

# Intrazelluläre Basenpufferkapazität des Blutes Einbeziehung des Hämatokrit-Wertes in das Messverfahren nach Jörgensen

## EIN STUDIENBERICHT

von J. van Limburg Stirum und N. van Appeldorn

### Zusammenfassung

Die Säure-Basen-Titration nach Jörgensen gibt Auskunft über die intrazelluläre Basenpufferkapazität der Erythrozyten. Es hat sich an Hand einer Studie an 200 Patienten gezeigt, dass durch die Einbeziehung des Hämatokritwertes in die Berechnung eine präzisere Aussage über die Pufferkapazität der einzelnen Zellen und damit der Säure-Basen Homöostase resultiert. Die Ergebnisse gewinnen damit an Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit.

Die im Folgenden vorgeschlagenen Ergänzungen in der Auswertung der Messdaten wollen eine Weiterentwicklung des Systems nach Jörgensen anregen.

### Schlüsselwörter

Säure-Basen-Analyse nach Jörgensen, Hämatokrit, Serokrit, Intrazelluläre Basenpufferkapazität (IZP), Vollblutpuffer (VP), Plasmapuffer (PP), Intrazelluläre Uebersäuerung (Azidose), Kalium, Calcium

### Summary

The acid-base titration by Jörgensen informs on the buffer-capacity of the plasma and red blood cells. A study on 200 patients revealed, that by introducing the hematocrit into the calculation, the results increase in precision and are therefore more reliable and comparable.

### Key Words

Acid-base-titration by Jörgensen, hematocrit, serocrit, intracellular buffer capacity, whole-blood buffer, plasma-buffer, intracellular acidosis, potassium, calcium

## 1. Kurzdarstellung der Methode nach Jörgensen zur Ermittlung der Intrazellulären Basenpufferkapazität

Es soll an dieser Stelle nur ein Teilaspekt aus der Methode nach Jörgensen herausgegriffen werden, nämlich der, zur Ermittlung der Intrazellulären Basenpufferkapazität.

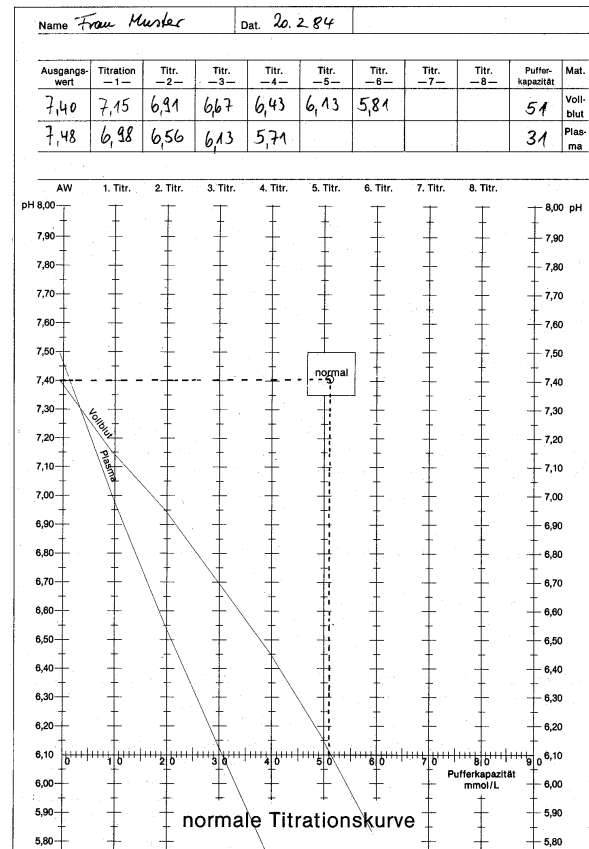
„Das Verhalten der Erythrozyten kann bedingt als repräsentativ für den übrigen Intrazellulärraum gelten. Da das Gewebe einer direkten Messung nicht zugänglich ist, erfolgt die Bestimmung der Pufferbasen vergleichend im Vollblut und im Plasma. Die Differenz steht für die intrazelluläre Pufferkapazität.

Die Pufferbasen werden durch eine Titrationskurve ermittelt, die mittels 0.1 N HCl den pH-Wert des Blutes bzw. Plasmas auf den pK-Wert von 6.1 zurückführt. Beim pK-Wert stehen Säuren und Basen im Gleichgewicht zueinander, so dass die zugegebene Säuremenge der ursprünglich vorhandenen Basenmenge entspricht, abzüglich der ursprünglichen Säuremenge.“(1)

Der ermittelte Wert für die intrazelluläre Pufferkapazität widerspiegelt den Grad der intrazellulären Uebersäuerung (Azidose). Je niedriger die Kapazität, um so mehr Basenpuffer wurden peripher zur Neutralisierung der Säurevalenzen verbraucht.

Die folgende Grafik zeigt das Beispiel einer normalen Titrationskurve. (1)

Abb. 1



In diesem Beispiel beträgt die Pufferkapazität des Vollblutes 51 mmol/L und des Plasmas 31mmol/L. Die Differenz dieser beiden Werte wird als die intrazelluläre Pufferkapazität (IZP) des Blutes angegeben: 51 - 31mmol/L = 20mmol/L. Diese 20mmol/L stelle den unteren Grenzwert dar. (3) In der weiteren Ausführung wird diese IZP als „IZPalt“ angegeben.

## 2. Auswertung unter Einbeziehung des Hämatokrites

In der praktischen Durchführung der Analyse wird je 1ml Vollblut und anschliessend 1ml Plasma titriert, und die Pufferwerte voneinander subtrahiert.

In dieser Berechnung wird vernachlässigt, dass die Vollblutprobe nicht 1ml Serumanteil enthält, sondern lediglich einen Serokrit-Anteil. Dieser beträgt: (100 - Hämatokrit)% (Abb. 2, Kürzelbedeutung beachten).

Abb. 2

<----- Puffer-Kapazität ----->	
Vollblut-Puffer (VP)	
Plasma-Puffer (PP)	IZPalt
Serokrit Puffer (SP)	Hk Puffer (IZPneu)

Liegt der Hämatokrit zwischen 37 und 52% (Normbereich), so ergibt sich für das obige Beispiel folgende Gleichung:

$$SP = \text{Plasmapuffer}(1ml) \times \frac{100-Hk}{100}$$

$$SP = 31mmol/L \times \frac{100-37(52)}{100}$$

$$SP = 19.5(14.9)mmol/L$$

Um die intrazelluläre Pufferkapazität (IZPneu) zu erhalten, wird dieser korrigierte SP von der Pufferkapazität des Vollblutes (VP) subtrahiert:

$$IZPneu = 51mmol/L - 19.5(14.9)mmol/L$$

$$IZPneu = 31.5(36.1)mmol/L$$

Die vollständige Formel lautet:

$$IZPneu = VP - \left[ PP \times \frac{100-Hk}{100} \right]$$

## 3. Standardisierung der Werte

In der Gegenüberstellung der intrazellulären Pufferkapazität zum Hämatokritwert konnte man in der bisherigen Praxis bei den unterschiedlichsten Hämatokritwerten die gleichen IZP (Tabelle 1: A-C) und bei den gleichen Hämatokritwerten unterschiedlichen IZP (Tabelle 1: D-F) beobachten:

Tab. 1

Patient	IZPalt in mmol/L	Hk %
A	20	44.7
B	20	39.7
C	20	26.1
D	23	39.3
E	29	39.3
F	24	39.5

Dieser Sachverhalt, beruhend auf dem Vorkommen zweier Variablen, verlangt eine Standardisierung. Dies wird dadurch erreicht, dass eine Variable vordefiniert wird. In dieser Studie wurde der Hämatokrit auf den Wert 100% gesetzt. Damit lässt sich die effektive Pufferkapazität der Erythrozyten errechnen.

$$IZPneu100\% Hk = \left\{ VP - \left[ PP \times \frac{100-Hk}{100} \right] \right\} \times \frac{100}{Hk}$$

vereinfacht ausgedrückt:

$$IZPneu100\% Hk = PP + \left[ \frac{VP-PP}{Hk} \times 100 \right]$$

Es bleibt noch, den Normbereich für den neuen Berechnungsweg zu definieren. Der aus der Grafik (Abb.1) entnommene Wert für die IZP war >20mmol/L. Für die Festlegung eines Ausgangsnormwertes für den Hämatokrit wird an die Ausführungen im Pschyrembel verwiesen, in dem der Normwert für Männer mit 40-52% und Frauen mit 37-47% angegeben wird. Ein Hämatokritwert im oberen „Normbereich“ ist jedoch bereits als kardiovaskulärer Risikofaktor anzusehen. K.O. Glaesel erachtet deshalb bei beiden Geschlechtern einen Hämatokrit von 40-42% als optimal. (2)

Die Werte des eingangs erwähnten Beispiels in die obige Rechnung eingesetzt, ergibt eine IZPneu100%Hk zwischen 78.6mmol/L und 81mmol/L als Orientierungsgrösse.

## 4. Material und Methode

Es wurden in einer Praxis mit Schwerpunkt Komplementärmedizin 200 Patienten randomisiert ausgewählt. Eine Blutprobe morgens nüchtern entnommen, diente der Titration nach Jörgensen, als auch der Bestimmung des Hämatokrites nach der QBC Methode und einer Vollblut-Spektralanalyse der Spurenelemente und Mineralstoffe im Laboratorium Dr. Bayer in Stuttgart.

## 5. Resultate

Für die Beispiel-Patienten der Tabelle 1 lassen sich folgende IZPneu100%Hk errechnen (Pufferwerte in mmol/Liter):

Tab.2

Pat.	PP	IZPalt	Hk %	IZPneu100%Hk
A	26	20	44.7	70.7
B	24	20	39.7	74.4
C	21	20	26.1	97.6
D	25	23	39.3	83.5
E	26	29	39.3	99.6
F	26	24	39.5	86.8

### 5.1 Durchschnittswerte der Studie:

Die IZPneu100%Hk wurde für die 200 Proben kalkuliert:

Der Mittelwert betrug 76.2mmol/L bei einer Standardabweichung von 8.8mmol/L und einer mittleren Abweichung von 5.8mmol/L. Dabei ist jedoch zu bedenken, dass diese Werte von grösstenteils chronisch kranken Patienten und nicht einem gesunden Kollektiv stammen. Damit dürfte der untere Normbereich eher um 78 - 80 figurieren (vgl. Berechnung oben). Er müsste jedoch durch entsprechende Studien noch belegt werden

### 5.2 IZP und Kalium

Eine weitere wertvolle Ergänzung zur Erfassung des intrazellulären Milieu's ist die Bestimmung des Kaliumgehaltes im Vollblut. Kalium, als ein wichtiges Elektrolyt des Intrazellulärtraumes, kommt in den Erythrozyten in einer 30-40fach höheren Konzentration vor als im Blutplasma.

Uebersäuerung (Azidose) führt zu Kaliumverlusten der Zelle, welche gegen  $H^+$ Ionen ausgetauscht werden. Es ist daher auch eine direkte Korrelation der Kaliumwerte zur IZP zu erwarten.

Die Ergebnisse sind in den folgenden Grafiken ersichtlich. Auffällig ist die eindeutig höhere Korrelation der Kaliumwerte zu der IZPneu (Abb. 4) im Vergleich zur IZPalt (Abb. 3). Bei unseren 200 Patienten wiesen 38.5% einen Kaliummangel auf!

Abb. 3

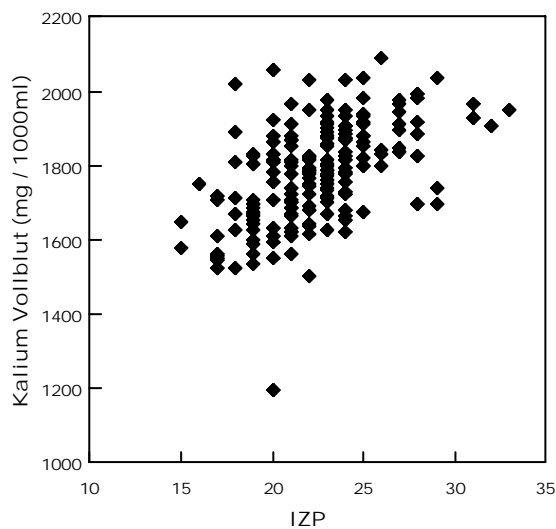
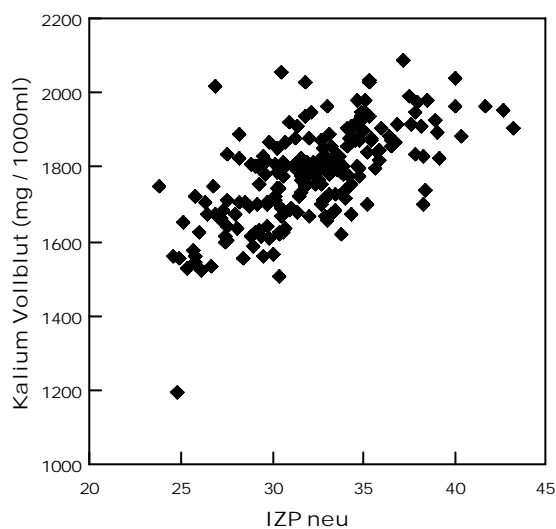


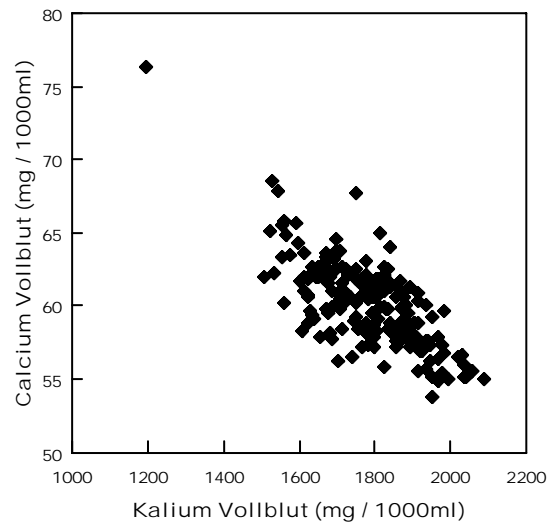
Abb. 4



### 5.3 IZP und Calcium / Kalium Quotient

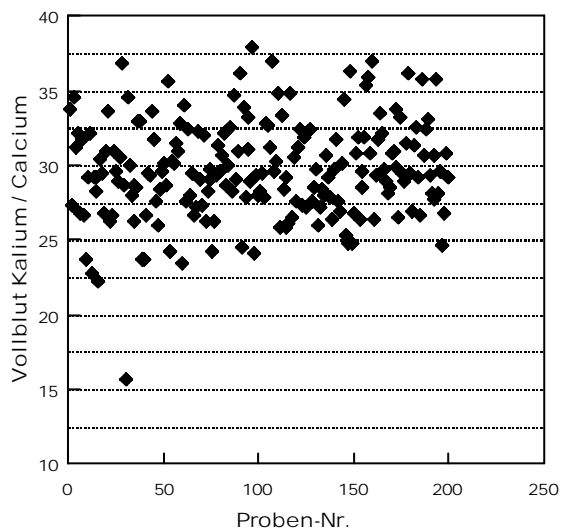
Die Vollblutwerte von Calcium und Kalium korrelieren eindeutig zueinander:

Abb. 5



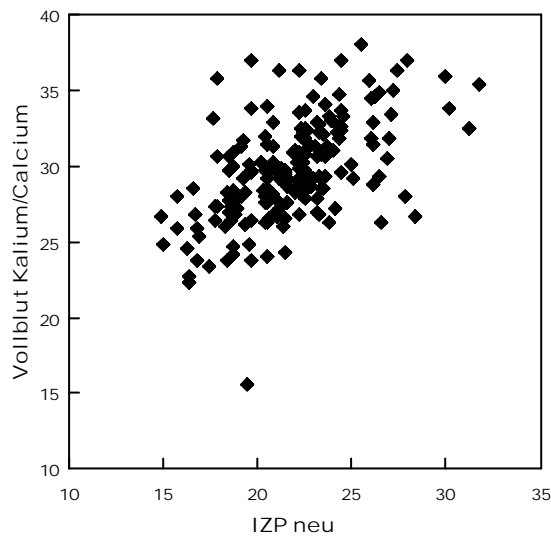
Errechnet aus den Normwerten von Labor Dr. Bayer, müsste sich das Kalium/Calcium Verhältnis zwischen 29 und 33 bewegen. Bei unseren Patienten ergaben sich Werte zwischen 15.64 und 38 (Abb. 6).

Abb. 6



Je niedriger die Pufferkapazität um so niedriger tendiert der Quotient.

Abb. 7



Mit anderen Worten: Je geringer die Pufferkapazität, um so weniger Kalium und um so mehr Calcium in der Zelle (Calciumverbrauch bei Uebersäuerung!).

## 6. Diskussion und Konsequenzen für die Praxis

Dank den Bemühungen und Veröffentlichungen von Jörgensen und Worlitschek erhält die Analyse des Säure-Basen-Haushaltes einen den ihr gebührenden Stellenwert in der Diagnostik. Um so wichtiger ist es, die Ergebnisse zu standardisieren. Damit können klare Normwerte definiert, die Befunde zuverlässiger verglichen und die Verläufe kontrolliert werden. In erster Linie geht es um die therapeutischen Konsequenzen für den Patienten. Jemanden, der nach der alten Berechnung einen tiefen IZP bei hohem Hämatokrit aufweist, verlangt eine andere Behandlung als bei einem niedrigen Hämatokrit. Aus der Korrelation der Kalium- und Calciumwerten zur IZPneu geht eindeutig die Notwendigkeit einer Kaliumsubstitution bei einer intrazellulären Azidose hervor (neben der Basen-Therapie). Bei einer normalen IZPneu mit tiefem SP genügt dagegen wahrscheinlich die alleinige Basen-Verabreichung. In der Praxis hat sich konkret folgende Vorgehensweise bewährt:

IZPneu100%Hk	Therapie
>80	Keine therapie
78-80mmol/L	Basische Ernährung
72-78mmol/L	Basenmittel, Kalium p.o.
<72mmol/L	Baseninfusion mit Kalium

PP	
>28mmol/L	Keine Therapie
26-28mmol/L	Basische Ernährung
22-26mmol/L	Basenmittel p.o.
<22mmol/L	Baseninfusionen

Diese Empfehlungen dürfen selbstverständlich nicht schematisch eingesetzt werden, sondern stellen lediglich einen groben Raster im Rahmen der individuellen

Beurteilung dar. Zudem können die Werte messtechnisch kleinen Abweichungen unterliegen.

Durch das Entweichen von Kohlendioxyd verschiebt sich der Schnittpunkt der Serum-Titrationskurve mit der Ordinate weiter ins Alkalische (vgl. Abb.1). Dies führt dazu, dass die PP- und damit SP-Werte zu hoch und in Folge die IZP-Werte zu niedrig ausfallen. Eine weitere Präzisierung der Methode wäre durch eine zusätzliche Standardisierung der Titrationskurve auf einen pH-Wert von bspw. 7.45 möglich. Mit einer einfachen Dreisatzrechnung liesse sich damit dieser Fehler eliminieren. Eine entsprechende Berechnung bei den 200 Proben hat jedoch nur eine insignifikante Veränderung der PP und IZPneu100%Hk ergeben, die in der Regel ohne therapeutische Konsequenzen geblieben wäre (bei angepasstem Raster (vgl. oben)). Folglich kann auf diese Verkomplizierung gewissenhaft verzichtet werden (Mittelwert IZPneu100%Hk, pH standardisiert: 78.4mmol/L, Mittelwert ohne pH-Standardisierung: 76.2mmol/L, Mittelwert PP, pH standardisiert: 24.5mmol/L, Mittelwert ohne pH-Standardisierung: 25.1mmol/L).

## Literatur

- 1) Arbeits- und Pflegeanleitung für das pH-Meter NAM 2001, Neukönigsförder Arzneimittel, D-2907 Grossenkneten
- 2) Karl. O. Glaesel: Heilung ohne Wunder und Nebenwirkungen: Gesundheit biologisch gesteuert durch den Wasser-, Elektrolyt- und Säure-Basenhaushalt als Grundfunktion und erste Ursachen chronischer Krankheiten. Labor Glaesel Verlag, Konstanz, vierte Auflage: 1993/94
- 3) M. Worlitschek: Praxis des Säure-Basen-Haushaltes, Haug Verlag, Auflage 1991

Die genaue Zahlen dieser Studie können beim Autor angefordert werden.

## Korrespondenz-Adresse

Dr. med. John v. Limburg Stirum  
 Sprüngli-Weg 9  
 CH-8802 Kilchberg-Zürich  
 Fax.: 0041-44-715 64 03  
 E-Mail: jstirum@praxis-seegarten.ch