

Klinisch relevante Unterschiede Seitenstrommessung / SideStream Hauptstrommessung / MainStream

z.B. im Intensiv-Einsatz zusammen mit AnaConDa®:

Autor und Zusammenstellung: Andreas Kaltenegger

Seitenstrom-Messgeräte: z.B. Monitore: DATEX AS/3, CS/3, IMM mit M-CAOV oder M-CAiOV, ... Datex-Ultima, DRÄGER: VAMOS, und andere... haben folgende Nachteile:

- 1) ständige Probleme mit Feuchtigkeit und Sekret (T-Stück, Sample-Line & Wasserfalle am Gasmodul) was zu häufigem Wechsel/Austausch dieses Zubehörs bei Intensivpatienten führt (zusätzliches Handling & Kosten)
- 2) bei „Verstopfung“ der Zuleitung wird bei manchen Seitenstrommessgeräten ein „Umkehrschub“ ausgelöst, der größere Wassertropfen oder Sekret aus dem Mess-System zurück in das Beatmungssystem drücken soll.
- 3) relativ große Varianz bei der Sample-Gas-Menge 50 bis 250 ml/min - zum Teil auch bedingt durch den jeweils variabel eingestellten/auftretenden Beatmungsdruck
- 4) zeitlich verzögertes Messergebnis (Verschleifung) bedingt durch Länge der "Sample-Line", den konstruktiven Aufbau der Wasserfalle und der internen Messapparatur - somit keine "real-time" Messung. Diese Verzögerung kann für den Kliniker signifikant sein, wenn rasch Veränderungen erkannt werden sollen.
- 5) die Veränderung des „Wasserdampf-Druckes“ beeinflusst die Messung der CO₂-Konzentration (Patient atmet mit Körpertemperatur bzw. bei 37°C mit 100% Feuchtigkeit saturiertes Gas aus, was einem Wasserdampfdruck von 47 mmHg BTPS [Body Temperature and Pressure Saturated] entspricht. Auf dem Weg bis zur Messkammer gibt es dann im Sample-Gas einen Druckabfall - bedingt durch die Absaugende Messung = Expansion. In weiterer Folge kühlt das Gas ab, der Wasserdampf kondensiert dabei in der Sample-Line und bildet Tröpfchen. Die Feuchtigkeit wird schließlich an der „Wasserfalle“ und den dahinter liegenden „Nafion Schläuchen“ (manchmal auch zusätzlich vor der Wasserfalle eingebaut) komplett abgeschieden und das Gas auf Raumtemperatur abgekühlt). Dieser Vorgang kann schließlich die Ursache für einen scheinbaren Anstieg des gemessenen CO₂ sein.
- 6) Messgas-Fortleitung ist erforderlich damit das abgesaugte Probengas nicht zur Raumluft entweichen kann
- 7) Eine Messgasrückführung ist nicht möglich, da Intensivbeatmungsgeräte so genannte „offene“ Beatmungssysteme sind. Da auch kein CO₂-Absorber zwischengeschaltet ist würde bei einer Rückführung nicht nur inspiratorisch CO₂ sondern auch ein zusätzliche bzw. erhöhte Menge Narkosegas gemessen werden.
- 8) Weiters gibt es bei den am Markt erhältlichen Überwachungsmonitoren üblicherweise für die Intensiv-Software respektive Monitoranzeige keine Anzeigemöglichkeit für das gemessene Narkosegas und damit auch keine(n) Dokumentation/Trend, obwohl dies vom eingesetzten Gasmodul mit integrierter Narkosegasmessung gemessen wird.
- 9) alle Seitenstrommessgeräte benötigen üblicher Weise eine monatliche, vom Personal durchzuführende, Kalibration (Dauer ca. 5-10 Minuten) um die Drift des/der internen Mess-Sensoren auszugleichen. Nach einiger Zeit (ca. 2-3 Jahre) ist das „Potentiometer“

allerdings "auf Anschlag" und die Messeinheit kann nicht mehr kalibriert werden = Einschicken und teure Reparatur bzw. Austausch

- 10) die Anschaffungskosten für ein Seitenstrommessgerät (ohne Zubehör bzw. Verbrauchsmaterial) übersteigen meist die Anschaffungskosten eines Hauptstrommessgerätes um ein Vielfaches.
- 11) Ein bei der Seitenstrommessung häufig beobachteter Effekt ist, dass das Kapnogramm während der Inspiration nicht auf die „Base-Line“ - also auf Null zurückgeht. Der Kliniker denkt dabei an eine Rückatmung und ändert vielleicht unnötiger Weise die Frischgaszufuhr oder beginnt das Atem-/Patientenkreissystem zu verändern bzw. nach der Ursache zu suchen.
- 12) Zusätzliche Fehlerquellen sind der loser Sitz von zusätzlich benötigten und rissig bzw. porös gewordenen CO₂-Adapter
- 13) Aufgrund des Nebenstromprinzips bei einigen der Gasmonitoren (150 - 250 ml/min. Samplingrate) und der damit verbundenen starken Sogwirkung, darf zur Vermeidung einer „Überflutung“ des AnaConDa®-Systems mit „flüssigem Anästhesiegas“ der Anschluss des Gasmonitors und der Perfusorspritze erst erfolgen, wenn die „Rote-Verschlusskappe“ entfernt wurden.
- 14) ein immer wieder propagierter Vorteil der Seitenstrommessung wäre die Möglichkeit auch spontan atmende Patienten monitoren zu können, aber nur wenn diese Messmethode in der Lage wäre den adäquaten Unterschied zwischen der Menge die orale und nasal strömt zu erkennen und wenn keine laufende O₂-Insufflation eine vorzeitige Vermischung des abgeatmeten Gases verursacht.
- 15) Wartungskosten ? üblicher Weise alle 6 Monate fällig

Konklusio:

Das Kapnogramm, die Trends und Werte einer zuverlässigen Narkosegasmessung beinhalten so wertvolle Informationen, wie selten ein anderer Messparameter. Bei einem mit Narkosegas beatmeten Patienten keine präzisen Narkosegaswerte (F_{et} & F_{it}) Kapnogramm zu haben ist wie wenn man das EKG oder die invasive Druckmessung abschalten würde - oder sogar noch schlimmer. Subtile Veränderung am Kapnogramm respektive an den Narkosegaswerten reflektieren tatsächliche oder drohende Probleme mit der Atemwegsmechanik, dem Herz-Kreislaufsystem, dem Niveau der neuromuskulären Blockade, dem endotrachealen Tubus, den Beatmungsgeräten, verwendeten Kreissystemen, Atemkalkabsorbentien um nur die Wesentlichsten zu nennen. Daher ist es unerlässlich ein präzise arbeitendes Gasmessgerät zu haben.

Diverses Zubehör für die Gasmessung im Seitenstrom:

- Winkel-Stück, T-Stück oder Flow-Sensor bzw. Filter mit Luer-Lock-Anschlussmöglichkeit für Sample-Line
- Anzeige- Messgerät Gasmonitor oder Gasmodul
- Sample-Line
- Wasserfalle
- Nafion-Schlauch
- Kalibrationsgasflasche
- Reduzierventil zu Kalibrationsgasflasche
- "Sample-Gas-Rückführungsschlauch" zur Vermeidung der Kontamination von Raumluft
- Adapter für Anschluss des "Sample-Gas-Rückführungsschlauches" an Narkosegas-Absaugung oder am Narkosegas-Adsorber

ATPS, ATP, BTPS, STPD

(siehe auch: <http://www.spirxpert.com/technical7.htm>)

ATPS = Ambient Temperature and Pressure Saturated (with water vapor)

ATP = Ambient Temperature and Pressure

BTPS = Body Temperature and Pressure Saturated

STPD = Standard Temperature and Pressure Dry

The volume of a number (n) of gas molecules depends on the thermodynamic temperature (T) and the ambient pressure (P). The following relationship holds for dry gas:

$$V = n \cdot R \cdot T / P$$

where R = gas constant, and T is expressed in Kelvin ($K = 273.2 + ^\circ C$). Air and expired gas are made up of gas molecules and water vapor. In a gas mixture saturated with water vapor and in contact with water (such as occurs in the lung) the number of water molecules in the gas phase varies with temperature and pressure. As the number of molecules is not constant, the above gas law should be applied to dry gas. This also holds outside the lung when gas saturated with water vapor is compressed or cools down. As gas volumes vary with temperature and pressure, the conditions during which they are measured must be recorded. To that end volume displacement spirometers need to be equipped with a thermometer; if meters employ other measuring principles the manufacturer should state clearly how corrections need be performed as the composition of the gas and gas viscosity may then come into play.

BTPS	in respiratory physiology lung volumes and flows are standardized to barometric pressure at sea level, body temperature, saturated with water vapor: body temperature and pressure, saturated.
ATPS	measured at ambient temperature, pressure, saturated with water vapor (e.g. expired gas, which has cooled down): ambient temperature and pressure, saturated.
ATP	like ATPS, but not saturated with water vapor (e.g. room air).
STPD	oxygen consumption and carbon dioxide delivery are standardized to standard temperature (0 °C), barometric pressure at sea level (101.3 kPa) and dry gas: standard temperature and pressure, dry.

The water vapor pressure of a saturated gas is temperature dependent. The table below can be used to convert from ATPS to BTPS conditions; e.g. 1 L ATPS at 20 °C equals 1.102 L BTPS.

Conversion from ATPS to BTPS conditions							
Temp. °C	Corr. factor	Temp. °C	Corr. factor	Temp. °C	Corr. factor	Temp. °C	Corr. factor
16	1.123	21	1.097	26	1.069	31	1.039
17	1.118	22	1.091	27	1.063	32	1.033
18	1.113	23	1.086	28	1.057	33	1.026
19	1.107	24	1.080	29	1.051	34	1.020
20	1.102	25	1.074	30	1.045	35	1.013

It is uncommon to express the oxygen uptake and dioxide delivery as mol per unit of time. The volume is not converted but expressed in STPD conditions: standard temperature and dry gas at standard barometric pressure: 0° C, 101.3 kPa, dry.

[Convert Fahrenheit to Celsius temperature, v.v.](#)

One can approximate the water vapour pressure (PH₂O, in kPa) of saturated air at temperatures (t, in °C) between 10-45 °C with sufficient accuracy as follows:

$$P_{t,H_2O} = 0.42013 + 0.07985 \cdot t - 0.000751 \cdot t^2 + 0.000078 \cdot t^3$$

In obsolete units (mmHg): $P_{t,H_2O} = 3.10594 + 0.59886 \cdot t - 0.00561 \cdot t^2 + 0.00058 \cdot t^3$