



BGA geschafft! Und jetzt?

Peter Krisper

Medizinische Universitätsklinik
Abt. f. Nephrologie & Hämodialyse

Lernziele



- ☐ Sicheres Erkennen einfacher Störungen des Säure-Basenhaushaltes an Hand einer Blutgasanalyse (BGA)
 - ▶ respiratorische Azidose
 - ▶ respiratorische Alkalose
 - ▶ metabolische Azidose
 - ▶ metabolische Alkalose

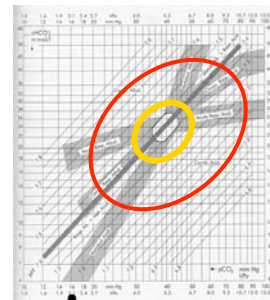
- ☐ Erkennen gemischter Störungen

- ☐ Differentialdiagnose und Therapie



pH des Blutes

- ▶▶ Normbereich: 7,36 - 7,44
- ▶▶ **< 7,2 bzw. > 7,5:**
 - ▶ Veränderte Proteinstruktur
 - ▶ Funktionsstörung wichtiger Organe
 - ZNS
 - Herz
 - Muskulatur
 - ...
- ▶▶ **< 7,0 bzw. > 7,7: Lebensgefahr!**



Slide 3



- ▶▶ **Azidämie:** Blut- pH < 7,36
- ▶▶ **Alkalämie:** Blut- pH > 7,44

Henderson-Hasselbalch-Gleichung:

$$\text{pH} = 6,1 + \log \left(\frac{[\text{HCO}_3^-]}{0,03 \times \text{pCO}_2} \right)$$

- ▶▶ **Azidose:** Prozeß der zu Azidämie führen kann
 - ▶ durch Abfall des HCO_3^- : **metabolisch**
 - ▶ durch Anstieg des pCO_2 : **respiratorisch**
- ▶▶ **Alkalose:** Prozeß der zu Alkalämie führen kann
 - ▶ durch Anstieg des HCO_3^- : **metabolisch**
 - ▶ durch Abfall des pCO_2 : **respiratorisch**

Slide 4

Warum sagen alle Astrup dazu?



Medical University of Graz

- ▶▶ Poul Bjørndahl Astrup
 - ▶ (1915 – 2000)
 - ▶ dänischer Physiologe
 - ▶ Erfinder der Blutgasanalyse



Astrup P, Gotzche H, Neukirch F: *Laboratory investigations during treatment of patients with poliomyelitis and respiratory paralysis*. The British Medical Journal, 1954, 1:780-786

Slide 5

Kenngößen



Medical University of Graz

- ▶▶ Normwerte der Blutgasanalyse (BGA, „Astrup“)
- ▶▶ arteriell
 - ▶ **pH = 7,40** (7,36 - 7,44)
 - ▶ **pCO₂ = 40 mmHg** (36 - 44)
 - ▶ HCO₃⁻ = 22 - 26 mmol/l (Problem: pCO₂ –abhängig)
 - ▶ **BE (base excess) = 0 mmol/l** (-2 bis +2)
- ▶▶ (venös)
 - ▶ pH ~ 7,36
 - ▶ pCO₂ ~ +6
 - ▶ HCO₃⁻ =

Slide 6



pH sauer oder alkalisch?

pCO₂ respiratorischer Marker

BE metabolischer Marker



pH: sauer oder alkalisch?

- ▶ pH < 7,36 Azidämie
- ▶ pH > 7,44 Alkalämie

pCO₂: respiratorischer Marker („sauer“)

- ▶ pCO₂ > 44 respiratorische Azidose
- ▶ pCO₂ < 36 respiratorische Alkalose

BE: metabolischer Marker („basisch“)

- ▶ BE > 2 metabolische Alkalose
- ▶ BE < -2 metabolische Azidose



- ▶▶ Ziel: pH in „akzeptablen“ Bereich bringen (~7,2 - 7,5)
- ▶▶ üblicherweise kein vollständiger Ausgleich!

wir erwarten daher in der BGA:

- ▶▶ bei metabolischen Störungen
 - ▶ eine *gewisse* respiratorische Gegenregulation (rasch)
- ▶▶ bei respiratorischen Störungen
 - ▶ eine *gewisse* metabolische Gegenregulation (langsam)

Slide 9



- ◻ pH: sauer oder alkalisch?
- ◻ pCO₂, BE: metabolisch oder respiratorisch?
- ◀ pCO₂, BE: gewisse Gegenregulation?

Normale BGA: pH + pCO₂ + BE im Normbereich!

Slide 10

Einfache Störungen des SBHH



Medical University of Graz

Säure-Basen-Störung	pH	BE	pCO ₂
Respiratorische Azidose (+ metabolische Alkalose als Gegenregulation)	↓	↑	↑
Respiratorische Alkalose (+ metabolische Azidose als Gegenregulation)	↑	↓	↓
Metabolische Azidose (+ respiratorische Alkalose als Gegenregulation)	↓	↓	↓
Metabolische Alkalose (+ respiratorische Azidose als Gegenregulation)	↑	↑	↑



“metabolisch – miteinander”

Slide 11

Fallbeispiel 1



Medical University of Graz

▶▶ BGA:

pH	7,558
pCO ₂	17,6
pO ₂	97,3
HCO ₃ ⁻	15,3
BE	-5,0

pH = 7,36 - 7,44
 pCO₂ = 36-44 mmHg
 HCO₃⁻ = 22-26 mmol/l
 BE = +/- 2 mmol/l
 AL = 8 - 16 mmol/l

Slide 12

Respiratorische Alkalose



Medical University of Graz

pH	BE	pCO ₂
↑	↓ - ↓↓	↓

▶▶ BGA:

pH	7,558
pCO ₂	17,6
pO ₂	97,3
HCO ₃ ⁻	15,3
BE	-5,0

pH = 7,36 - 7,44
 pCO₂ = 36-44 mmHg
 HCO₃⁻ = 22-26 mmol/l
 BE = +/- 2 mmol/l
 AL = 8 - 16 mmol/l

▶▶ Grundproblem:

- ▶ alveoläre Hyperventilation
- ▶ verstärkte CO₂-Abatmung

Slide 13

Respiratorische Alkalose - Ursachen



Medical University of Graz

pH	BE	pCO ₂
↑	± - ↓	↓

- ▶▶ Hypoxie stimuliert die Ventilation!
 - ▶ Kardiopulmonale Erkrankungen:
 - Lungenödem
 - Pneumonie
 - Lungenembolie...
 - ▶ extremer Höhengaufenthalt
- ▶▶ Zentral-nervös (O₂-unabhängige Stimulation)
 - ▶ **psychogen**
 - ▶ Salizylate
 - ▶ patholog. Atmungsformen (z.B. Cheyne-Stoke)
 - ▶ Sepsis
- ▶▶ Mechanische Hyperventilation

Slide 14

Fallbeispiel 2



Medical University of Graz

- ▶▶ 68 a, m
- ▶▶ Symptome:
 - ▶ chronische Dyspnoe
 - ▶ verlängertes Expirium
 - ▶ auskult. leise AG's, vzt. spast. RG's
 - ▶ Lippenzyanose



- ▶▶ Anamnese:
 - ▶ langjähriger Nikotinabusus, lt. Arztbrief „LTOT“

Slide 15

Fallbeispiel 2



Medical University of Graz

pH	7,315
pCO ₂	72,8
pO ₂	61,7
HCO ₃ ⁻	36,2
BE	7,9

pH = 7,36 - 7,44
pCO₂ = 36-44 mmHg
HCO₃⁻ = 22-26 mmol/l
BE = +/- 2 mmol/l
AL = 8 - 16 mmol/l

Slide 16

Respiratorische Azidose (chronisch)



Medical University of Graz

pH	BE	pCO ₂
↓	↑	↑

pH	7,315
pCO ₂	72,8
pO ₂	61,7
HCO ₃ ⁻	36,2
BE	7,9

pH = 7,36 - 7,44
pCO₂ = 36-44 mmHg
HCO₃⁻ = 22-26 mmol/l
BE = +/- 2 mmol/l
AL = 8 - 16 mmol/l

▶▶ Grundproblem:

- ▶ alveoläre **Hypoventilation**
- ▶ verminderte CO₂-Abatmung
- ▶ renale Gegenregulation

Slide 17

Respiratorische Azidose - Ursachen



Medical University of Graz

▶▶ Alveoläre Hypoventilation!

pH	BE	pCO ₂
↓	↑ - ↑	↑

- ▶ akut:
 - Atemwegsobstruktion
 - Beeinträchtigung des Atemzentrums
- ▶ chronisch:
 - COPD**
 - Restriktive Störungen, ev. Adipositas
 - Neuromuskuläre Defekte

Slide 18



▶▶ Verbesserung der Ventilation!

▶▶ je nach Ursache:

- ▶ Atemwege freimachen
- ▶ antiobstruktive Medikamente
- ▶ Beatmung
- ▶ ...

Slide 19

Fallbeispiel 3



▶▶ 21 a, w

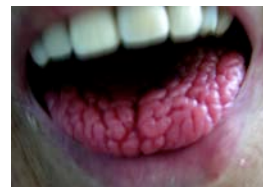
▶▶ Symptome:

- ▶ somnolent
- ▶ schnelle, tiefe Atmung („Kussmaul“)
- ▶ trockene Haut und Zunge



▶▶ Anamnese:

- ▶ in letzter Zeit sehr durstig, viel Harn
- ▶ fieberhafter Infekt



Slide 20

Fallbeispiel 3



Medical University of Graz

pH	7,225
pCO ₂	11,7
pO ₂	120,3
HCO ₃ ⁻	4,7
BE	-20,3

pH = 7,36 -7,44
pCO₂ = 36-44 mmHg
HCO₃⁻ = 22-26 mmol/l
BE = +/- 2 mmol/l
AL = 8 - 16 mmol/l

Slide 21

Metabolische Azidose



Medical University of Graz

pH	BE	pCO ₂
↓	↓	↓

pH	7,225
pCO ₂	11,7
pO ₂	120,3
HCO ₃ ⁻	4,7
BE	-20,3

pH = 7,36 -7,44
pCO₂ = 36-44 mmHg
HCO₃⁻ = 22-26 mmol/l
BE = +/- 2 mmol/l
AL = 8 - 16 mmol/l

▶▶ Grundproblem:

- ▶ Säureaddition (exogen oder endogen)
- ▶ Säureretention
- ▶ Basenverlust

Slide 22

Metabolische Azidose



Medical University of Graz

pH	BE	pCO ₂
↓	↓	↓

▶▶ Plasma-Anionenlücke bestimmen!

- ▶ nicht gemessene Anionen (Sulfat, Phosphat etc.)
- ▶ $AL = Na^+ - Cl^- - HCO_3^-$
- ▶ Normbereich 8 -16 mmol/l

Slide 23

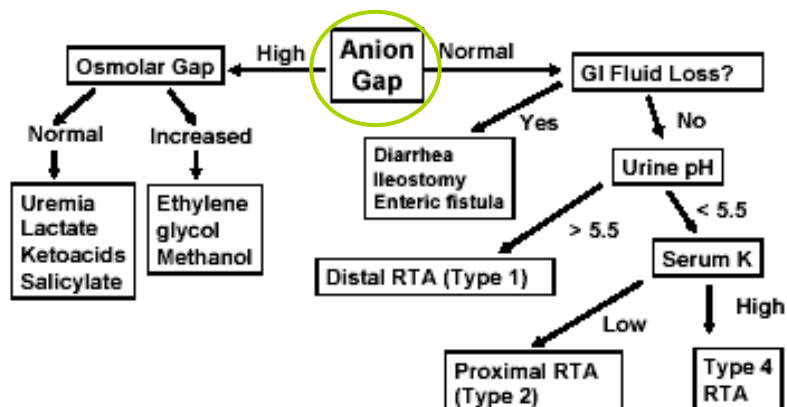
Metabolische Azidose - Ursachen



Medical University of Graz

▶▶ Diagnostikbaum

pH	BE	pCO ₂
↓	↓	↓



Slide 24

Metabolische Azidose



Medical University of Graz

pH	7,225
pCO ₂	11,7
pO ₂	120,3
HCO ₃ ⁻	4,7
BE	-20,3
Na ⁺	137,4
K ⁺	4,18
Cl ⁻	107
Glu	269
Lactat	*?*

pH	BE	pCO ₂
↓	↓	↓

pH = 7,36 - 7,44
 pCO₂ = 36-44 mmHg
 HCO₃⁻ = 22-26 mmol/l
 BE = +/- 2 mmol/l
 AL = 8 - 16 mmol/l

AL = Na⁺ - Cl⁻ - HCO₃⁻

▶▶ Anionenlücke: $137 - 107 - 5 = 25$

Slide 25

Metabolische Azidose - Ursachen



Medical University of Graz

▶▶ vergrößerte Anionenlücke:
 „Additionsazidosen“ (Nicht-Carbonsäuren)

pH	BE	pCO ₂
↓	↓	↓

- ▶ **K**etoazidose
- ▶ **U**rämie
- ▶ **S**alizylate
- ▶ **M**ethanol
- ▶ **E**thylenglykol
- ▶ **L**aktatazidose



Slide 26

Metabolische Azidose - Ursachen



Medical University of Graz

▶▶ vergrößerte Anionenlücke: „Additionsazidosen“

pH	BE	pCO ₂
↓	↓	↓

- ▶ Ketoazidose
 - Diabetes, Alkohol, Hunger
- ▶ Urämie (Nierenversagen)
 - Sulfat, Phosphat, organische Säuren
- ▶ Intoxikationen
 - Salizylate, Methanol, Ethylenglykol
- ▶ Laktatazidose
 - Schock, Hypoxie, Biguanidtherapie, Leberzerfall



Slide 27

Metabolische Azidose - Ursachen



Medical University of Graz

▶▶ normale Anionenlücke

pH	BE	pCO ₂
↓	↓	↓

- ▶ HCO₃ Verlust
 - **Diarrhoe (Enteritis)**
 - RTA II (Eingeschränkte HCO₃⁻ Resorption am prox. Tubulus)
 - Urinableitung in Darm, Pankreasfistel, biliäre Drainage
 - Carboanhydrasehemmertherapie
- ▶ Eingeschränkte H[±] Sekretion (durch red. NH₄⁺ Ausscheidung)
 - RTA I (Defekt des distalen Tubulus)
 - RTA IV (Hypoaldosteronismus)

Slide 28



▶▶ Grunderkrankung behandeln!

- ▶ diabet. Ketoazidose: Volumen, Insulin, Kalium,
- ▶ Vergiftungen: Giftelimination
- ▶ Urämie: Dialyse
- ▶

▶▶ Alkalizufuhr

- ▶ bei *schwerer* metaboler Azidose Na-Bicarbonat i.v.:
 $0.7 * \text{kgKG} * (12 - [\text{HCO}_3^-])$
- ▶ Ziel: $\text{HCO}_3^- > 10$, $\text{pH} > 7.20$
- ▶ bei normaler Anionenlücke großzügigere Gabe

Slide 29



▶▶ Ursachen:

- ▶ **chron. Niereninsuffizienz**
- ▶ renal tubuläre Azidosen
- ▶ Ileostoma, Gallefistel,...

▶▶ Therapie:

- ▶ Ziel: HCO_3^- annähernd normalisieren
- ▶ Na-Bicarbonat
Nephrotrans®: 1 Kps. = 0.5 g Na-Bicarbonat (~ 6 mmol)
- ▶ Citrat
Acetolyt®: 1 ML ~ 2.5 g Ca/Na-Citrat (~ 9 mmol)

Slide 30

Fallbeispiel 4



Medical University of Graz

- ▶▶ 10a, m
- ▶▶ Symptome:
 - ▶ getrübt anrufbar, Schwäche, Lethargie



- ▶▶ Anamnese:
 - ▶ seit Tagen Fieber, Übelkeit, Erbrechen

Slide 31

Fallbeispiel 4



Medical University of Graz

pH	7,588
pCO ₂	47,5
pO ₂	58,4
HCO ₃ ⁻	31,0
BE	9,0

pH = 7,36 - 7,44
pCO₂ = 36-44 mmHg
HCO₃⁻ = 22-26 mmol/l
BE = +/- 2 mmol/l
AL = 8 - 16 mmol/l

Slide 32

Metabolische Alkalose



Medical University of Graz

pH	BE	pCO ₂
↑	↑	↑

pH	7,588
pCO ₂	47,5
pO ₂	58,4
HCO ₃ ⁻	31,0
BE	9,0

pH = 7,36 - 7,44
pCO₂ = 36-44 mmHg
HCO₃⁻ = 22-26 mmol/l
BE = +/- 2 mmol/l
AL = 8 - 16 mmol/l

▶▶ Grundproblem Säureverlust (H⁺):

- ▶ renal
- ▶ extrarenal

Slide 33

Metabolische Alkalose



Medical University of Graz

▶▶ Hauptursachen

pH	BE	pCO ₂
↑	↑	↑

☐ Diuretika

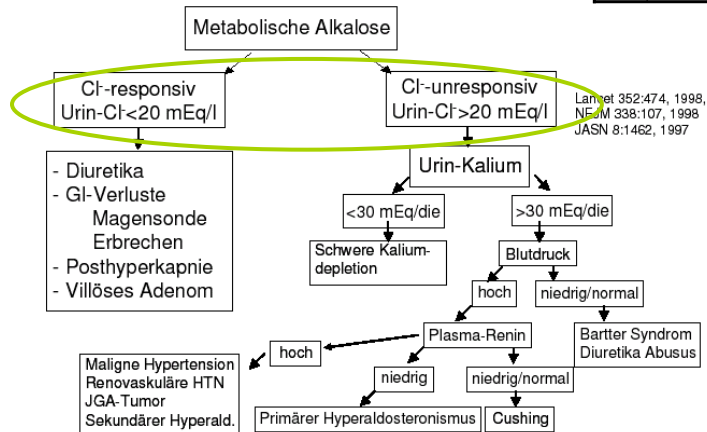
☐ Erbrechen

Slide 34



» Differentialdiagnose

pH	BE	pCO ₂
↑	↑	↑



Slide 35



» Therapie: Grundproblem behandeln!

- ▶ Chloridsensitiv: Volumengabe (isotone Lösungen)
- ▶ Hypokaliämie: Kaliumsubstitution
- ▶ Hyperaldosteronismus: Aldosteronantagonisten
- ▶ selten: Acetazolamid, Säurezufuhr (ICU!)

Slide 36

Fallbeispiel 5



Medical University of Graz

pH	7,076
pCO ₂	92,7
pO ₂	66,9
HCO ₃ ⁻	26,6
BE	-4,6
Na ⁺	144,4
K ⁺	3,73
Cl ⁻	100
Glu	200
Lactat	2,51

pH = 7,36 -7,44
pCO₂ = 36-44 mmHg
HCO₃⁻ = 22-26 mmol/l
BE = +/- 2 mmol/l
AL = 8 – 16 mmol/l

- ▶▶ kombinierte Störung!
- ▶▶ respiratorische + metabolische Azidose!

Slide 37

Fallbeispiel 6



Medical University of Graz

pH	7,425
pCO ₂	57,6
pO ₂	57,6
HCO ₃ ⁻	36,9
BE	10,5
Na ⁺	142,0
K ⁺	4,59
Cl ⁻	104
Glu	146
Lactat	1,22

pH = 7,36 -7,44
pCO₂ = 36-44 mmHg
HCO₃⁻ = 22-26 mmol/l
BE = +/- 2 mmol/l
AL = 8 – 16 mmol/l

- ▶▶ kombinierte Störung!
- ▶▶ respiratorische Azidose + metabolische Alkalose!

Slide 38



Keine Gegenregulation

- ▶▶ Azidose in beiden Systemen
- ▶▶ Alkalose in beiden Systemen
- ▶▶ Ein System azidotisch/alkalotisch, das andere „normal“

„Volle Kompensation“

- ▶▶ normaler pH bei ausgeprägten gegenläufigen Störungen

Zu wenig oder zu viel Gegenregulation

- ▶▶ Empirische Daten zum erwarteten Ausmaß
- ▶▶ für Spezialisten



Erwartetes Ausmaß der Gegenregulation (empirische Daten):

- ▶▶ respiratorische Azidose → HCO_3^- Retention
 - ▶▶ akut: 1 mmol/l HCO_3^- Anstieg pro 10 mmHg pCO_2 Anstieg
 - ▶▶ chronisch: 3,5 mmol/l HCO_3^- Anstieg pro 10 mmHg pCO_2 Anstieg
- ▶▶ respiratorische Alkalose → HCO_3^- Ausscheidung
 - ▶▶ akut: 2 mmol/l HCO_3^- Abfall pro 10 mmHg pCO_2 Abfall
 - ▶▶ chronisch: 4 mmol/l HCO_3^- Abfall pro 10 mmHg pCO_2 Abfall
- ▶▶ metabolische Azidose → CO_2 Abatmung
 - ▶▶ 1,2 mmHg pCO_2 Abfall pro 1mmol/l HCO_3^- Abfall
- ▶▶ metabolische Alkalose → CO_2 Retention
 - ▶▶ 0,7 mmHg pCO_2 Anstieg pro 1mmol/l HCO_3^- Anstieg



...nun ja:



Medical University of Graz



„...es ist alles sehr kompliziert ...“

Fred S., Bundeskanzler a.D.



“...und das Leben steckt voller Tücken...”

eigene Erfahrung



Slide 41

Zusammenfassung



Medical University of Graz

einfache Störungen des Säure-Basen-Haushaltes

Säure-Basen-Störung	pH	BE	pCO ₂
Respiratorische Azidose	↓	↑	↑
Respiratorische Alkalose	↑	↓	↓
Metabolische Azidose	↓	↓	↓
Metabolische Alkalose	↑	↑	↑

Slide 42



kombinierte Störungen des Säure-Basen-Haushaltes

Säure-Basen-Störung	pH	BE	pCO ₂
Respiratorische Azidose + Metabolische Alkalose	↓ ⊥ ↑	↑	↑
Respiratorische Alkalose + Metabolische Azidose	↓ ⊥ ↑	↓	↓
Respiratorische Azidose + Metabolische Azidose	↓↓	↓	↑
Respiratorische Alkalose + Metabolische Alkalose	↑↑	↑	↓



kombinierte Störungen des Säure-Basen-Haushaltes

Säure-Basen-Störung	pH	BE	pCO ₂
Respiratorische Azidose + Metabolische Alkalose	↓ ⊥ ↑	↑	↑
Respiratorische Alkalose + Metabolische Azidose	↓ ⊥ ↑	↓	↓
Respiratorische Azidose + Metabolische Azidose	↓↓	↓	↑
Respiratorische Alkalose + Metabolische Alkalose	↑↑	↑	↓
Metabolische Azidose + Metabolische Alkalose	↓ ⊥ ↑	↓ ⊥ ↑	↓ ⊥ ↑

BGA Interpretation



Medical University of Graz

- pH: sauer oder alkalisch?
- pCO₂, BE: metabolisch oder respiratorisch?
- ◀ pCO₂, BE: gewisse Gegenregulation?
- ▶ pH, pCO₂ und BE im Normbereich: unauff. BGA

Slide 45

Abschluss-Quiz



Medical University of Graz

pH	7,416
pCO ₂	44,2
pO ₂	88,9
HCO ₃ ⁻	27,8
BE	2,9
Na ⁺	143,1
K ⁺	3,67
Cl ⁻	104

Slide 46



pH	7,416
pCO ₂	40,0
pO ₂	80,0
PCV	27,8
PO ₂	2,9
Na ⁺	143,1
K ⁺	3,67
Cl ⁻	104

**Danke fürs
Zuhören!**