
Zander/Mertzluft (Hrsg.), Der Sauerstoff-Status des arteriellen Blutes,
Symp. Mainz 1986, pp. 223–226 (Karger, Basel 1988)

Kalibrierung und Qualitätskontrolle von Geräten zur Messung der arteriellen O₂-Konzentration

R. Zander

Physiologisches Institut der Universität Mainz, BRD

Einleitung

Materialien für die Kalibrierung und Qualitätskontrolle von Geräten zur Messung der O₂-Konzentration müssen eine definierte O₂-Konzentration aufweisen und sollten möglichst einfach zu handhaben sein. Darüber hinaus müssen die wesentlichen Schritte der Analyse auch bei Einsatz des Probenmaterials nachvollzogen werden. Bei den heute am meisten verbreiteten Verfahren sind das:

Van Slyke-Verfahren

Extraktion von O₂ aus dem Blut mit einem Grobvakuum, chemische Bindung von O₂, manometrischer oder volumetrischer Nachweis.

Galvanische Zellen

Elution von O₂ aus dem Blut mittels eines Trägergases, physikalische Messung mit einer galvanischen Zelle.

O₂-Küvette

Chemische Reaktion von O₂ mit einem Indikator, Photometrie.

Die wesentlichen zur Verfügung stehenden Materialien sind Luft, äquilibriertes Aqua dest. oder Blut sowie eine Kaliumjodat-Lösung (KJO₃).

Materialien zur Kalibrierung

Die im folgenden zu beschreibenden Materialien sind in Tabelle I zusammengestellt.

Raumluft eignet sich deshalb in vielen Fällen besonders zur Kalibrierung von Geräten, da sie immer zur Verfügung steht und eine definierte O_2 -Konzentration (20,95 ml/dl) aufweist, die zudem noch in der gleichen Größenordnung liegt wie die des Blutes.

Die Nachteile sind allerdings zweifacher Natur. Einmal wird ein wichtiger Schritt der Analyse, Gas-Extraktion oder -Elution, nicht nachvollzogen. Zum anderen ist das Abmessen des Probenvolumens eines Gases wegen der Temperaturabhängigkeit desselben immer problematisch. Schließlich müssen zur Berechnung der in das Analysegerät eingebrachten O_2 -Menge (STPD-Bedingungen, d. h. 0 °C, 760 mm Hg, Trockenheit) Temperatur, Barometerdruck und relative Feuchtigkeit genau bekannt sein.

Aqua dest., bei einer definierten Temperatur mit reinem Sauerstoff äquilibriert, eignet sich gut zur Kalibrierung, da die O_2 -Konzentration und damit die eingebrachte O_2 -Menge bei Kenntnis der O_2 -Löslichkeit (ml/ml/atm) und des Barometerdrucks genau vorgegeben ist. Wegen der

Tabelle I. Kalibrierung und Qualitätskontrolle: O_2 -Konzentration

Probenmaterial	Äquilibration	Berechnung O_2 (STPD)
Raumluft (10–100 μ l, 20,95 ml/dl)	–	Barometerdruck, Temperatur und rel. Feuchte. Keine Extraktion!
Aqua dest. (100–500 μ l, 2,41 ml/dl/atm bei 37 °C)	100% O_2 bei 37 °C	O_2 -Löslichkeit (STPD) und Barometerdruck (p_{H_2O} = 47 mm Hg)
Humanblut (10–100 μ l)	Def. p_{O_2} , p_{CO_2} bei 37 °C. «Normalblut»	Hb-Konzentration, O_2 -Bindungskurve, Hüfner, phys. gel. O_2
KJO ₃ -Lösung (5,767 mmol/l = 20 ml/dl)	–	10 μ l entsprechen = 2,00 μ l O_2 STPD

geringen O₂-Löslichkeit müssen allerdings Probenvolumina vorgegeben werden, die etwa zehnmals größer als die entsprechenden Blutvolumina sind.

Das ideale Material zur Kalibrierung stellt bei 37 °C äquilibriertes Humanblut dar, dieses Vorgehen verlangt allerdings etwas größeren Aufwand. Neben der Äquilibrierung des Blutes in einem Tonometer bei 37 °C mit einem O₂-Partialdruck um 150 mmHg bei etwa physiologischem pCO₂ kann die O₂-Konzentration recht genau berechnet werden, wenn die Hb-Konzentration und der pO₂ genau bekannt sind (die genaue Berechnung wird an anderer Stelle dieses Buches beschrieben). Allerdings muß es sich hierbei um «Normalblut» handeln, d. h., die Konzentrationen von COHb und MetHb müssen im physiologischen Bereich liegen. So aufwendig dieses Material für die Kalibrierung auch vorzubereiten ist, so optimal werden doch alle Analysenschritte nachvollzogen.

Nur im Falle der photometrischen O₂-Konzentrationsmessung (O₂-Küvette) kann eine KJO₃-Lösung definierter O₂-Konzentration benutzt werden. Hierbei werden definierte Oxidationsäquivalente angeboten, die vom O₂-Indikator (sehr starkes Reduktionsmittel) quantitativ verbraucht werden. Da KJO₃ als Urtitersubstanz höchster Reinheit eingewogen werden kann, handelt es sich hierbei um einen gravimetrischen Standard optimaler Eigenschaften. Bei einer eingesetzten Konzentration von 5,767 mmol/l beträgt die Konzentration an O₂ genau 20 ml/dl, wobei der sehr kleine Anteil physikalisch gelösten Sauerstoffs (Kontakt der Lösung mit Luft) kaum ins Gewicht fällt. Darüber hinaus hat die Konzentration des physikalisch gelösten O₂ in einem weiten Bereich von Temperatur und

Tabelle II. Qualitätskontrolle mit KJO₃-Lösung (10 µl). Chemisch gebundener und physikalisch gelöster Sauerstoff (µl STPD) einer 10 µl Probe einer KJO₃-Lösung mit einer Konzentration (gravimetrisch) von 5,767 mmol/l. Bei konstantem, chemisch gebundenem O₂ (1,939 µl) variiert der Gesamt-Sauerstoff infolge Variation des physikalisch gelösten O₂ (abhängig von Barometerdruck und Temperatur) nur unwesentlich (Abweichung deutlich unter 1%)

Temperatur (°C)	Barometerdruck (mm Hg)		
	770	750	730
16	2,009 µl		2,005 µl
21		2,000 µl	
26	1,997 µl		1,993 µl

Barometerdruck keinen Einfluß auf die O_2 -Konzentration der Lösung: Die Konzentration des Gesamt- O_2 bleibt somit konstant. Diese Verhältnisse sind in Tabelle II dargestellt. Danach ändert sich die O_2 -Konzentration einer 5,767 millimolaren KJO_3 -Lösung weit weniger als 1%, wenn die Temperatur zwischen 16 und 26 °C und der Barometerdruck zwischen 730 und 770 mm Hg variiert wird.

Materialien zur Qualitätskontrolle

Ein Material, das im Rahmen der Qualitätskontrolle vom Gerätebenutzer eingesetzt werden kann, sollte im Optimalfalle eine stabile, lagerungsfähige Lösung mit definierter und konstanter O_2 -Konzentration sein, deren Wert in der gleichen Größenordnung liegt wie die des Normalblutes. Die letzte Forderung ist deshalb notwendig, damit im Rahmen der Qualitätskontrolle alle Analysenschritte nachvollzogen werden können, nämlich Abmessen des Probenvolumens (z. B. 10 oder 100 μ l), Einbringen des Probenvolumens unter Luftabschluß und Durchführung der Analyse mit allen Analysenschritten. Nur auf diese Weise können Fehler der Probennahme und -überführung zusammen mit Analysefehlern erkannt und eliminiert werden. Diese Forderungen lassen sich für alle Verfahren der O_2 -Konzentrationsmessung nur mit äquilibriertem «Normalblut» erfüllen, auch wenn der Aufwand relativ groß ist.

Im Falle der photometrischen O_2 -Konzentrationsmessung (O_2 -Küvette) allerdings steht mit der besprochenen KJO_3 -Lösung ein optimaler Standard für die Qualitätskontrolle zur Verfügung.

Zusammenfassung

Für die Kalibrierung und Qualitätskontrolle von Geräten zur Messung der O_2 -Konzentration stehen verschiedene Materialien zur Verfügung: Luft, äquilibriertes Aqua dest. oder Humanblut sowie eine KJO_3 -Lösung. Zur regelmäßigen Qualitätskontrolle wird äquilibriertes Humanblut empfohlen, oder, im Falle der photometrischen Bestimmung, eine definierte KJO_3 -Lösung.