

Stewart Acid-
Base Approach



I. gasteiger

ANÄSTHESIE FORUM



ALPBACH

REPETITORIUM



I.gasteiger - stewart approach - 2023



Männl.48 a, Leberzirrhose, Laparotomie, NaCl Volumentherapie



- pH: 7.20
- pCO₂: 40 mm Hg
- Bicarbonat: 15 mmol/l
- BE: -11,5 meq/l
- Na: 133 mmol/l
- Cl: 110 mmol/l
- Albumin: 22 g/l
- Laktat: 5 mmol/l

Männl.48 a, Leberzirrhose, Laparotomie, NaCl Volumentherapie



- pH 7,20 ; pCO₂ 40 mm Hg
- Bicarbonate 15 mmol/l ; BE: -11,5 meq/L
- Na 133 mmol/l ; Cl 110 mmol/l
- Albumin, 22 g/l ; Laktat 5 mmol/l

1. Wie verändert sich der pH bei weiterer Gabe von NaCl oder Plasmalyte (Na 140 mmol/L Cl 98 mmol/L)?
2. pH Auswirkung von Albumingabe?
3. Primäre Laktatazidose?

Säure-Basen Interpretation

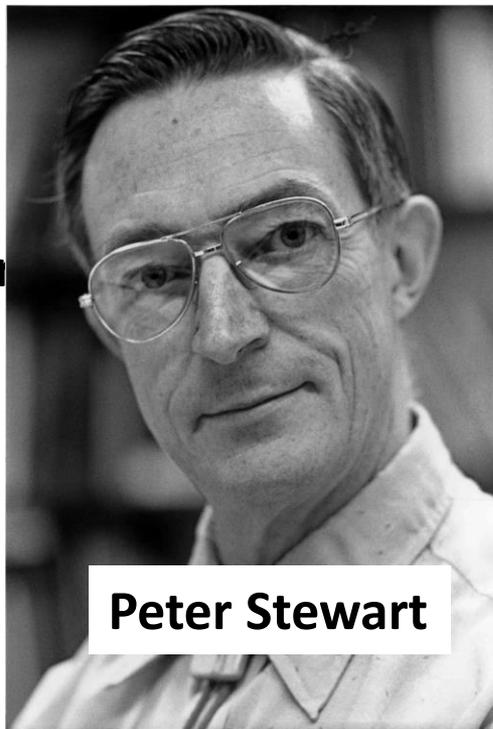


1. Nach Anionen Gap
2. Nach Base Excess
- 3. Nach Stewart Approach**

Säure-Basen Interpretation



1. Nach Anionen Gap
2. Nach Base Excess
3. **Nach Stewart Approach**



Peter Stewart

Grundprinzipien Stewart Approach



1. Elektroneutralität
2. Dissoziationsgleichgewicht unvollständig dissoziierter Substanzen
3. Gesamtmenge einer unvollständig dissoziierten Substanz wird aus der Summe der diss. und der undiss. Menge einer Substanz berechnet.

Gilt für:

- a) Wasser (liegt nur in geringen Teilen in $[H^+]$ und $[OH^-]$ dissoziiert vor)
- b) Andere „Starke“, (nahezu) vollständig diss. Ionen (Na^+ , K^+ , Cl^- ..) und körpereigene Substanzen (Laktat..)
- c) „Schwache“, unvollständig diss. Substanzen, volatile Säure-Basen-Paare Kohlendioxid-Kohlensäure und Ammoniak- Ammonium und nichtvolatilen Paare des Phosphats und der Plasmaproteine (Albumin)

1. Base Excess

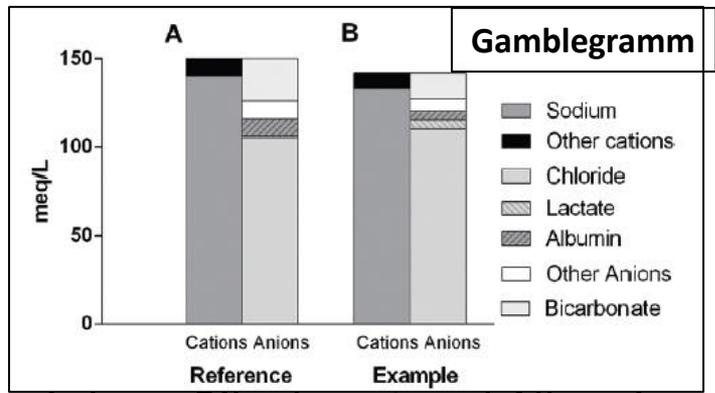


- Der BE gibt einen Überblick über metabolische Störungen!
 - Menge an HCl oder NaOH (mmol/l), welche einer für $p\text{CO}_2$ standardisierten Blutprobe beigemengt werden muss um pH 7,40 zu erreichen.
 - Bei NaOH \rightarrow BE negativ \rightarrow metab. Azidose
 - Bei HCl \rightarrow BE positiv \rightarrow metab. Alkalose
- Normalwert: -3 mmol/l bis +3 mmol/l

2. Stewarts Hauptfaktor ist die Strong Ion Difference (SID)



- pH abhängig von: CO_2 , SID und schwachen (unvollständig diss.) Säuren
- Strong Ions: vollständig dissoziierte Kationen (Na, K, Ca) und Anionen (Cl, Laktat)



- Die SID wird von Bikarbonat und Albumin „aufgefüllt“
- Bikarbonat wird von SID „verdrängt“

3. Schwache Säuren beeinflussen den Säure-Basen Haushalt



- Schwache Säuren - > unvollständig dissoziierte Säuren
- Routinemäßig gemessene schwache Säuren:
 - Albumin und Phosphat
- Schwache Säuren und SID beeinflussen sich **nicht** gegenseitig
 - > **Änderungen von pH und Bikarbonat sind abhängig von Änderungen der SID und/oder der schwachen Säuren**
 - SID ↓ und/oder schwache Säuren ↑ -> Azidose
 - SID ↑ und/oder schwache Säuren ↓ -> Alkalose
- Häufigste ICU-Störung: Hypoalbuminämie - > ?

3. Schwache Säuren beeinflussen den Säure-Basen Haushalt



- Schwache Säuren - > unvollständig dissoziierte Säuren
- Routinemäßig gemessene schwache Säuren:
 - Albumin und Phosphat
- Schwache Säuren und SID beeinflussen sich **nicht** gegenseitig
 - > **Änderungen von pH und Bikarbonat sind abhängig von Änderungen der SID und/oder der schwachen Säuren**
 - SID ↓ und/oder schwache Säuren ↑ -> Azidose
 - SID ↑ und/oder schwache Säuren ↓ -> Alkalose
- Häufigste ICU-Störung: Hypoalbuminämie - > **Alkalose**

4. BE abhängig von Änderungen der SID und Schwache Säuren



- Ionenkonzentration in meq/l
- 1 meq/l entspricht der Menge eines Substrats das benötigt wird um mit 1mmol HCl zu reagieren
 - Na^+ , Cl^- , K^+ , Laktat $^-$: 1 mmol = 1 meq
 - Ca^{2++} : 1 mmol = 2 meq
 - Albumin: 0,25 Albumin g/l = 1meq
 - BE (HCL-Menge): 1 meq = 1 mmol

5. Die Differenz aus Natrium und Chlorid ist vereinfacht der SID



- SID: $\text{Na}^+ - \text{Cl}^- = 140 - 105 = 35 \text{ meq}$
- **BE-Effekt_{SID}(meq) = Na – Cl -35 (1)**
- Pro meq Änderung im SID ändert sich der BE um 1 meq
- SID ↓ - > Negativeränderung BE
- SID ↑ - > Positiveränderung BE

6. Laktat ist ein Strong Ion



- BE-Effekt von Laktat kann berechnet werden
- **BE-Effekt_{Laktat} (meq) = 1 – Laktat (meq/l) (2)**
- Je höher das Laktat, desto negativer der BE-Effekt

7. Albumin ist die dominante schwache Säure



- Effektive Ionenkonzentration Albumin:
 - Albumin (meq) = $0,25 \times \text{Albumin (g/l)}$
 - Referenzwert Albumin: 42 g/l
- Differenz von Soll und Ist ergibt BE-Effekt von Albumin
- **BE-Effekt_{Albumin} (meq) = $0,25 \times (42 - \text{Albumin})$ (3)**

8. Putting it together



- $BE = BE\text{-Effekt}_{SID} + BE\text{-Effekt}_{Laktat} + BE\text{-Effekt}_{Albumin}$

$$BE = (Na - Cl - 35) + (1 - Laktat) + 0,25 \times (42 - Albumin)$$

Männl.48 a, Leberzirrhose, Laparotomie, NaCl Volumentherapie



- pH 7.20 ; Pco2 40 mm Hg
- Bicarbonate 15 mmol/l ; BE: -11,5 meq/L
- Na 133 mmol/l ; Cl 110 mmol/l
- Albumin, 22 g/l ; Laktat 5 mmol/l

$$\text{BE} = (\text{Na} - \text{Cl} - 35) + (1 - \text{Laktat}) + 0,25 \times (42 - \text{Albumin})$$

Männl.48 a, Leberzirrhose, Laparotomie, NaCl Volumentherapie



- pH 7.20 ; Pco2 40 mm Hg
- Bicarbonate 15 mmol/l ; BE: -11,5 meq/L
- Na 133 mmol/l ; Cl 110 mmol/l
- Albumin, 22 g/l ; Laktat 5 mmol/l

- **SID:** $\text{Na} - \text{Cl} - 35 = 133 - 110 - 35 = -12$
- **Laktateffekt:** $1 - \text{Laktat} = 1 - -5 = -4$
- **Albumineffekt:** $0,25 \times (42 - \text{Albumin}) = 0,25 \times (42 - 22) = 5$
 - **BE = -11**

- **Gemischte Azidose**
- **Hyperchl Azidose, Laktatazidose, Hypoalbuminämie Alkalose**

Männl.48 a, Leberzirrhose, Laparotomie, NaCl Volumentherapie

1. Wie verändert sich der pH bei weiterer Gabe von NaCl oder Plasmalyte (Na 140 mmol/L Cl 98 mmol/L)?
2. pH Auswirkung von Albumingabe?
3. Primäre Laktatazidose?

1. NaCl-Gabe: Cl \uparrow \rightarrow SID \downarrow \rightarrow hyperchloräme Azidose \uparrow

Plasmalyte: Cl \downarrow \rightarrow Na \uparrow Cl \downarrow \rightarrow SID \uparrow \rightarrow BE \downarrow

2. Albumin \uparrow \rightarrow hypoalbuminäme Alkalose \downarrow

3. **Hyperchloräme Azidose**, Laktatazidose, Hypoalbuminäme Alkalose

Beispiel 2: Wie geht es diesem Patienten?



- 64 a
- Z.n. LTX

Probenart			
T		37,0 °C	
pH(T)	7,363		[7,350 - 7,450]
SBE _C	-8,6	mmol/L	
cHCO ₃ ⁻ (P.st) _C	17,9	mmol/L	
↓ pCO ₂ (T)	28,4	mmHg	[35,0 - 45,0]
pO ₂ (T)	89,1	mmHg	[75,0 - 100]
sO ₂	97,3	%	[92,0 - 98,5]
Elektrolyt Ergebnis			
↑ cNa ⁺	149	mmol/L	[135 - 148]
↑ cK ⁺	5,7	mmol/L	[3,5 - 5,3]
cCa ²⁺	1,27	mmol/L	[1,13 - 1,32]
cCl ⁻	105	mmol/L	[98 - 106]
AnionGap,K ⁺ _C	34,3	mmol/L	
Metabolit Ergebnis			
↑ cLac	250	mg/dL	[5 - 18]
cGlu	82	mg/dL	[67 - 93]
Oxymetrie Ergebnis			
↓ ctHb	11,0	g/dL	[12,0 - 18,0]
FCO ₂ Hb	1,0	%	[0,0 - 1,5]
FHHb	2,6	%	[0,0 - 5,0]
FMetHb	1,0	%	[0,0 - 1,5]
FO ₂ Hb	95,4	%	[94,0 - 97,0]
Hct _C	34,0	%	
Abgeleitete Parameter			
ABE _C	-8,1	mmol/L	
cHCO ₃ ⁻ (P) _C	15,8	mmol/L	
mOsm _C	302,8	mmol/kg	

Beispiel 2: Wie geht es diesem Patienten?

- 64 a,
- Z.n. LTX
- derzeit anhepatisch

- Albumin 20 g/l

Probenart			
T		37,0 °C	
pH(T)	7,363		[7,350 - 7,450]
SBE _C	-8,6	mmol/L	
cHCO ₃ ⁻ (P.st) _C	17,9	mmol/L	
↓ pCO ₂ (T)	28,4	mmHg	[35,0 - 45,0]
pO ₂ (T)	89,1	mmHg	[75,0 - 100]
sO ₂	97,3	%	[92,0 - 98,5]
Elektrolyt Ergebnis			
↑ cNa ⁺	149	mmol/L	[135 - 148]
↑ cK ⁺	5,7	mmol/L	[3,5 - 5,3]
cCa ²⁺	1,27	mmol/L	[1,13 - 1,32]
cCl ⁻	105	mmol/L	[98 - 106]
AnionGap.K ⁺ _C	34,3	mmol/L	
Metabolit Ergebnis			
↑ cLac	250	mg/dL	[5 - 18]
cGlu	82	mg/dL	[67 - 93]
Oxymetrie Ergebnis			
↓ ctHb	11,0	g/dL	[12,0 - 18,0]
FCO ₂ Hb	1,0	%	[0,0 - 1,5]
FHHb	2,6	%	[0,0 - 5,0]
FMetHb	1,0	%	[0,0 - 1,5]
FO ₂ Hb	95,4	%	[94,0 - 97,0]
Hct _C	34,0	%	
Abgeleitete Parameter			
ABE _C	-8,1	mmol/L	
cHCO ₃ ⁻ (P) _C	15,8	mmol/L	
mOsm _C	302,8	mmol/kg	

Beispiel 2



- **SID:** $\text{Na} - \text{Cl} - 35 =$
- **Laktateffekt:** $1 - \text{Laktat} =$
- **Albumineffekt:** $0,25 \times (42 - \text{Albumin}) =$

- **BE =**

Probenart	37,0 °C		
T			
pH(T)	7,363		[7,350 - 7,450]
SBE _C	-8,6	mmol/L	
cHCO ₃ ⁻ (P,st) _C	17,9	mmol/L	
↓ pCO ₂ (T)	28,4	mmHg	[35,0 - 45,0]
pO ₂ (T)	89,1	mmHg	[75,0 - 100]
sO ₂	97,3	%	[92,0 - 98,5]
Elektrolyt Ergebnis			
↑ cNa ⁺	149	mmol/L	[135 - 148]
↑ cK ⁺	5,7	mmol/L	[3,5 - 5,3]
cCa ²⁺	1,27	mmol/L	[1,13 - 1,32]
cCl ⁻	105	mmol/L	[98 - 106]
AnionGap,K ⁺ _C	34,3	mmol/L	
Metabolit Ergebnis			
↑ cLac	250	mg/dL	[5 - 18]
cGlu	82	mg/dL	[67 - 93]
Oxymetrie Ergebnis			
↓ ctHb	11,0	g/dL	[12,0 - 18,0]
FCO ₂ Hb	1,0	%	[0,0 - 1,5]
FHHb	2,6	%	[0,0 - 5,0]
FMetHb	1,0	%	[0,0 - 1,5]
FO ₂ Hb	95,4	%	[94,0 - 97,0]
Hct _C	34,0	%	
Abgeleitete Parameter			
ABE _C	-8,1	mmol/L	
cHCO ₃ ⁻ (P) _C	15,8	mmol/L	
mOsm _C	302,8	mmol/kg	

Beispiel 2



- **SID:** $\text{Na} - \text{Cl} - 35 = 149 - 105 - 35 = \mathbf{10}$
- **Laktateffekt:** $1\text{-Laktat} = 1 - 25 = \mathbf{-24}$
- **Albumineffekt:** $0,25 \times (42 - \text{Albumin}) = 0,25 \times (42 - 20) = \mathbf{5,5}$
- **BE = -8,5**
- Hypernatriäme Alkalose
- Laktaazidose
- Hypoalbuminäme Alkalose

Probenart	37,0 °C	
pH(T)	7,363	[7,350 - 7,450]
SBE _C	-8,6	mmol/L
cHCO ₃ ⁻ (P.st) _C	17,9	mmol/L
↓ pCO ₂ (T)	28,4	mmHg [35,0 - 45,0]
pO ₂ (T)	89,1	mmHg [75,0 - 100]
sO ₂	97,3	% [92,0 - 98,5]
Elektrolyt Ergebnis		
↑ cNa ⁺	149	mmol/L [135 - 148]
↑ cK ⁺	5,7	mmol/L [3,5 - 5,3]
cCa ²⁺	1,27	mmol/L [1,13 - 1,32]
cCl ⁻	105	mmol/L [98 - 106]
AnionGap K ⁺ _C	34,3	mmol/L
Metabolit Ergebnis		
↑ cLac	250	mg/dL [5 - 18]
cGlu	82	mg/dL [67 - 93]
Oxymetrie Ergebnis		
↓ ctHb	11,0	g/dL [12,0 - 18,0]
FCO ₂ Hb	1,0	% [0,0 - 1,5]
FHHb	2,6	% [0,0 - 5,0]
FMetHb	1,0	% [0,0 - 1,5]
FO ₂ Hb	95,4	% [94,0 - 97,0]
Hct _C	34,0	%
Abgeleitete Parameter		
ABE _C	-8,1	mmol/L
cHCO ₃ ⁻ (P) _C	15,8	mmol/L
mOsm _C	302,8	mmol/kg

Probieren!



- $BE = BE\text{-Effekt}_{SID} + BE\text{-Effekt}_{Laktat} + BE\text{-Effekt}_{Albumin}$

$$BE = (Na - Cl - 35) + (1 \cdot Laktat) + 0,25 \times (42 - Albumin)$$