stärke einer Säure richtet sich nach der Geschwindigkeit mit der Protonen abgegeben werden
- Säuren und Basen bedingen sich gegenseitig
- Gibt ein Stoff H⁺-Ionen ab entsteht gleichzeitig eine Base
- Es ergibt sich folgende Gleichung:



Einführung

- **H⁺-Ionen** interagieren im Körper besonders mit Proteinen
- H⁺-Ionen Konzentration muss über bestimmte Mechanismen geregelt werden
- Beispiel Phosphatfructokinase (Enzym der Glykolyse)
 - Steigt die H⁺-Ionen Konzentration um wenige nmol/l wird die Aktivität des Enzyms um 90% reduziert

pH-Wert

- pH-Wert entspricht dem negativ dekadischen Logarithmus der H⁺-Konzentration
- **pH = -log₁₀[H⁺]**
- Normalwert des Plasmas liegt bei **7,4**, entspricht ca. **40nmol/l**
- Der **Physiologische Bereich** liegt zwischen **7,36-7,44**
- Toleranz gegenüber Schwankungen der H⁺-Konzentration beträgt **84nmol/l (7-7,8)**

Zentrale Gleichung

- Der wichtigste Stoffwechselweg zur Erzeugung von H^+ erfolgt über die **Dissoziation von Kohlensäure**
- CO_2 reagiert mit H_2O zu H_2CO_3 (Kohlensäure)
- Dieser Prozess wird im Körper **enzymatisch beschleunigt** (Enzym: Carboanhydrase)
- Kohlensäure dissoziiert im folgenden Schritt zu H^+ und HCO_3^-
- Gesamte Gleichung: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$

Regulation des Säure-Basen-Haushalts

- Die H^+ -Konzentration wird über verschiedene Mechanismen gesteuert:
 - Puffersysteme
 - Atmung
 - Niere
 - Leber
 - Zelluläre Regulation

Puffersysteme

- Puffersysteme wirken gegen einen plötzlichen Abfall der H⁺-Ionen
- Ein Puffer kann H⁺-Ionen **reversibel** binden und abgeben
99,99% aller H⁺-Ionen sind an Puffer gebunden
- Als Puffer kann bspw. Jedes **korrespondierende** Säure-Basen-Paar genutzt werden
- Man unterscheidet:
 - **Geschlossene Puffersysteme**
 - **Offene Puffersysteme**

Geschlossene Puffersysteme

- Keiner der beiden Reaktionspartner kann aus dem System entweichen
- Die Summe der Konzentration bleibt also immer gleich
- Es gilt: $[HA] + [A^-] = \text{konstant}$
- Im Körper finden sich geschlossene Puffersysteme:
 - Protein Puffersystem
 - Phosphat Puffersystem

Geschlossene Puffersysteme

- **Protein Puffersystem**
- Macht ca. **50% der Gesamtpufferkapazität des Blutes** aus
- Es können alle Plasmaproteine als Puffer fungieren
- Die wichtigsten Pufferproteine sind **Albumin** und **Hämoglobin**
- H^+ -Ionen reagieren mit den Proteinen, der pH-Wert wird konstant gehalten

Geschlossene Puffersysteme

- Phosphat Puffersystem
 - Phosphat bindet H⁺-Ionen und puffert so den pH-Wert
 - $\text{H}^+ + \text{HPO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{PO}_4^-$
-
- Im Blut ist die Phosphatkonzentration recht gering
 - Beteiligt an der Konstanthaltung des intrazellulären pH-Wertes
 - Ausscheidung von H⁺-Ionen über die Niere

Offene Puffersysteme

- Viel **höhere** Pufferkapazität
- Eine Komponente des Säure-Basen-Paars kann unabhängig vom pH-Wert konstant gehalten werden
- Reaktionspartner können auch aktiv geregelt werden (**Kompensationsmechanismen**)
- Die wichtigsten offenen Puffersysteme sind:
 - **Bikarbonat Puffersystem**
 - **Ammonium Puffersystem**

Bikarbonat Puffersystem

- Besteht aus **CO₂** (Kohlendioxid) und **HCO₃⁻** (Bikarbonat)
- Macht die restlichen **50% der Gesamtpufferkapazität** des Blutes aus
- CO₂-Wert wird allerdings konstant bei **40mmHg** gehalten, da sich die Konzentration in der Umgebungsluft ändern kann
- Verliert bei **Azidose** (Steigerung der H⁺-Konzentration) die Wirksamkeit

Ammonium Puffersystem

- H⁺-Ionen binden sich an das NH₃ (Ammoniak), es entsteht NH₄⁺ (Ammonium)
- Ammonium kann die Kapillaren der Niere durchtreten und scheidet so überschüssige H⁺-Ionen aus
- De-novo-Synthese von HCO₃⁻ in der Niere
 - **Ammonium** entsteht aus dem Abbau von **Glutamin**
 - Aus Abbauprodukten wird erneut **Bikarbonat** gewonnen
 - Findet in der Niere statt

Regulation durch die Atmung

- Die Lunge beeinflusst den Säure-Basen-Haushalt über die CO₂-Konzentration (**pCO₂**)
- CO₂ wird von der Lunge **abgeatmet**
- Wird das gesamte CO₂ abgeatmet hat es keinen Einfluss auf den Säure-Säure-Basen Haushalt
- **Steigt** die CO₂-Konzentration, steigt auch die H⁺-Konzentration: Der **pH-Wert sinkt**
- **Sinkt** die CO₂-Konzentration, sinkt die H⁺-Konzentration: der **pH-Wert steigt**
- CO₂-Atemantrieb sorgt für die Konstanthaltung

Regulation durch die Niere

- Beeinflusst den Säure-Basen-Haushalt durch Regulation der **Pufferbasenkonzentration**
- Säuren die nicht in Form von CO_2 abgeatmet werden können bezeichnet man als „**fixe**“ Säuren
- Diese sind Stoffwechselprodukte:
 - **Schwefelsäure** (H_2SO_4)
 - **Salzsäure** (HCl)
- Fixe Säuren werden über die Niere ausgeschieden

Regulation durch die Niere

- Die anfallenden Säuren werden unter **Verbrauch** von **HCO₃⁻** in ihre **Salze** und **CO₂** konvertiert
- Die Salze der Säuren werden über den Harn ausgeschieden
- **Schwefelsäure** wird zu **Natriumsulfat** umgewandelt
 - $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{NaHCO}_3 \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{CO}_2$
- **Salzsäure** wird zu **Kochsalz** umgewandelt
 - $\text{HCl} + \text{NaHCO}_3 \rightleftharpoons \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

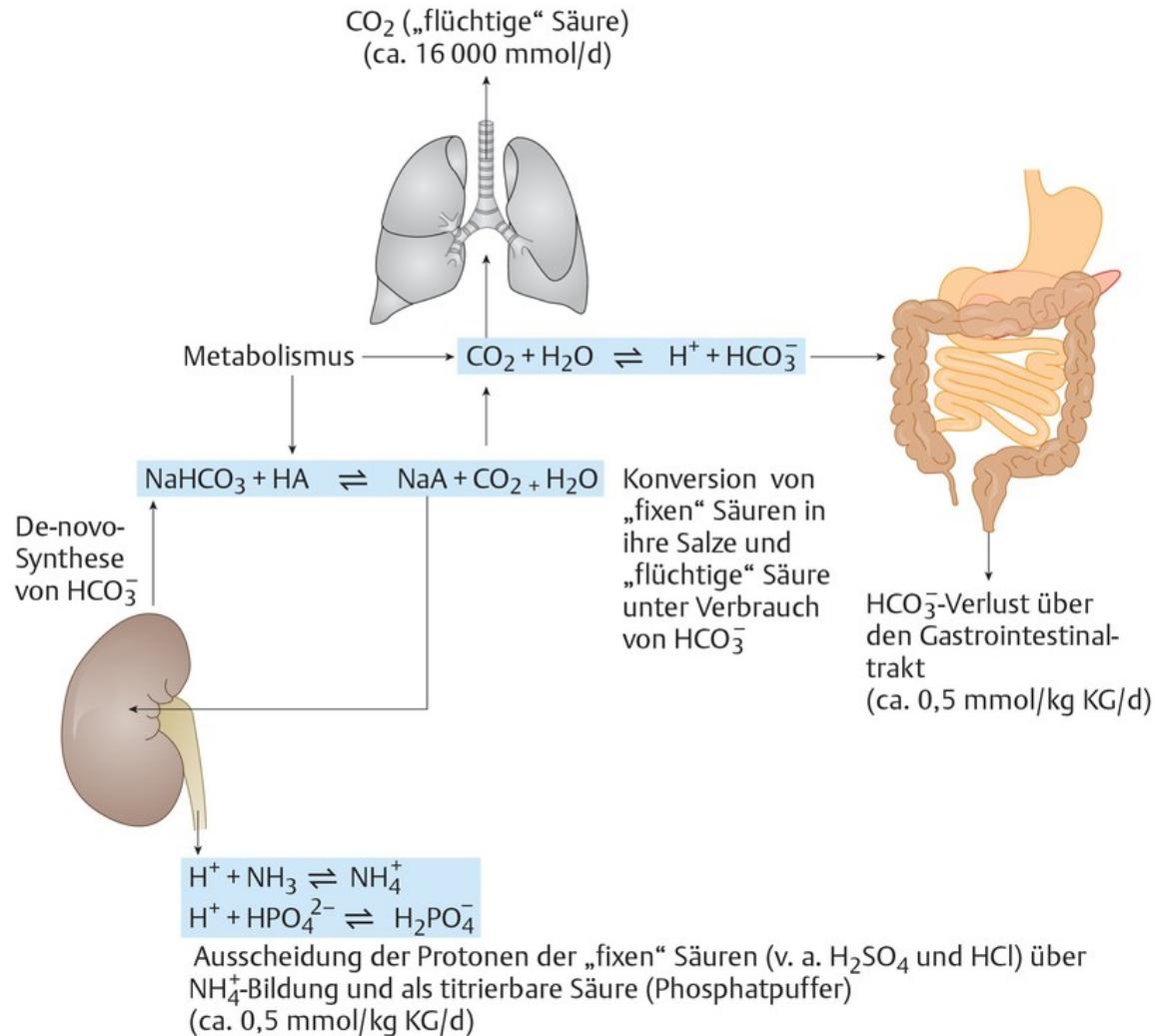
Regulation durch die Niere

- Die wesentlichen Prozesse sind:
- Produktion und Ausscheidung von NH_4^+ (siehe Ammoniumpuffer)
- Sekretion von H^+
- Reabsorption von HCO_3^-
- **De-novo-Synthese** von HCO_3^- (Siehe Ammonium Puffersystem)
- Findet im **proximalen Tubulus** statt

Regulation durch die Leber

- Eine wichtige Funktion ist die **Entgiftung von Ammoniak**
- Kann über zwei Wege erfolgen:
- Bildung von Harnstoff im **Harnstoffzyklus** (95%)
 - Es wird HCO_3^- verbraucht
- Umwandlung von **Glutamat** in **Glutamin** (5%)
 - Ist an NH_4^+ gekoppelt, also **unabhängig von HCO_3^-**
 - Glutamin wird in der Niere aufgenommen und zu NH_4^+ und HCO_3^- metabolisiert

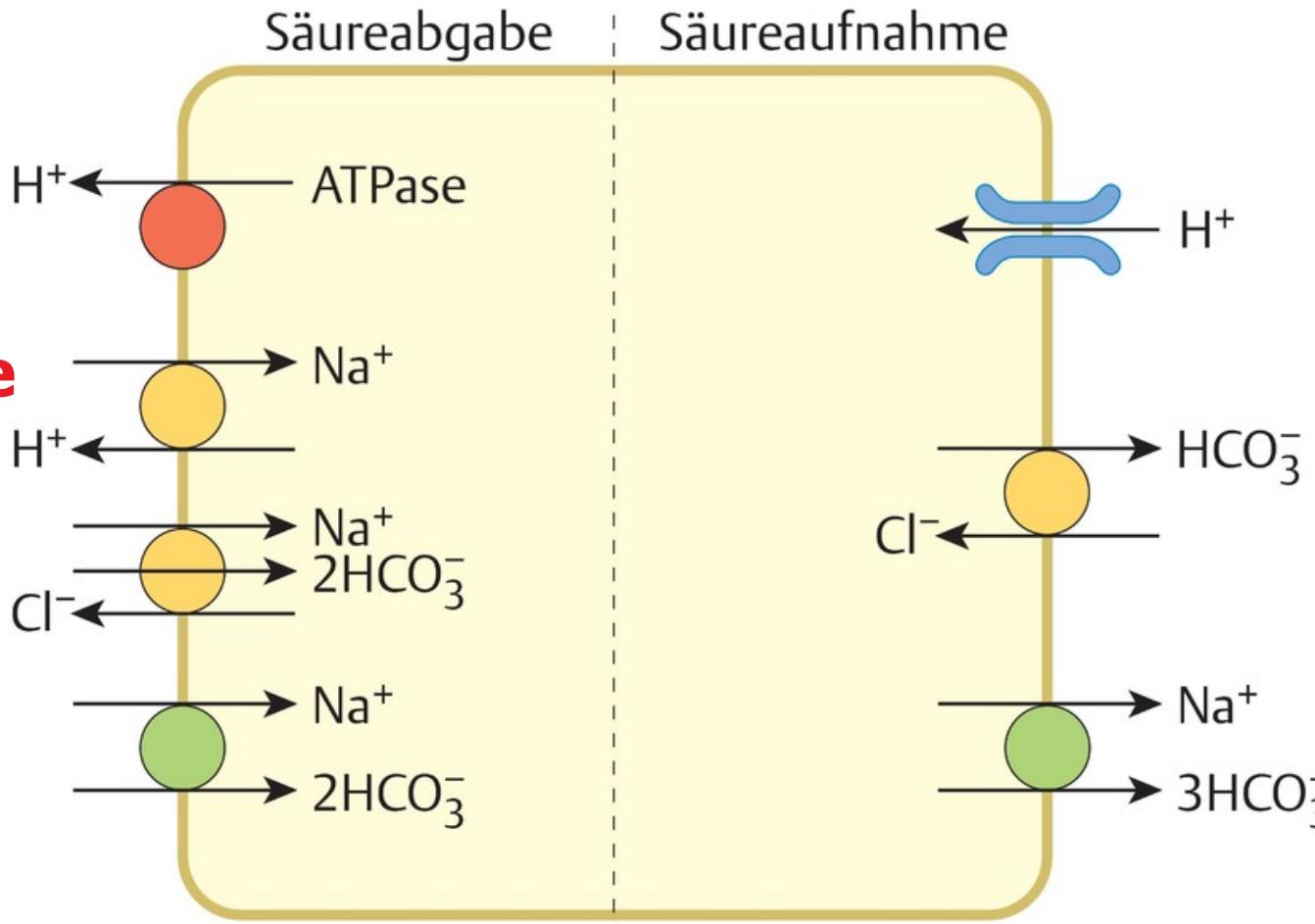
Regulation des Säure- Basen- Haushalts



Intrazelluläre Regulation

- Intrazellulärer pH-Wert liegt bei **7,2**
- Also etwas saurer als der Plasmawert (**7,4**)
- Durch **negatives Membranpotential** (Ruhepotential) strömen H^+ -Ionen in die Zelle
- Die Zelle muss diese wieder ausschleusen:
 - Na^+/H^+ -Austauscher
 - $\text{Na}^+/\text{HCO}_3^-$ Kotransporter
 - ATP-getriebene H^+ -Pumpen

Intrazelluläre Regulation



Störungen des Säure-Base-Haushalts

- Azidose (pH-Wert < 7,36)
- Alkalose (pH-Wert > 7,44)
- Man unterscheidet **respiratorische** und **metabolische** Ursachen

Störungen des Säure-Basen-Haushalts

Störung	nicht kompensiert (initiale Antwort der Messparameter)	kompensiert (Steady-state- Antwort der Messparameter)	primäre Ursache	als Folge von
respiratorische <u>Azidose</u>	pH: ↓ pCO ₂ : ↑ BE: normal	pH: normal/↓ pCO ₂ : ↑ BE: positiv	Hypoventilation	verminderter alveolärer Ventilation, reduzierter Diffusionskapazität, Ventilations-Perfusions-Störung
respiratorische <u>Alkalose</u>	pH: ↑ pCO ₂ : ↓ BE: normal	pH: normal/↑ pCO ₂ : ↓ BE: negativ	<u>Hyperventilation</u>	Hypoxie, <u>Angst</u>
nichtrespiratorische <u>Azidose</u>	pH: ↓ pCO ₂ : normal BE: negativ	pH: normal/↓ pCO ₂ : ↓ BE: negativ	vermehrter Anfall von Säuren (außer CO ₂ bzw. H ₂ CO ₃), Verlust von Basen	<u>Azidose</u> (Laktatazidose, z. B. bei schwerer Muskelarbeit oder <u>Schock</u> ; <u>Ketoazidose</u> , z. B. bei <u>Diabetes mellitus</u>), <u>Niereninsuffizienz</u> , <u>Diarröh</u>
nichtrespiratorische <u>Alkalose</u>	pH: ↑ pCO ₂ : normal BE: positiv	pH: normal/↑ pCO ₂ : ↑ BE: positiv	Verlust von Säuren (außer CO ₂ bzw. H ₂ CO ₃), vermehrter Anfall von Basen	<u>Erbrechen</u> , fehlerhafter Therapie, vegane Ernährung

BE = Basenexzess

Beispiel Hyperventilation

- Stimulation des Atemzentrums
- Stetig **sinkende** pCO_2
- Dadurch verminderte Bildung von H_2CO_3
- Es Folgt eine Verminderung von H^+ und HCO_3^-
- **Plasmaproteine** setzen nun H^+ frei
- Plasmaproteine binden nun Ca^{2+} statt H^+
- **Relative Hypokalziämie** führt zu Übererregbarkeit der Zellen:
 - Parästhesien
 - Muskelkrämpfe (Tetanie)



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!