

# P<sub>ulse</sub> P<sub>ressure</sub> V<sub>ariation</sub>

## *Zielgerichtete Volumentherapie Nutzen und Grenzen für die Praxis*

Diplomarbeit zum diplomierten Experten Anästhesiepflege NDS HF

Florian Müller

[florian.mueller@usb.ch](mailto:florian.mueller@usb.ch)

Fachkurs 2014

Praxisort: Universitätsspital Basel

## Inhaltsverzeichnis

### 1. Einleitung

1.1. Motivation Seite 3

1.2. Fragestellung Seite 4

1.3. Abgrenzung Seite 4

1.4. Danksagung Seite 4

1.5. Selbstständigkeitserklärung Seite 4

### 2. Hauptteil

2.1. PPV-Grundlagen Seite 5

2.2. Grenzen und Limitationen bei der Anwendung Seite 9

2.3. PPV im Vergleich zu anderen Parametern Seite 11

2.4. Anwendung in der Praxis Seite 11

2.5. Volumensubstitution Seite 12

### 3. Schlussteil

3.1. Diskussion Seite 13

3.2 Mein persönlicher Lernerfolg Seite 15

4. Fazit Seite 15

5. Literaturverzeichnis Seite 16

## 1. Einleitung

### 1.1 Motivation

Zu Beginn des Nachdiplomstudiums Anästhesiepflege gibt es viel Neues zu lernen. Viele Medikamente, Parameter und Vorgehensweisen die alle sehr spezifisch sind und mit der Praxis auf einer peripheren Station nur Grundsätzliches gemeinsam haben. So empfand ich es auch zu Beginn als eine grosse Herausforderung den Überblick über alle Vitalparameter und Werte des Patienten<sup>1</sup> zu behalten. Oft kam ich recht ins Schwitzen weil der Monitor und auch noch das Beatmungsgerät mir viel mitteilen wollten.

Doch die zunehmende Routine und auch Erfahrung zeigten mir schnell, was wichtig war oder was es auch zu filtern galt. Nach gut einem Jahr Anästhesiepraxis fällt es mir mittlerweile leicht die dargestellten Werte zu ordnen, zu verknüpfen, Essentielles zu erkennen und darauf zu reagieren. Das Standard Monitoring mit EKG, Blutdruck, Pulsoxymetrie, sowie auch die angezeigten Beatmungsparameter lassen keinen Stress mehr aufkommen. Ich denke dieser Lernprozess dürfte Einigen bekannt sein. Somit war ich aber auch bereit für Neues.

Anfang 2015 wurde dann an meinem Praxisort dem USB (Universitätsspital Basel) eine Neuerung eingeführt. Es kam ein zusätzlicher Parameter dazu, nämlich dass nun auf allen Patientenmonitoren im OP verfügbare „PPV“. Von diesem Parameter hatte ich während verschiedenen Lerntagen mit den Berufsbildnern schon einiges gehört. Auch in der Theorie gab es einen kurzen Input dazu. Bis dahin konnte die Puls-Variation über die graphische Darstellung der arteriellen Druckmessung nur grob abgeschätzt werden. Jetzt zeigt der Monitor einen weiteren Wert an, den es zu interpretieren gilt. Das weckte mein Interesse für diese Thematik.

In meiner Arbeit möchte ich der Frage nachgehen, was dieser zusätzliche Parameter für einen Stellenwert in der Praxis hat und wie er korrekt angewendet werden kann. Vor allem das Patienten-Outcome und der Nutzen, aber auch die Grenzen für die tägliche Praxis interessieren mich.

---

<sup>1</sup> In meiner Arbeit verwende ich zur besseren Lesbarkeit die männliche Form, die weibliche und jede weitere Form ist jeweils sinngemäss mitgemeint.

## 1.2. Fragestellung

Was muss im Umgang und bei der Anwendung des Parameters PPV beachtet werden?

Kann der Gebrauch des Parameters PPV das Patienten-Outcome verbessern?

## 1.3. Abgrenzung

In meiner Arbeit beziehe ich mich ausschliesslich auf erwachsene Patienten, da es aktuell keine Studienlagen zur Kinderanästhesie gibt. Das Fachgebiet der Herzanästhesie schliesse ich aus, da hier meist andere Messmethoden, wie z.B. TEE oder der Pulmonalis-Katheter gefragt sind und dann zur Anwendung kommen.

## 1.4. Danksagung

Ich danke allen Mitarbeitern des Departements Anästhesie am USB. Durch viele wertvolle Gespräche, sowohl mit ärztlichen als auch pflegerischen Kollegen, konnte ich wichtige Erkenntnisse für das Schreiben dieser Arbeit gewinnen. Im Besonderen danke ich Raphael Beil und Lisa Riedl für das Durchlesen der Arbeit und die wertvolle Begleitung während des Schreibprozess.

## 1.5. Selbstständigkeitserklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich diese Arbeit selbständig durchgeführt, keine anderen als die angegebenen Quellen, Hilfsmittel oder Hilfspersonen beigezogen und keine fremdem Texte als eigene ausgegeben habe. Alle Textstellen in der Arbeit, die wörtlich oder sinngemäss aus Quellen entnommen wurden, habe ich als solche gekennzeichnet.

Münchenstein, 31.01.2016

---

## 2. Hauptteil

### 2.1. PPV-Grundlagen

#### Entstehung und Geschichte

Frédéric Michard kann als einer der Begründer des Parameters PPV angesehen werden. Im Jahr 1999 beschrieb er erstmals in einem Fachartikel im „Critical Care Medicine“ die „Auswirkungen der mechanischen Beatmung auf die arterielle Pulskurve“ und seine Annahme, dass sie Aufschluss über die Volumentherapie für den Patienten geben kann. Seine ersten Beobachtungen führten zu weiteren Studien und es beschäftigten sich im weiteren Verlauf nach der Jahrtausendwende immer mehr Fachpersonen mit diesem Phänomen.

So konnte Michard 2005 in einem Review im „Anesthesiology“ bereits mehrere Studien seiner Kollegen vergleichen und dort zum Schluss kommen, dass PPV ein guter Parameter für das Ansprechen des Patienten auf Volumengaben sei. (Michard 2005) Ebenso führen immer mehr Kliniken weltweit das PPV-Monitoring ein und nutzen somit die Erkenntnisse, die Michard und weitere Kollegen gewinnen konnten. Zudem arbeiten viele Firmen an einem breiteren Einsatz und versuchen stets die Algorithmen für eine PPV Berechnung zu verbessern.

#### Goal-directed fluid therapy

Da dieser Begriff immer wieder im Zusammenhang mit PPV auftaucht, möchte ich ihn hier kurz erklären. Oft wird die Goal-directed fluid therapy auch abgekürzt mit GDT, GDFT, oder  $GDT_{dyn}$ . Gemeint ist eine *zielgerichtete Volumentherapie* für den Patienten. Das Ziel ist die Normovolämie, somit die Behandlung von Hypo- oder Hypervolämie. Wobei Ersteres im perioperativen Bereich wohl häufiger der Fall ist. Durch Parameter wie PPV oder auch SPV(Systolic-Pressure-Variation) und SVV(Stroke-Volume-Variation) sollen Messparameter geschaffen werden, die objektive Entscheidungen ermöglichen und den Volumenbedarf des Patienten objektivieren. Entscheidungen des Anästhesieteams sollen dadurch nicht „aus dem Bauch heraus“ oder aus Erfahrung, sondern anhand von konkreten Messwerten getroffen werden und somit sicherer und effizienter für den Patienten sein.

### PPV-Definition

PPV bedeutet Puls-Pressure-Variation und kann ins Deutsche mit Puls-Druck-Variabilität übersetzt werden. In Fachliteratur findet man auch ab und an die Verwendung  $\Delta PP$  für PPV. Das  $\Delta$  (Delta) steht hier als mathematischer Ausdruck einer Differenz.

Pulsdruck wird auch Pulsamplitude genannt und wird berechnet in dem man den diastolischen BD (Blutdruck) vom systolischen BD abzieht. Somit ergibt sich folgende Formel:

$$\text{Pulsdruck} = \text{BD}_{\text{sys}} - \text{BD}_{\text{diast}}$$

Oder in englischer Literatur öfter zu finden:

$$\mathbf{PP} = P_{\text{syst}} - P_{\text{diast}}$$

Die Angaben beziehen sich auf die jeweils gemessenen Werte in der Einheit mmHg. Ein Beispiel: beträgt der gemessene BD 120/80mmHG, ergibt sich ein Pulsdruck von 40mmHg. Somit kann der Wert für jeden zur Verfügung stehenden Blutdruck berechnet werden.

Dies bedeutet auch, dass sich PPV auf die komplette Blutdruckamplitude bezieht und sich nicht nur wie eine visuelle Schätzung an der oberen Kontur der Druckkurve orientiert. Somit werden auch die diastolischen Druckschwankungen miteinbezogen.

### PPV- Berechnung

PPV ist ein Wert der in Prozent angegeben wird. Er entsteht durch folgende Gleichung:

$$\text{PPV (\%)} = 100 \times (\text{PP}_{\text{max}} - \text{PP}_{\text{min}}) / [(\text{PP}_{\text{max}} + \text{PP}_{\text{min}}) / 2] \quad (\text{Siegenthaler 2015})$$

$\text{PP}_{\text{max}}$  meint den maximal gemessenen Wert des Pulsdrucks über einen bestimmten Zeitraum,  $\text{PP}_{\text{min}}$  somit den minimalen Wert. Gewöhnlich erfolgt dies über einen Respirations-Zyklus von In- und Expiration oder über einen vorher festgelegten Zeitraum.

Ein Beispiel: wäre der gemessene Blutdruck konstant bei 120/80mmHG, somit der Pulsdruck auch konstant bei 40mmHG, so ergäbe sich für PPV unter Verwendung der Formel ein Wert von 0%, da keinerlei Schwankung vorliegt.

Schwankt der Pulsdruck allerdings zwischen  $\text{PP}_{\text{max}}$  40 und  $\text{PP}_{\text{min}}$  35 mmHG ergäbe das:

$$\text{PPV} = 100 \times (40 - 35) / [(40 + 35) / 2] = 13,33 \%$$

## Voraussetzungen

Um eine PPV-Berechnung mittels Monitoring durchzuführen, benötigt es eine kontinuierliche arterielle Blutdruckmessung. Derzeit liegen leider keine Studien vor, ob es Unterschiede gibt bei verschiedenen Punktionsorten oder verwendetem Katheter-System. Da in aller Regel aber in vielen Kliniken ähnliche Systeme und Kanülen, sowie die gängigen Punktionsorte verwendet werden, sollte dies keine Beeinträchtigung der Messung darstellen. Somit kann man davon ausgehen, dass jede arteriell gemessene Blutdruckableitung zur PPV-Berechnung verwendet werden kann.

Alle von mir gefundenen Studien beziehen sich auf Patienten in Rückenlage. Derzeit liegen leider noch keine differenzierten Betrachtungen zu PPV in Bauch- und Seitenlage vor.

## Beziehung von respiratorischem und kardiovaskulärem System

### Arterial pressure variation during positive pressure ventilation without spontaneous effort.

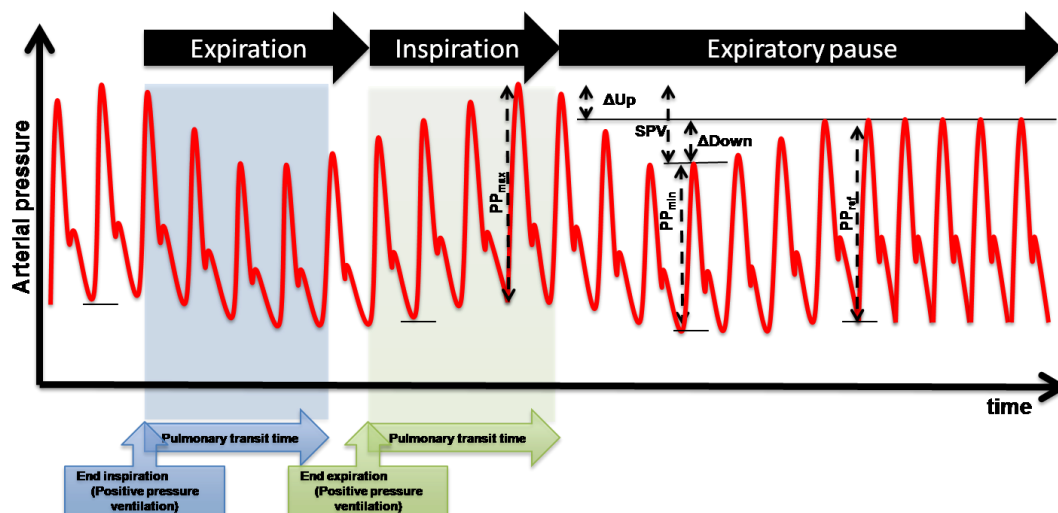


Abbildung 1 (Siegenthaler 2015)

Bei allen Studien und auch Theorien zu PPV wird von einem Patienten ausgegangen, welcher sediert, intubiert und kontrolliert mechanisch beatmet wird. Dies erlaubt die Anwendung sowohl in der Intensivmedizin als auch im Anästhesiebereich, weil dies auf viele Patienten dieses Bereichs zutrifft.

Das kardiovaskuläre System ist während der kontrollierten mechanischen Beatmung eng verknüpft mit den Auswirkungen der positiven Druckbeatmung.

Siegenthaler beschreibt die Physiologie in 2 Phasen:

Während der frühen Phase der Inspiration wird ein intrathorakaler Druck erzeugt der das Herz bei seinem Auswurf unterstützen kann. Die Ausdehnung der Lunge unterstützt die linksventrikuläre Pumpfunktion des Herzens, somit steigt auch PP.

Steigt der Druck allerdings bis auf ein Maximum an, wird der venöse Rückstrom gesenkt und PP sinkt wieder. Zu erklären ist dies durch den Frank-Starling-Mechanismus, da weniger Vorlast vorhanden ist wird auch die Auswurfsfraktion(EF) reflektorisch sinken. (Siegenthaler 2015)

Kommt es bei der Expiration wieder zu einem intrathorakalen Druckabfall gilt umgekehrt, dass hier der venöse Rückstrom wieder zunimmt und PP wieder ansteigen kann.

Gleichbedeutend ist die EF während einer Apnoephase konstant, sofern sie nicht durch Stimuli wie Stress oder zugeführte Vasoaktiva oder auch Volumen gesteigert oder vermindert wird. Es ergibt sich bei einer länger andauernd expiratorischen Pause ein konstanter Blutdruck, ein konstanter Pulsdruck und PPV tendiert bis nahe zu 0%.



## 2.2 Grenzen und Limitationen bei der Anwendung

	False positive	False negative
<b>L</b> Low HR/RR ratio (Extreme bradycardia or high frequency ventilation)		✓
<b>I</b> Irregular heart beats	✓	
<b>M</b> Mechanical ventilation with low tidal volume		✓
<b>I</b> Increased abdominal Pressure (Pneumoperitoneum)	✓	
<b>T</b> Thorax open		✓
<b>S</b> Spontaneous breathing	✓	✓

Abbildung 2 (Michard et al. 2015)

Abbildung 2 zeigt eine gute Übersicht von gängigen Störquellen und somit auch Limitationen beim Einsatz von PPV.

- Eine **tiefe Herzfrequenz** oder auch eine zu **schnelle Atemfrequenz** liefern falsch negative Werte.
- Bei gehäuften Extrasystolen oder insbesondere bei Vorhofflimmern wird der Wert falsch positiv verfälscht. Das MX800 Monitoring System, welches im USB zur Anwendung kommt reagiert darauf erfahrungsgemäss recht sensibel, so dass bei **starker Arrhythmie** erst gar kein Wert angezeigt wird. Hier ist auch die manuelle Berechnung nicht sinnvoll. Durch die ständig wechselnden Füllungszustände im Herzen kann keine kontinuierliche Aussage getroffen werden.
- Die Beatmung hat wesentliche Auswirkungen. So kann PPV nur bei einem ausreichenden Tidalvolumen sicher angewendet werden. Eine gute Studie hierzu liefern De Backer et al.. Sie haben die Aussagekraft von PPV im Vergleich zum Pulmonalkatheter bei verschiedenen verabreichten Tidalvolumen verglichen. Die prospektive Studie an 60 Patienten zeigt, dass ein **Tidalvolumen von min. 8ml/kg KG** nötig ist um verlässliche Werte zu erhalten. Das Tidalvolumen wird hier auf das Idealgewicht des Patienten berechnet. In der Patientengruppe mit einem

Tidalvolumen von weniger als 7ml/kg KG waren nur noch 51% aller gemessenen PPV Werte aussagekräftig. In der Gruppe mit Tidalvolumen von 8-9ml/kg KG dagegen 88%. Dies zeigt eine klare Evidenz für hohe Tidalvolumen. (De Backer et al. 2005)

- Auswirkungen, vor allem durch das **Kapno-Pneumoperitoneum** in der laparoskopischen Chirurgie, wurden beobachtet. Durch Erhöhung des intraabdominellen Drucks steigt auch der intrathorakale Druck an. Dies wird meist auch in der Beatmung durch erhöhte Drücke und auch Druckspitzen sichtbar. Hier ist eine häufige falsch positive Anzeige von PPV zu erwarten. Somit sollte hier Volumen eher zurückhaltend, mit Hilfe der anderen vorhandenen Parametern und auch eigenen Erfahrungen oder hausinternen Standards verabreicht werden.

- Bei **offenem Thorax** fällt PPV eher falsch negativ aus. Dies erklärt sich durch den Verlust der Thorax-Stabilität und somit dem fehlendem aufbauenden Druck während der Inspiration. Da hier kein geschlossenes Drucksystem vorliegt kann PPV kaum verwendet werden.

- Zuletzt gibt es leider noch keinen Algorhythmus für die **Spontanatmung**, da hier die Druckverhältnisse umgekehrt sind. Es können bei der Bestimmung von PPV sowohl Abweichungen nach oben als auch nach unten auftreten. Hier sollte kein standardisierter Einsatz stattfinden.

Eine weitere Studie aus dem Jahr 2011 von Lakhal et al. zeigt, dass bei schweren Lungenerkrankungen wie **ARDS** PPV kein geeigneter Parameter für den Volumenbedarf ist. Bei 65 Patienten konnte nachgewiesen werden, dass durch Störungen im Pleura-Spalt und aufgrund mangelnder Compliance der Lunge die Druckverhältnisse nicht mehr korrekt weiter geleitet und interpretiert werden können. Die Autoren empfehlen hier eine vorsichtige Volumentherapie als Best Practice. (Lakhal et al. 2011)

### 2.3. PPV im Vergleich zu anderen Parametern

Neben PPV sind auch die Parameter SSV und SPV häufig genannte und zur GDFT genutzte Werte. In der Meta-Analyse von Benes et al. aus dem Jahr 2014 kommen alle 3 in insgesamt 14 Studien zum Einsatz. Bei, zum grössten Teil, elektiven visceral-chirurgischen Eingriffen konnte die intraoperative Anwendung auf einen klaren Trend hinweisen. So steht am Ende das Ergebnis, dass in der Meta-Analyse mit insgesamt 961 eingeschlossenen Patienten die Verweildauer auf einer Intensivstation um 0.75 Tage gesenkt werden konnte. Zudem sanken auch die Raten an kardiovaskulären und abdominellen Komplikationen, wie auch Infektionen. (Benes et al. 2014)

Michard kommt bereits 2005 in seinem Review im „Anesthesiology“ beim Vergleich mehrerer Studien zu dem Schluss, dass PPV den anderen beiden Parametern etwas überlegen ist. (Michard 2005) Somit erklärt sich auch die Durchsetzung und Anwendung von PPV in der klinischen Praxis.

### 2.4. Anwendung in der Praxis

PPV kann natürlich über die Formel für alle bekannten Blutdruckwerte und dem daraus resultierenden Pulsdruck im Trend von Hand berechnet werden, was in der täglichen klinischen Anwendung allerdings nicht sehr effektiv wäre.

Moderne Monitoring-Systeme können den PPV-Wert automatisch berechnen, dies erlaubt eine gute Trendübersicht und kann auch meist im Parameter-Verlauf nachverfolgt werden. Die automatische Berechnung entlastet das Anästhesiepersonal und ist in der heutigen technischen Entwicklung nicht wegzudenken. Vor allem der Verlauf erlaubt dem Behandlungsteam eine gute Übersicht über die Wirkung der getroffenen Massnahmen und veranschaulicht somit auch eine retrospektive Analyse der Patientensituation.

#### Anwendung im USB mit dem Monitoring Philips MX800 (Philips 2010)

Das Monitoring-System von Philips, welches im USB verwendet wird enthält eine integrierte PPV-Berechnung. Diese muss allerdings bei vorhandener arterieller Druckmessung erst manuell eingestellt werden, erscheint also nicht automatisch. Über das *Hauptmenü* kann unter *Parameter* in der nachfolgenden Liste *PPV* ausgewählt werden. Es erscheint ein weiteres Feld bei dem *PPV* durch Klick von

AUS auf EIN gewählt werden muss. Nach dieser Aktivierung kann durch Zuweisung mittels Berührung einer beliebigen, freien oder neu zu belegenden Oberfläche der PPV- Wert auf dem Monitor angezeigt werden.

Philips benutzt den gleichen Berechnungs-Algorithmus wie im Kapitel PPV-Berechnung erklärt und berechnet den Wert anfangs von Herzschlag zu Herzschlag, dann noch mit einem „?“ versehen, der reale Durchschnittswert kann nach 32 Sekunden angezeigt werden. Dann verschwindet das „?“ bei dem angezeigten Wert und dieser kann verwendet werden.

### 2.5 Volumensubstitution

Eine spannende Frage ist nun, ab welchem PPV Wert Volumen substituiert werden soll. Hierzu gibt es abschliessend unter Betrachtung aller vorliegenden und genannten Studien kein ganz eindeutiges Ergebnis. Ein PPV-Wert von unter oder gleich 10% kann als nicht behandlungsbedürftig angesehen werden. Davon gehen zumindest die meisten Autoren aus. So war das Ziel von allen 5 eingeschlossenen Studien zu PPV in der Meta-Analyse von Benes et al., ein  $PPV < 10\%$  zu erreichen. Michard empfiehlt 2005 eine Verabreichung von Volumen bei  $PPV > 15\%$ .

Bei keiner Studie werden konkrete Mengenangaben genannt. Darum sollte Volumen solange als Bolus verabreicht werden, bis eine Reduktion von PPV eintritt, was Sinn ergibt, da es sich um einen dynamischen Parameter handelt und hauptsächlich auch das Ansprechen auf eine Volumengabe bewertet werden kann.

Es geht ebenso hervor, dass grösstenteils kristalloide Infusionslösungen verwendet werden, nur De Backer et al. verwendeten 2005 auch 500ml Kolloid-Lösungen. Da in den letzten Jahren der Einsatz von kolloidalen Lösungen immer zurückhaltender wurde, empfiehlt sich eine kristalloide Lösung zu bevorzugen.

### 3.Schlussteil

#### 3.1.Diskussion

Bei diesem doch noch sehr jungen Thema gibt es noch viel zu entdecken. Es benötigt meiner Meinung nach noch mehr Forschung und auch mehr Erfahrung im Umgang und bei der Anwendung mit PPV.

Wichtige Limitationen und Störfaktoren der PPV-Bestimmung sind heute schon bekannt. Abbildung 2 eignet sich hier auch um eine kurze Standortbestimmung zu machen, ob einer der Faktoren auf den Patienten zutrifft. Sollte dem so sein, so ist PPV- kein guter Parameter für die GDFT. Hier sollte, meiner Meinung nach, eher auf die anderen verfügbaren Parameter zurückgegriffen werden. Zudem ist PPV auch kein absoluter Wert. Jeder Patient stellt für uns eine neue Herausforderung dar und muss daher sehr individuell betrachtet werden.

Allerdings zeigt die Studienlage auch klar, dass es sowohl auf die Morbidität als auch auf die Dauer des Klinik-Aufenthalts einen positiven Effekt gibt. Ich glaube, alleine diese beiden Faktoren die Benes et al. in ihren Studien nachweisen konnten, sprechen für eine breite Einführung von PPV (Benes et al. 2014). In den Zeiten des wachsenden Kostendrucks, unter anderem durch Einführung der DRG`s, profitiert somit nicht nur der Patient, sondern auch die anwendende Klinik sehr. Das Verfahren ist bei vorhandenem Monitoring und arterieller Kanülierung nicht aufwendig. PPV-Werte können einfach am Monitor angezeigt werden und auch die Interpretation des Wertes, so wie das Kennen der Grenzen und Limitationen gehört zu unserer täglichen Praxis.

Ich schliesse mich hier Frédéric Michard an und denke, dass PPV hilft, „rationale Entscheidungen zu treffen“. (Michard et al. 2015) In der Anästhesie durfte ich ein sehr wissenschaftliches und evidence-basiertes Arbeiten kennen lernen. Doch gerade beim Bereich der Volumentherapie herrscht meiner Meinung nach noch viel Aufholbedarf und das Vorantreiben weiterer Forschung. Viele Konzepte wie z.B. der Nachholbedarf, der prä- und intra-operativ lange Zeit substituiert wurde, sind mittlerweile nicht mehr modern. Der ZVD (Zentraler Venendruck) gilt heute eher als ein Verlaufsparemeter, sagt aber alleine wenig über den aktuellen Volumenstatus des Patienten aus. So denke ich hat PPV das Potential uns bei der Entscheidung zu unterstützen, ob der Patient momentan Volumen benötigt. Zudem kann die

Verabreichung eines Volumenbolus auf ihre Wirksamkeit überprüft werden. Zum einen durch die Abnahme des PPV- Wert und zum anderen durch die direkte Auswirkung auf das hämodynamische System. So kann auch PPV an sich überprüft werden und eventuelle Fehlerquellen können auffallen. Sollte der Patient auf eine Volumengabe hämodynamisch nicht ansprechen, PPV allerdings trotzdem sinken, kann davon ausgegangen werden, dass eine Limitation vorliegt und man PPV nur bedingt verwenden kann.

Die Zukunft kann weitere spannende Entwicklungen bereithalten. So könnte ein Algorithmus für spontan atmende Patienten das Verfahren auf eine weitere große Patientengruppe ausbauen. Auch die assistierte Spontanatmung ist derzeit ausgeschlossen. Ich denke hier auch an den post-operativen Verlauf des Patienten im Aufwachraum oder auf der Intensivstation. Hier könnte eine zielgerichtete Volumentherapie mit PPV auch sinnvoll sein, wenn der Patient sich schon im Weaning-Prozess befindet. Oder im Aufwachraum um auch die post-operative Volumentherapie suffizient zu steuern.

Für den kritisch kranken Patient wird aber der Goldstandard zurzeit weiterhin die direkte Cardiac-Output Messung mittels Thermodilutions-Verfahren bleiben. Hierbei kann auch direkt das Schlagvolumen und bei vorhandenem Pulmonalis-Katheter die rechtsventrikulären wie auch pulmonalen Drücke direkt bestimmt werden. Es bleibt hier noch offen ob minimal-invasive Verfahren dies einmal ablösen können.

Eine interessante Entwicklung ist der kontinuierliche nicht-invasiv arteriell gemessene Blutdruck(CNAP) mittels Plethysmographie z.B. an einem peripheren Finger. Dieses Verfahren und der klinisch standardisierte Einsatz könnten auch PPV weiter in den Mittelpunkt rücken, weil hiermit die arterielle Kanülierung wegfallen würde. PPV könnte direkt durch die Plethysmographie abgeleitet und berechnet werden. Ob sich dieses Verfahren allerdings klinisch durchsetzt bleibt abzuwarten. Die Vorteile der direkten Möglichkeit der Blutentnahme und ABGA-Bestimmung mittels arterieller Kanülierung überwiegen meiner Meinung nach.

### 3.2 Mein persönlicher Lernerfolg

Beim Recherchieren auf verschiedenen Datenbanken, die im Universitätsspital Basel zugänglich sind, konnte ich einen guten Überblick über mein Thema erlangen. Ich konnte das gelernte Wissen und Recherche-Techniken aus dem ID2- Modul konkret anwenden und somit Quellen auch kritisch bewerten und hinterfragen. Hilfreich waren vor allem die Quellen der Intensivmedizin, da hier wesentlich mehr Studien durchgeführt wurden als im reinen Anästhesiebereich.

Mit dem Schreiben der Arbeit konnte ich mein Fachwissen im Bereich der Volumentherapie und der respiratorisch-kardiovaskulären Zusammenhänge stark erweitern und habe nun einen tieferen Einblick auf die ganze Thematik erhalten.

### 4. Fazit

PPV ist ein zusätzlicher Parameter unter vielen. Alle zusammen ergeben ein Gesamtbild einer Patientensituation. Mit allen anderen Parametern wie BD, Herzfrequenz, Diurese und auch klinischen Zeichen wie Hautzustand oder die Auskultation von Thorax, etc., sollten wir rationale Entscheidungen treffen. Ein einziger Messwert kann durch innere und äussere Umstände verfälscht sein, so sollte der Patient in seiner Situation immer als Gesamtes betrachtet werden. PPV ist hier nützlich und hilft bei der Entscheidung für die Volumensubstitution. Die Studienlage ist aufgrund der begrenzten Zeit seit Entdeckung und beginnender Forschung von PPV noch recht gering, wächst aber stetig. Die Tendenz in meinen Recherchen zeigt einen klaren positiven Effekt für den Patient mit verminderter Morbidität und Hospitalisationsdauer. Somit erscheint es sinnvoll PPV auch zu nutzen, da das Patienten-Outcome zumindest in den Studiengruppen deutlich verbessert werden konnte.

Die Berechnung wird von modernen Monitoring-Systemen übernommen und ist somit für das Anästhesie-Team nicht aufwendig. PPV sollte, sofern die Voraussetzungen gegeben sind, Limitationen beachtet werden und der Anwender sich sicher fühlt bei dem was er macht, auch standardisiert genutzt und in die Entscheidungsfindung zur besten Therapie für den Patienten mit einbezogen werden.

## 5. Literaturverzeichnis

- Benes et al. „The effects of goal-directed fluid therapy based on dynamic parameters on post-surgical outcome: a meta-analysis of randomized controlled trials.“ *Critical Care*. 28. Oktober 2014. <http://www.ccforum.com/content/18/6/584>.
- De Backer et al. „Pulse pressure variations to predict fluid responsiveness: influence of tidal volume.“ *Intensiv Care Medicine*, April 2005.
- Lakhal et al. „Respiratory pulse pressure variation fails to predict fluid responsiveness in acute respiratory distress syndrom.“ *Critical Care*. 07. März 2011. <http://ccforum.com/content/15/2/R85>.
- Michard et al. „Applicability of pulse pressure variation: how many shades of grey?“ *Critical Care*. 25. März 2015. <http://www.ccforum.com/content/19/1/144>.
- Michard, Frédéric. „Changes in Arterial Pressure during Mechanical Ventilation.“ *Anesthesiology*, August 2005: 419-428.
- Philips. „IntelliVue Patientenmonitor MX800 Gebrauchsanweisung.“ 208f. Philips, 2010.
- Siegenthaler, N. „<http://criticalcaregenevaeducation.com>.“ <http://criticalcaregenevaeducation.com>. 18. 11 2015. <http://criticalcaregenevaeducation.com/critical-care-geneva-education/how-to-explain-simply/how-to-explain-simply-pulse-pressure-variation-ppv/> (Zugriff am 09.09 2015).