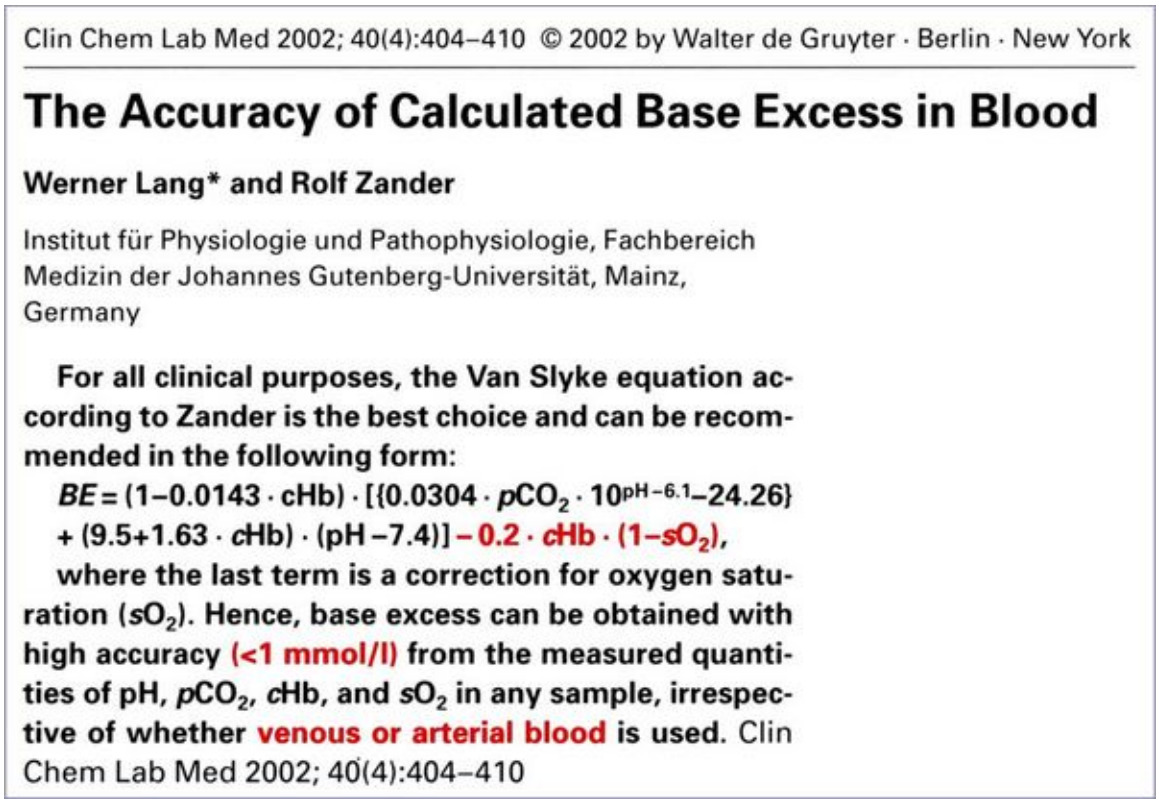
# Die korrekte Berechnung des Base Excess im POC-Gerät

## Hintergrund

Nach der Erstbeschreibung 1995 [4] hat es einige Jahre gedauert, bis sich die Erkenntnis durchgesetzt hat, dass die korrekte Berechnung des Base Excess des Blutes (BE, mmol/l) deutliche Vorteile besitzt: Da nicht nur die Werte pH, $pCO_2$ und cHb, sondern auch die $O_2$-Sättigung in die Berechnung mit eingeht, war klar, dass der BE aus jeder Blutprobe richtig berechnet werden kann, arteriell oder venös, unabhängig von der $O_2$-Sättigung derselben.
Mit anderen Worten: Natürlich muss der BE als metabolische Größe vor der Lunge und nach der Lunge gleich sein. Zusätzlich wurde dann später belegt, dass diese Art der BE-Berechnung allen anderen publizierten Formeln überlegen ist [1], die Genauigkeit kann dann mit 1 mmol/l angegeben werden.



Clin Chem Lab Med 2002; 40(4):404–410 © 2002 by Walter de Gruyter · Berlin · New York

**The Accuracy of Calculated Base Excess in Blood**

**Werner Lang* and Rolf Zander**

Institut für Physiologie und Pathophysiologie, Fachbereich Medizin der Johannes Gutenberg-Universität, Mainz, Germany

**For all clinical purposes, the Van Slyke equation according to Zander is the best choice and can be recommended in the following form:**

$$BE = (1-0.0143 \cdot cHb) \cdot [\{0.0304 \cdot pCO_2 \cdot 10^{pH-6.1}-24.26\} + (9.5+1.63 \cdot cHb) \cdot (pH-7.4)] - 0.2 \cdot cHb \cdot (1-sO_2),$$

**where the last term is a correction for oxygen saturation ($sO_2$). Hence, base excess can be obtained with high accuracy (<1 mmol/l) from the measured quantities of pH, $pCO_2$, cHb, and $sO_2$ in any sample, irrespective of whether venous or arterial blood is used.** Clin Chem Lab Med 2002; 40(4):404–410

## Vorteile der korrekten BE-Berechnung

Für die tägliche klinische Praxis ergibt diese Art der BE-Berechnung den Vorteil, dass dieser auch aus venösem Blut, z. B. der Cubitalvene, bestimmt werden kann. Derartige Versuche sind publiziert [6]: Der BE von 50 Normalpersonen beträgt demnach erwartungsgemäß 0 mmol/l (genau - 0,1

mmol/l) mit einer erstaunlich geringen Streuung von nur 1 mmol/l, obwohl die Messwerte mit pH 7,352 und $pCO_2$ 51,2 mmHg sowie der $sO_2$ mit nur ca. 50 % deutlich von den bekannten Normalwerten des arteriellen Blutes abweichen.

Anesthesiology 2004; 100:459–60

## Base Excess and Strong Ion Difference: Clinical Limitations Related to Inaccuracy

**Table 1. Normal Values for the Base Excess (BE) from Venous Blood (n = 50)**

| | Mean | ±SD |
|---|---|---|
| pH | 7.352 | 0.023 |
| $Pco_2$, mmHg | 51.2 | 4.9 |
| $Po_2$, mmHg | 28.6 | 10.2 |
| $So_2$, % | 49.2 | 22.0 |
| BE, mmol/l* | −0.10 | 1.0 |

* BE is calculated from measured venous pH, $Pco_2$, $So_2$, and total Hb.

$Pco_2$ = partial pressure of carbon dioxide; $Po_2$ = partial pressure of oxygen; $So_2$ = oxygen saturation.

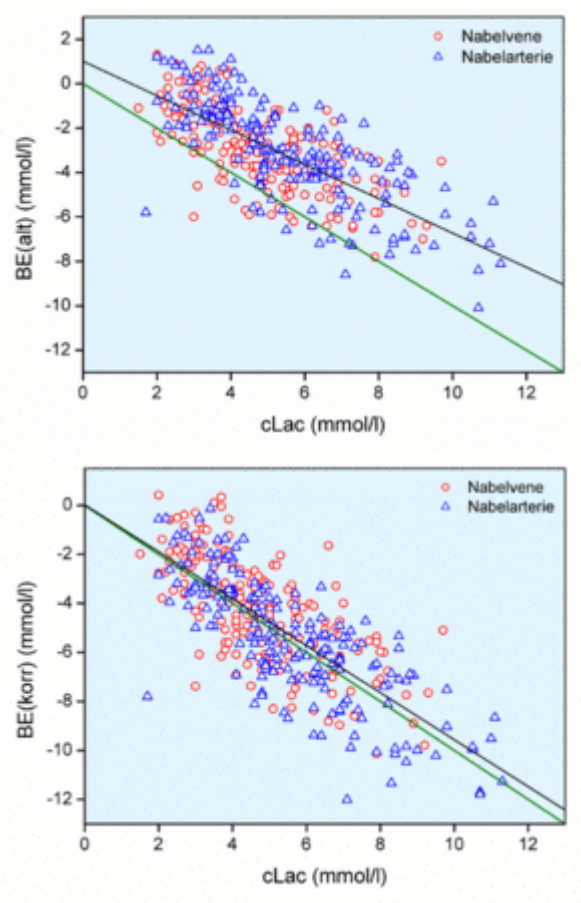
**Rolf Zander, Prof. Dr. med. Werner Lang, Dr. rer. nat.***
*Institut für Physiologie und Pathophysiologie, Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Mainz, Germany.

Ein weiterer, sehr deutlicher Vorteil ergibt sich für die Neonatologie, weil hier die $O_2$-Sättigung der Blutproben bis auf beinahe 0 % abfallen kann. Die Wirkung kann man unter Laborbedingungen wie folgt demonstrieren [2]: Simulation zweier Frischblutproben „Nabelarterie“ mit den typischen, physiologischen Vorgaben, d. h. Äquilibrierung auf $pCO_2$ 55 mmHg und $pO_2$ 15 mmHg bei cHb 16 g/dl sowie pathologischen BE-Werten von -15 und -20 mmol/l, durch Titration vorgegeben. Die erhobenen Messwerte (Roche Diagnostics OMNI 9) sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

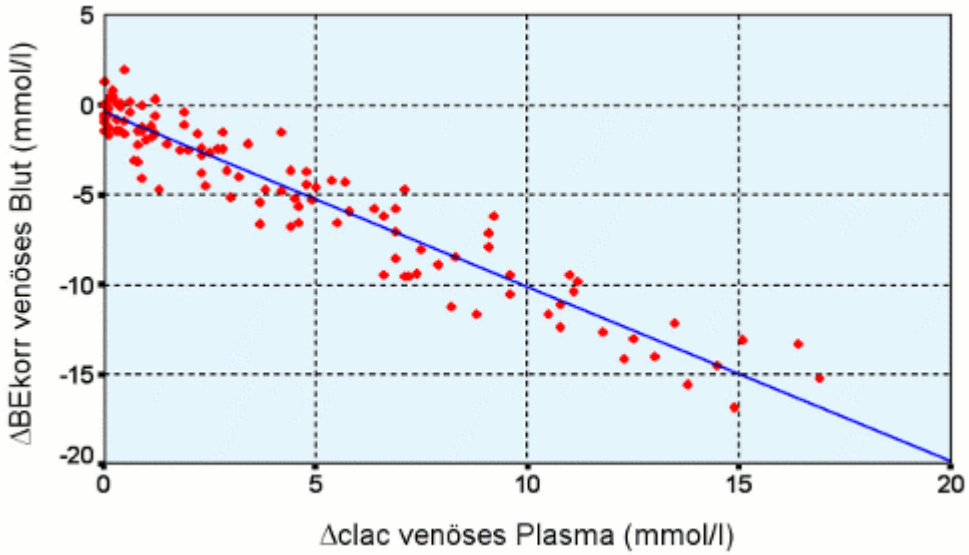
| cHb | pH | $pCO_2$ (mmHg) | $pO_2$ (mmHg) | $sO_2$ (%) | BEalt (mmol/l) | BEkorr (mmol/l) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 16,1 | 7.128 | 55,3 | 15,8 | 12,4 | -12,4 | -15,2 |
| 16,1 | 7,029 | 54,0 | 16,4 | 10,8 | -18,2 | -21,0 |

Schlussfolgerung: Die Vorgaben des BE werden mit ausreichender Genauigkeit ermittelt, sofern der richtige „BEkorr“ berechnet wird. Erfolgt dies nicht, wird der BE „geschönt“.
Zum gleichen Ergebnis kann man kommen, wenn man die unterschiedlichen Verfahren zur Berechnung des BE auf eine große Datei von Geburtsprotokollen

anwendet [3]. Die Fragestellung war hier unter anderem, ob sich wie beim Sportler (s. u.) eine einfache Proportionalität zwischen dem Base Excess des Blutes und der Laktat-Konzentration des Plasmas nachweisen lässt (Roche Diagnostics OMNI 9). Die insgesamt 278 Mess- (Laktat) bzw. Rechen-Werte (BE) von gesunden Neugeborenen sind in den beiden folgenden Abbildungen wiedergegeben, getrennt für die Nabelvene ($O_2$-reiches Blut von der Mutter zum Feten) und die Nabelarterie ($O_2$-armes Blut vom Feten zur Mutter).




Es ist offensichtlich, dass für das $O_2$-arme Blut (blau) der Nabelarterie die Unterschiede zwischen falschem BE (BEalt) und korrektem BE (BEkorr) erwartungsgemäß besonders groß ausfallen. Nur für den korrekten BE wird eine gute Proportionalität zwischen BE und cLac gefunden (BEkorr = 0,02 – 0,96 cLac). Es ist auch deutlich zu erkennen, wie der negative BE und die cLac bei der Passage durch den Feten (Nabelvene → Nabelarterie) im Zahlenwert zunimmt (im Bild von links oben nach rechts unten).
Wie schon erwähnt konnte auch bei Sportlern (n = 17) unter Belastung (und Erholung) eine einfache Proportionalität zwischen der BE-Änderung im venösen Blut (!), als ΔBEkorr richtig ermittelt, und der Konzentrations-Änderung des Laktats (ΔcLac) im venösen Plasma (!) demonstriert werden [5], wie die folgende Abbildung zeigt (n = 142).




## Verwirrung in der klinischen Praxis

Leider hat ein zwischen vielen Herstellerfirmen vereinbarter Consensus des Jahres 2005 [2] nicht die erwartete Vereinheitlichung der Symbole erbracht, soll heißen, welchen Wert soll der Arzt am POC-Gerät einstellen bzw. anwählen, um den richtigen BE (BEkorr) zu erhalten.
Eine aktuelle Umfrage zum Jahreswechsel 2011/2012 bei den angesprochenen Firmen hat folgendes Ergebnis erbracht:

Die Firmen Abbott, Alere, Eschweiler, Instrumentation Laboratory, Nova Biomedical und Siemens (Bayer) antworten nicht (Kommentar RZ: Es ist zu befürchten, dass die Firmen die Problematik nicht verstehen und beim Kunden nicht vertreten).
Da IL seinerzeit den Consensus [2] ausdrücklich akzeptiert hat, wird unterstellt, dass der Arzt beim GEM Premier 4000 das Symbol BE(B) gemäß IL-Homepage wählen muss, um den richtigen BE zu erhalten.

### Radiometer

Alle Radiometer Analysatoren ab 1998 haben den BE mit Berücksichtigung der $sO_2$ integriert, d. h. die Geräte der ABL700-, ABL800-, ABL80- und ABL90-Serie drucken den richtigen BE als cBase(B,ox) aus (Kommentar RZ: Wie reagiert wohl ein Arzt, wenn er nachts am Gerät den BE sucht).

### Roche Diagnostics

Alle seit 1996 verwendeten Software-Versionen enthalten den Namen BEact, wobei der Begriff „act“ für die aktuelle Sauerstoffsättigung steht. Danach hat der Benutzer die Möglichkeit sowohl BE (ohne $O_2$sat), wenn der Kunde dies im Setup einstellt, als auch BEact anzuzeigen und auszudrucken (Kommentar RZ: Welcher Arzt könnte am falschen BE interessiert sein).

## Klinische Bedeutung des Base Exces

Beim Kongress der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensivmedizin und Notfallmedizin (DIVI) wurde zweimal (Hamburg 2010, Leipzig 2011) eine Fortbildung zum Säure-Basen-Haushalt angeboten, zweimal wurde dabei der Base Excess entweder negiert („können Sie vergessen“) oder ignoriert, und das zugunsten der untauglichen aktuellen Bikarbonat-Konzentration des Plasmas (s. Säure-Basen-Haushalt » Diagnostik).
Daher scheint es dringend erforderlich, auf wenigstens zwei deutsche Publikationen zu diesem Thema aufmerksam zu machen:
Schaffartzik W: "Base excess" Anaesthesist 2007; 56: 478 – 481
Zander R: Der Base-Excess als universelle diagnostische und therapeutische Größe (Brief), Deutsches Ärzteblatt 2006; 17: A1154

## Literatur


1. Lang W, Zander R
   The accuracy of calculated base excess in blood
   Clin Chem Lab Med 2002; 40: 404-410
2. QualiTest 8 (2005)
   Consensus: Vereinheitlichung von Nomenklatur und Symbolen, erstellt von Firmen im Bereich POC und Test-Labor für Hämodiagnostik
3. Weishaar A
   Medizinische Dissertation, in Vorbereitung
4. Zander R
   Die korrekte Bestimmung des Base Excess (BE, mmol/l) im Blut
   Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 1995; 30 (Suppl. 1): 36-38
5. Zander R, Lachtermann E
   Optimale Proportionalität zwischen Base Excess des Blutes und Laktatkonzentration des Plasmas
   Anästhesiol Intensivmed 1999; 40: S204
6. Zander R, Lang W
   Base Excess and strong ion difference: clinical limitations related to inaccuracy
   Anesthesiology 2004; 100: 459-460