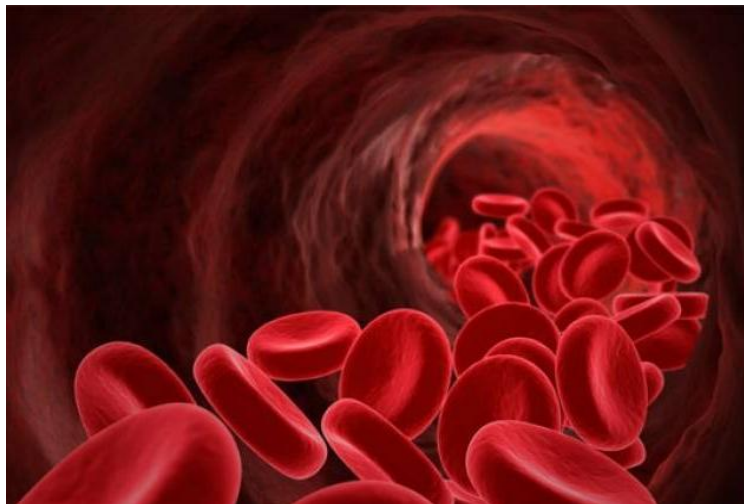


Intraoperative maschinelle Autotransfusion

Diplomarbeit zur diplomierten Expertin NDS Anästhesiepflege



„Blut ist ein ganz besonderer Saft“

Johann Wolfgang von Goethe

Sybille Gisler

Sälistrasse 9

6005 Luzern

sybillegisler@hotmail.com

Dezember 2016

Mentor: Sven von Niederhäusern

Höhere Fachschule Gesundheit Zentralschweiz

Klasse: 14/15 AN

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	3
1.1.	Fragestellung	3
1.2.	Ziel	3
1.3.	Abgrenzung	4
1.4.	Methodik	4
2.	Die maschinelle Autotransfusion	5
2.1.	Blutaufbereitung	5
2.2.	Qualität der gewaschenen Erythrozyten	6
3.	Entfernte Bestandteile der MAT	7
3.1.	Fett	7
3.2.	Heparin	8
3.3.	Leukozyten	8
3.4.	Hämolyse	8
4.	Anwendungsgebiete	9
4.1.	Orthopädie	9
4.2.	Gynäkologie	10
4.3.	Tumorchirurgie	10
5.	Kritische Ansichten	11
5.1.	Virusinfektionen	11
5.2.	Aktivierung des Immunsystems	11
6.	Diskussion	12
7.	Schlussfolgerungen	18
7.1.	Persönliche Erkenntnisse	18
7.2.	Empfehlungen / Umsetzung in der Praxis	18
7.3.	Ausblick	19
8.	Reflexion	20
9.	Danksagung	20
10.	Abkürzungen	21
11.	Quellenverzeichnis	22
11.1.	Literaturverzeichnis	22
11.2.	Internetquellen	25
11.3.	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	26
12.	Anhang	27
I.	Erklärung zu Diplomarbeiten	27
II.	Einwilligung zur Aufnahme einer Diplomarbeit in die Bibliothek der HFGZ und zur weiteren Verwendung	28

1. Einleitung

Nach wie vor spielt die Infektionsübertragung und die Problematik der Blutgruppenunverträglichkeit eine wichtige Rolle in der Transfusionsmedizin, wodurch fremdblutsparende Massnahmen ins Zentrum der Behandlung gerückt sind. Die Medizin hat in den letzten Jahren im Bereich der Immunhämatologie und Transfusion grosse Fortschritte gemacht. Durch die Übertragungen von Gelbsucht in Blutprodukten im 2. Weltkrieg und durch die ersten AIDS-Infektionen mittels Blutprodukte in den frühen 80er-Jahren konnten viele bedeutende Erkenntnisse gewonnen werden. Dank diesen Erfahrungen erhielt die Autotransfusion einen wichtigen Stellenwert in der Transfusionsmedizin.

In meinem bisherigen Anästhesiealltag habe ich mich bereits mehrmals im Fachgebiet der Orthopädie mit der maschinelle Autotransfusion (MAT) befasst. Ich beobachtete, dass das Eigenblut der Patientin bzw. des Patienten oftmals gesammelt, jedoch nicht aufbereitet und transfundiert wurde. Daraus schloss ich, dass es Gründe geben muss, die gegen eine Transfusion von Eigenblut sprechen. Ich fing an, mich zu hinterfragen, welche konkreten Indikationen es für den Einsatz des Continuous Auto Transfusion System (C.A.T.S.) gibt und welche Gefahren eine autologe Hämotherapie mit der maschinellen Autotransfusion mit sich bringen kann. Mit dieser Diplomarbeit will ich meine Wissenslücke diesbezüglich schliessen.

1.1. Fragestellung

Weshalb ist die Anwendung der intraoperativen maschinellen Autotransfusion, trotz der oft genannten Vorteile, rückläufig?

1.2. Ziel

Mit der Diplomarbeit will ich herausfinden, welches die Vor- und Nachteile der MAT sind und Gründe finden, weshalb die MAT in der Praxis nicht mehr so viel verwendet wird.

Die durch die vorliegende Arbeit gewonnenen Informationen, welche für oder gegen eine Indikation der intraoperativen maschinellen Autotransfusion sprechen, werden zusammengetragen und anschliessend meinem Arbeitsteam präsentiert.

1.3. Abgrenzung

Die autologe Hämotherapie soll in dieser Arbeit intraoperativ betrachtet werden, die postoperative Verwendung der MAT wird nicht behandelt. Dabei wird der Schwerpunkt der Transfusion auf die Blutkomponente „Erythrozyten“ (EC) gelegt. Auf andere Möglichkeiten der Transfusion von Blutbestandteilen, wie zum Beispiel Thrombozyten, Plasma oder Gerinnungsfaktoren, wird nicht näher eingegangen. Die übrigen Methoden der Eigenbluttransfusion (präoperative Eigenblutspende und präoperative Hämodilution) fließen nicht in diese Arbeit ein, auch auf die Funktionsweisen der Autotransfusionsgeräte im Speziellen wird nicht näher eingegangen.

1.4. Methodik

Die vorliegende Diplomarbeit stützt sich auf evidenzbasierte Literaturunterlagen aus Recherchen von Bibliotheken sowie Studien aus medizinisch-bibliographischen Datenbanken (z.B. PubMed). Dabei wird der aktuelle Forschungsstand beleuchtet. In einem weiteren Schritt werden durch Befragungen von Fachpersonen ihre persönlichen Erfahrungen und Sichtweisen in Bezug auf die MAT in die Arbeit integriert. Zum Abschluss werden die gewonnenen Erkenntnisse und entstandenen Diskussionspunkte aufgegliedert, kritisch hinterfragt und analysiert.

2. Die maschinelle Autotransfusion

Bei operativen Eingriffen ist seit dem 17. Jahrhundert eine Bluttransfusion nicht mehr wegzudenken (Larsen, 2013). Mit dem Auftreten von Krankheitsübertragungen durch Transfusionen wie zum Beispiel Gelbsucht (1943) und Humane Immundefizienz-Virus (HIV) (1983) zeigte sich, dass Blutkomponenten das Leben auch gefährden können. Die autologe Bluttransfusion sowie fremdblutsparende Massnahmen gewannen dadurch in der Medizin wieder vermehrt an Interesse (Rump et al. 2003).

Im medizinischen Bereich wird der Begriff „autolog“ mit der Bedeutung „zu demselben Individuum gehörig“ (Lang, 2005, o.S.) verwendet. Bei einer autologen Bluttransfusion werden Eigenblut oder aufbereitete Eigenblutbestandteile transfundiert. Der Patientin oder dem Patienten wird Blut entnommen und direkt oder zu einem späteren Zeitpunkt wieder injiziert. Das heisst, Spender und Empfänger sind bei der autologen Bluttransfusion identisch (Psyrembel, 2007). Larsen (2013) unterscheidet dabei zwischen drei Verfahren:

1. Präoperative Eigenblutspende (ESB)
2. Präoperative Hämodilution
3. Intra- und postoperative maschinelle Autotransfusion (MAT)

In dieser Diplomarbeit wird ausschliesslich auf die dritte Methode eingegangen.

2.1. Blutaufbereitung

Bei der intraoperativen MAT wird das Wundblut aus dem Operationsgebiet steril mit einem Doppellumensauger mit Hilfe von Vakuum angesaugt und in einem Reservoir gesammelt. Um das Koagulieren des Wundblutes im Schlauchsystem und Sammelbehälter zu verhindern, wird das Blut gefiltert und eine Heparinlösung beigemischt (Hansen & Seyfried, 2011).

Entscheidet das beteiligte Fachpersonal den Waschvorgang zu starten, wird das Blut aus dem Behälter, je nach Gerätetyp, durch eine scheibenförmige Waschzentrifuge oder eine Zentrifugenglocke (Latham-Glocke) gespeist (Rump et al., 2003). In der Abbildung 1 ist die Waschzentrifuge vom C.A.T.S. der Firma Fresenius Kabi veranschaulicht und in der Abbildung 2 eine Zentrifugenglocke vom Cell Saver 5 der Firma Haemonetics abgebildet.

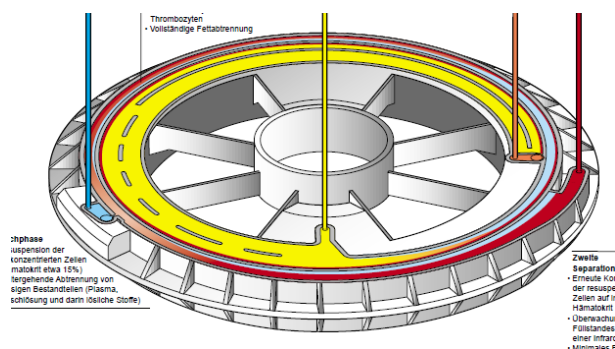


Abbildung 1: Das Prinzip der kontinuierlichen Blutreinigung (https://www.fresenius-kabi.de/files/CATSplus_Folder.pdf)

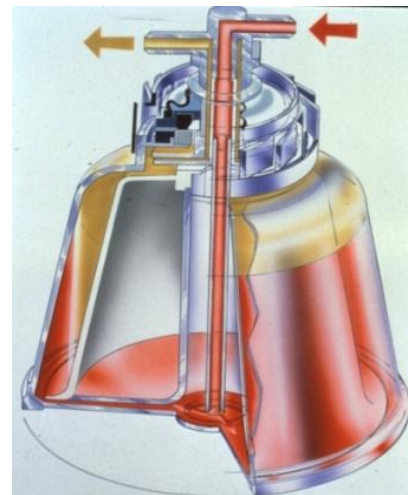


Abbildung 2: Die Latham Glocke (Mehlhorn, 2005, S. 17)

Eine Natriumchlorid-Waschlösung (NaCl-Waschlösung) durchfließt während des Waschvorgangs die Waschzentrifuge oder die Zentrifugenglocke mit dem Wundblut und wäscht kleinste Blutbestandteile aus dem Sammelblut heraus. Dank der unterschiedlichen Sedimentationsdichte separieren sich während der Zentrifugation die verschiedenen Blutfragmente. Potenziell schädliche Produkte und Plasmaanteile werden eliminiert und in einen Abfallbeutel gepumpt. Am Ende steht ein gereinigtes, autologes Erythrozytenkonzentrat zur Verfügung (Reize & Wülker, 2007).

2.2. Qualität der gewaschenen Erythrozyten

Im Umgang mit der MAT stellt sich die Frage, welche Qualität die gewonnenen Erythrozyten aufweisen. In der Vergleichsanalyse von Salariya, Barodka, und Hogue (2014) wird untersucht, wie sich die Plastizität der Erythrozyten von allogenen Blut im Vergleich zu gewaschenem autologem Retransfusionsblut verhält. Von den Autoren wurde beobachtet, dass bei allogenen Blutkonzentraten eine deutliche Verminderung der Verformbarkeit der Erythrozyten ersichtlich ist. Bei der Untersuchung von gewaschenem autogenem Retransfusionsblut zeigten sich hingegen keine signifikante Änderung bezüglich der Plastizität der Erythrozyten. In einer Studie über den 2,3 Diphosphoglyzerat-Gehalt (2,3 DPG-Gehalt) stellten Reize & Wülker (2007) einen Unterschied zwischen allogenen und autologem Blut fest. Der 2,3 DPG-Gehalt in den Erythrozyten, die durch die maschinelle Autotransfusion gesammelt und wieder verabreicht wurden, war höher als der Gehalt in den gelagerten Erythrozytenkonzentraten. Durch die Applikation von autologem Blut findet deshalb keine so starke Linkverschiebung der Sauerstoffbindungskurve wie bei allogenen Blut statt.

Gu et al. (2008) verglichen in ihrer Studie in der Herzchirurgie durch die MAT gewonnenen Erythrozyten mit frischen und gesunden Erythrozyten. Durch ihre Analyse wurde nachgewiesen, dass die Verformbarkeit sowie der 2,3 DPG-Gehalt der Erythrozyten nach dem Waschvorgang mit der MAT statistisch signifikant schlechtere Werte aufwiesen. Die Plastizität nahm nach dem Reinigungsvorgang um 15% ab und die 2,3 DPG Konzentration sank von 7.80 $\mu\text{mol/g Hb}$ auf 5.41 $\mu\text{mol/g Hb}$.

3. Entfernte Bestandteile der MAT

Beim Waschvorgang werden die Erythrozyten in den Transfusionsbeutel gepumpt, während die restlichen Beimengungen bei der MAT durch die Zentrifugation separiert und entfernt werden. Dazu gehören folgende Bestandteile: Waschspülflüssigkeit, aktivierte und nicht aktivierte Gerinnungsfaktoren, Komplementfaktoren, freies Hämoglobin, Produkte der Thrombozytenaktivierung, Gewebetrümmer, Antibiotika, Fett, Knochenfragmente sowie Entzündungsmediatoren (Biedler & Wilhelm, 2001). In den folgenden Unterkapiteln werden einige dieser Bestandteile näher beschrieben.

3.1. Fett

Um durch die Transfusion keine Fettembolie auszulösen, ist es wichtig, dass der Fettgehalt möglichst stark reduziert wird. Diverse Studien untersuchten die Elimination von Fett bei unterschiedlichen Autotransfusionsgeräten. Eine Vergleichsstudie von Booke et al. (1997) zeigt die Fettelimination bei der Anwendung des C.A.T.S. (Fresenius Kabi) und des Cell Saver 5 (Haemonetics) auf. Das zu reinigende Blutgemisch setzte sich aus 600ml Erythrozytenkonzentraten (36 Tage alt), 200ml Soyaöl und 500ml Ringerlacet-Lösung zusammen. Während beim C.A.T.S. eine vollständige Fettelimination stattfand, wurde beim Cell Saver 5 noch 30,3ml \pm 7.8ml Soyaöl im zu transfundierten Erythrozytenkonzentrat gemessen.

Haas (2014) untersuchte in ihrer Dissertation das Vorkommen von Fett im Wundblut während orthopädischen und herzchirurgischen Eingriffen sowie die Fettelimination bei vier verschiedenen MAT-Geräten. Die Existenz von Fett im Wundblut wurde bestätigt. Bei ihren Experimenten zu den einzelnen Geräten zeigten sich deutliche Unterschiede. Am besten schnitt das Gerät C.A.T.S. von der Firma Fresenius Kabi mit einer Fettelimination von 99,8 \pm 0,2% und am schlechtesten das Gerät Cell Saver 5 von der Firma Haemonetics mit einer Fettelimination von 77,6 \pm 9,7% ab.

3.2. Heparin

Um das Koagulieren des Wundbluts im Reservoir zu verhindern, wird eine Heparinlösung beigemischt. Vorweg, Muckel, Knüttgen, Schindler und Doehn (1998) prüften, ob Heparin im aufgearbeiteten Retransfusionsblut (RTB) der MAT für Gerinnungsstörungen verantwortlich gemacht werden kann. Die Untersuchungen wurden mit 5'000ml Schweinevollblut, 50'000 internationale Einheiten (i.E.) Heparin und 2'000ml NaCl 0,9% durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass bei einem hohen Volumen der Spülflüssigkeit und einer tiefen Pumpgeschwindigkeit nahezu kein Restheparin im Retransfusionsblut nachweisbar ist.

Heparin Gehalt des RTB in Abhängigkeit von Spülvolumina und Pumpengeschwindigkeit			
Leerprobe im Blut-Heparinmisch vor Zellseparation		9,2 i.E. Heparin Gehalt in i.E. ml Retransfusionsblut (Versuch 1)	8,55 i.E. Heparin Gehalt in i.E. ml Retransfusionsblut (Versuch 2)
Spülflüssigkeit in ml	Pumpengeschwindigkeit in ml/min		
1500	400	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar
1500	600	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar
1500	800	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar
1000	400	0,44	nicht nachweisbar
1000	600	0,61	0,24
1000	800	1,54	1,05
500	400	1,62	1,45
500	600	2,03	1,93
500	800	2,44	2,3

Tabelle 1: Heparin Gehalt des RTB in Abhängigkeit von Spülvolumina und Pumpengeschwindigkeit (Vorweg et al., 1998, 979)

3.3. Leukozyten

Werden Leukozyten retransfundiert, kann es zu unerwünschten Reaktionen bei der Patientin oder dem Patienten kommen. Leukozyten werden durch die MAT nicht komplett eliminiert und können febrile oder nicht-hämolytische Reaktionen auslösen (Sachs & Bux, 2011). Die Firma Haemonetics (2013) berichtet, dass nach dem Waschvorgang der MAT noch 23'233 Leukozyten (Lc) pro ml vorhanden sind. Eine Reduktion auf 189 Lc/ml kann mit einem Leukozytendepletionsfilter (LDF) erreicht werden, dadurch lassen sich 99% der Lc eliminieren.

3.4. Hämolyse

Um eine möglichst hohe Ausbeute der Erythrozytenmenge vom abgesaugten Wundblut zu erhalten, muss die Hämolyserate niedrig sein. Dies zu erreichen, setzt eine korrekte Anwendung der MAT voraus. Ob die Hämolyse durch das eingestellte Vakuum oder die Luftaspiration verursacht wird, ist aktueller Diskussionsgegenstand in der Fachliteratur. Die Firma

Haemonetics äussert klar, dass die Hämolyserate aufgrund des Vakuums entsteht (Haemonetics Corporation, persönliche Mitteilung am 11. November 2016). Deswegen wurde in ihrem Gerät die Funktion SmartSuction eingebaut. Diese Technologie erkennt, wenn keine Flüssigkeit (Wundblut, Spülflüssigkeit) aspiriert wird und reduziert automatisch die Vakuumsstärke, bis das System wieder Flüssigkeitsaspiration erfasst (Haemonetics Corporation, 2009).

Singelbartl und Schleinzer (2006) beschreiben in ihren wissenschaftlichen Erkenntnissen hingegen, dass die Hämolyserate abhängig ist von der zusätzlichen Luftaspiration während des Absaugens und nicht vom entstandenen Unterdruck durch den Sog. Ob die Sogbegrenzung bei -0,2bar oder -0,6bar (entspricht ca. -150 bis -450mmHg) liegt, hat deshalb keine Relevanz bezüglich der Hämolyserate.

In einer weiteren Studie über die Sogbegrenzung bei der maschinellen Autotransfusion führten Hansen, Kling und Roth (2006) mit frischem Spenderblut, abgelaufenen Erythrozytenkonzentraten und Wundblut bei unterschiedlichen Sogstärken Experimente durch. Die Ergebnisse zeigten, dass durch die Luftbeimischung die Hämoglobinfreisetzung fünf Mal höher ist als durch das Vakuum alleine. Ausserdem wurde in der Studie festgestellt, dass bei Konservenblut die Hämolyserate bis auf 6% anstieg, hingegen bei Frischblut mit ca. 0.5% deutlich geringer ausfiel. Eine Sogbegrenzung ist gemäss den Autoren unbegründet, da die MAT das freie Hämoglobin nach dem Waschvorgang ohnehin eliminiert.

4. Anwendungsgebiete

In der Literatur werden verschiedene Anwendungsgebiete der MAT beschrieben. In den nachfolgenden Disziplinen werden die Anwendungsmöglichkeiten der MAT detaillierter beleuchtet.

4.1. Orthopädie

Die meiste Literatur über die Verwendung der MAT lässt sich im Bereich der Orthopädie finden. In einer Metaanalyse randomisierter, kontrollierter Studien mit 5'631 Patienten konnten van Bodegom et al. (2015) aufzeigen, dass die Zellbergung und Wiederverabreichung von autologem Blut die Wahrscheinlichkeit des Einsatzes von allogenen Blut bei einer totalen Hüft-Arthroplastik um 44% und bei einer totalen Knie-Arthroplastik um 56% senken kann. Bridgens, Evans, Dobson und Hamer (2007) untersuchten in einer Vergleichsstudie, ob die MAT das Risiko einer allogenen Bluttransfusion minimieren kann. Die Untersuchung wurde mit zwei Gruppen durchgeführt. Die Probanden der Testgruppe erhielten durch die MAT aufbereitetes Blut, während der Kontrollgruppe keine Transfusionen injiziert wurden. Die Ergeb-

nisse dieser Studie zeigen auf, dass die Kontrollgruppe im Vergleich zur Testgruppe postoperativ deutlich mehr Fremdblutkonserven benötigte.

4.2. Gynäkologie

Die Verwendung der maschinellen Autotransfusion in der Geburtshilfe ist umstritten und birgt einige Gefahren. So kann die Kontamination der gesammelten Erythrozyten mit Fruchtwasser zu einer Embolie führen oder die Alloimmunisierung der Mutter mit fetalen Erythrozyten nicht ausgeschlossen werden. Die Verwendung eines Leukozytdepletionsfilters kann den Fruchtwasseranteil im Retransfusionsblut deutlich reduzieren, die fetalen Erythrozyten dagegen nicht (Ashwort & Klein, 2010). Diese lassen sich aufgrund der homogenen Sedimentationsdichte nicht vom Erythrozytenkonzentrat trennen (Nestle-Krämling, 2002). Das National Institute for Health and Care Excellence United Kingdom (2005) schlägt trotzdem vor, die MAT in Kombination eines Leukozytdepletionsfilters bei der Geburtshilfe zu verwenden. Um den Fruchtwasseranteil im Sammelreservoir zu minimieren, wurde in der Vergangenheit von den Geräteherstellern der Einsatz von zwei Saugvorrichtungen empfohlen: die erste Vorrichtung um das Fruchtwasser abzusaugen, die zweite um das mütterliche Blut für die MAT zu separieren. Eine kleine Studie mit 34 Patientinnen hat dieses Prinzip untersucht. Dabei konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen der Verwendung von einer oder zwei Saugvorrichtungen festgestellt werden (Ashwort & Klein, 2010).

4.3. Tumorchirurgie

In der Anwendung der MAT bei Tumorpatientinnen und Tumorpatienten findet man viel Literatur. In einer wissenschaftlichen Untersuchung bei radikalen Hysterektomien infolge eines Zervixkarzinoms konnte die Indikation zur Verabreichung von Fremdblut durch die maschinelle Autotransfusion von 79% auf 19% reduziert werden (Connor et. al, 1995).

Im Review von Ashwort und Klein (2010) wird von einer Studie berichtet, welche mit 50 Patientinnen bei gynöonkologischen Eingriffen durchgeführt wurde. Sie untersuchte den jeweiligen prozentualen Anteil lebensfähiger Tumorzellen präoperativ, nach der Sammlung im Reservoir, nach dem Waschvorgang der maschinellen Autotransfusion sowie nach dem Durchfließen des Leukozytdepletionsfilters. Präoperativ wurde ein Anteil von 4% gemessen, im Sammelreservoir 68% und nach dem Waschvorgang 62%. Nach dem Durchfließen des LDF wurden im Konzentrat keine Tumorzellen mehr festgestellt, nur Tumorzellfragmente, die keine Metastasierung verursachen können.

Hansen und Seyfried (2011) dementieren in ihrem Bericht die ausreichende Reduktion der Leukozytenzahl mittels Leukozytdepletionsfilters, verweisen jedoch auf eine Blutbestrahlung. Die Strahlendosierung soll bei 50 Gray (Gy) sein. Eine zu hohe Gy-Dosierung (ab 500Gy) könnte die 24h-Überlebensrate der Erythrozyten reduzieren, eine zu tiefe (ca. 30Gy)

eine Graft-versus-Host-Reaktion (GvHR) auslösen. Weiter erläutern sie, dass nach eingehaltenem Sicherheitsabstand und No-Touch-Operationstechnik bei 91% der Operationen Tumorzellen nachweisbar waren. Durch die Bestrahlung findet keine Schädigung der Erythrozyten statt. Folglich tritt kein Kalium aus den Zellen und die Funktion des 2,3 DPGs verändert sich nicht. Hansen und Seyfried (2011, S. 387) schreiben dazu: „So kann die Bestrahlung von MAT-Blut mit 50Gy als sicher angesehen werden, sowohl in dem Sinn, dass sie bei jeglicher Tumorart und -zellzahl verlässlich jede Teilungsfähigkeit unterbindet als auch dass die Blutqualität nicht beeinträchtigt wird.“

Die verwendete Strahlendosis, welche die Anästhesie im Luzerner Kantonsspital verwendet, beträgt 50Gy (Mächler & Lindegger, 2012).

5. Kritische Ansichten

5.1. Virusinfektionen

Die Verwendung der maschinellen Autotransfusion ist weder bei Patientinnen und Patienten mit einer Hepatitis-C-Infektion noch bei einer HIV-Infektion kontraindiziert. Die infizierten Blutzellen existieren bereits im gesamten Blutkreislauf. Durch den Gebrauch der MAT gibt es keine Veränderung des viralen Aktivitätszustandes. Wichtig ist jedoch, dass sich die involvierten Personen bewusst sind, um welche Virusinfektion es sich handelt. Dabei soll zwingend auf hygienische Richtlinien geachtet und der Prozess der Retransfusion noch im Operationssaal zu Ende geführt werden. Das Übertragungsrisiko wird somit möglichst gering gehalten. Das Entsorgen der Einwegmaterialien soll direkt durch das zuständige Anästhesiepersonal durchgeführt werden, dadurch kann eine allfällige Gefährdung von nicht involviertem Personal verhindert werden (Hansen, 2012).

Eine Studie mit zwölf Patientinnen und Patienten konnte aufzeigen, dass die Konzentration von zirkulierender Hepatitis-C-Virus-Ribonucleinsäure (HCV-RNA) bei Lebertransplantationen durch die Verwendung der MAT keine Auswirkung auf die intraoperative HCV-RNA-Kinetik zeigt (Ko, Gwak, Kim, Na & Lee, 2014).

5.2. Aktivierung des Immunsystems

Zytokine spielen eine wichtige Rolle bei der Aktivierung des Immunsystems und werden von unterschiedlichen Zellen gebildet (Michel, 2013). Durch den ganzen Aufbereitungsvorgang bei der MAT ist eine Aktivierung der Zytokine zu erwarten (Bentzien, Brand, Röhrs, Munkel & Schmucker, 2000). Obwohl die Gesamtleukozytenzahl im Retransfusionsblut um ca. 80% reduziert werden kann, fanden die Verfasser eine deutliche Erhöhung der Konzentration von

proinflammatorischen Mediatoren. Es muss deshalb von einer erhöhten Aktivität von mononukleären Zellen ausgegangen werden. Viele der noch vorhandenen Leukozyten waren zerstört oder bereits im Prozess der Zytolyse. Durch einen Leukozytendepletionsfilter, so die Autoren weiter, können Gefahren wie postoperative Infektionen, Lungenfunktionsstörungen als auch die Mortalität abgeschwächt werden.

6. Diskussion

In allen bearbeiteten Fachartikeln über die maschinelle Autotransfusion stachen jene von Prof. Dr. Dr. E. Hansen hervor. Seine Berichte und Aussagen befürworteten die Anwendung der MAT in den meisten Operationsbereichen. Gründe, die gegen eine MAT sprechen, wurden nicht aufgeführt (Hansen, 2001; Hansen, 2006; Hansen, 2012; Hansen et al., 2006; Hansen & Seyfried, 2011). Nach seiner Ansicht müsste die MAT mehr Verwendung im klinischen Alltag finden. Aus der eigenen Erfahrung ist die Verwendung der MAT am Luzerner Kantonsspital jedoch eher rückläufig. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) fordert seit 2010 die Anwendung des Patienten Blood Management (PBM), um die Transfusionsindikation zu minimieren. In der Studie von Clevenger, Mallett, Klein und Richards (2015) wird aufgezeigt, dass die Umsetzung des PBM bei elektiven Eingriffen eine Fremdbluttransfusion als auch eine postoperative Anämie massiv reduzieren kann. Der Einsatz der MAT ist dabei nur ein kleiner Teil davon.

Das PBM der WHO ist in drei Säulen aufgebaut. Die erste Säule beinhaltet die präoperativen Massnahmen und Abklärungen, um eine Anämie zu behandeln oder vorzubeugen. In der zweiten Säule werden intraoperative Massnahmen getroffen, um den Blutverlust zu minimieren. In diese Säule gehören die operative Technik, die maschinelle Autotransfusion sowie das Gerinnungsmanagement. Zur dritten Säule werden die Transfusionsgrenzen und das Volumenmanagement gezählt (Kleinerüschkamp et al., 2016).

Die erste Säule der WHO fordert, dass bereits präoperativ Massnahmen getroffen werden sollen, um eine Anämie zu erkennen und zu behandeln. Damit die Wahrscheinlichkeit einer allogenen Transfusion intra- und postoperativ reduziert wird, ist die präoperative Applikation von Erythropoetin (EPO) bei Personen mit einer Anämie indiziert (Habler, Meier, Pape & Zwissler, 2004; Nestle-Krämling, 2001; Reize & Wülker, 2007). In einer Metaanalyse mit 2'155 Patientinnen und Patienten konnten Zhao et al. (2016) belegen, dass die präoperative Gabe von EPO den Hämoglobingehalt nach der Operation erhöht und das Transfusionsrisiko von Fremdblut senkt. Gründe, die für oder gegen die präoperative Applikation von EPO sprechen, sind nicht Gegenstand dieser Arbeit.

In der zweiten Säule des PBM der WHO werden intraoperative Massnahmen zur Reduktion eines Blutverlusts gezählt. Eine schonende Operationstechnik oder die geeignete Lagerung der Patientin bzw. des Patienten können bereits wirksam den Blutverlust reduzieren. Die Lagerung der Patientin bzw. des Patienten soll wenn möglich so optimiert werden, dass das Operationsgebiet auf oder über der Herzhöhe liegt. Neben einem geringeren Blutverlust hat das zudem den Vorteil, dass dadurch für den Operateur eine freiere Sicht auf das Operationsgebiet ermöglicht wird und sich somit die Operationszeit verkürzt. Als weitere Massnahme einen kreislaufrelevanten Hämoglobinabfall zu verhindern, wird empfohlen, eine Normothermie zu erhalten, um nicht in die Gerinnungskaskade einzugreifen. Die Verwendung von Antifibrinolytika soll patientenbezogen beurteilt und angewendet werden (Habler et al., 2004).

Die individuell angepassten Transfusionsgrenzen und das Volumenmanagement werden in der dritten Säule behandelt. Gemäss Hébert und Carson (2014) ist die Transfusionschwelle auf 7 g/dl festzusetzen. Da für die Festlegung dieses Grenzwerts Faktoren wie Alter, Geschlecht oder Nebenerkrankungen eine wichtige Rolle spielen, soll jede Situation individuell beurteilt werden. Als Hilfe können klinische Parameter sowie der Hämoglobinwert (Tabelle 2) verwendet werden (Fontana, 2013; WHO, 2011).

Eine Richtlinie entbindet nicht von einer sorgfältigen Einzelfall-Evaluation. Normovolämie anstreben, supportive Massnahmen nach spitaleigenen Regeln.			
Hämoglobin	Anämiezeichen*	Risikofaktoren**	Transfusion
≤60 g/l	Unabhängig davon	Unabhängig davon	Ja
60–80 g/l	Ja	Nein	Ja
	Nein	Ja	Ja
	Nein	Nein	Nein
80–100 g/l	Ja	Nein	Ja
	Nein	Ja	Nein
	Nein	Nein	Nein
≥100 g/l	Unabhängig davon	Unabhängig davon	Nein

* Beispiele für Anämiezeichen: unerklärte Tachykardie, Myokardischämie im EKG, tiefe gemischtvenöse Sättigung, Laktatazidose.
 ** Beispiele für Risikofaktoren: klinisch relevante kardiale Erkrankung, zerebrale Durchblutungsstörung, respiratorische Insuffizienz.

Tabelle 2: Empfehlung für die Transfusion von Erythrozytenkonzentraten (Stefano Fontana, 2013, S. 89-93)

Durch die Erfahrung mit Patientinnen und Patienten der Glaubensgemeinschaft der Zeugen Jehovas hat die Wissenschaft herausgefunden, dass der Hämoglobingrenzwert für alle Patientinnen und Patienten gesenkt werden kann. Die Einstellung der Zeugen Jehovas zu Bluttransfusionen wird wie folgt beschrieben: „Christen lehnen Transfusionen von Vollblut oder dessen Hauptbestandteilen ab“ (Wachturm Online-Bibliothek, 2000-2016, o.S.). Zu den Be-

standteilen von Blut gehören Erythrozyten, Leukozyten, Thrombozyten und das Blutplasma. Die Verwendung von Fraktionen zellfreier Blutbestandteile wird in der Bibel nicht erwähnt, deshalb soll jeder und jede individuell mit Gott und seinem Gewissen über eine Verwendung entscheiden (Wachturm, 2000-2016). Tabelle 3 (Löffler, 2013) zeigt die grundsätzliche Haltung und individuelle Entscheidungsfreiheiten der Zeugen Jehovas in Bezug auf Vollblut und Blutfraktionen.

HALTUNG	FREMDBLUT				EIGENBLUT
Nicht akzeptiert	Vollblut				<ul style="list-style-type: none"> • Präoperative Eigenblutspende und Lagerung für spätere Reinfusion
	Erythrozyten	Leukozyten	Thrombozyten	Plasma	
Individuelle Entscheidung	Erythrozytenfraktionen <ul style="list-style-type: none"> • Hämin • Hämoglobin 	Leukozytenfraktionen <ul style="list-style-type: none"> • Interferone 	Thrombozytenfraktionen	Plasmafraktionen <ul style="list-style-type: none"> • Albumin • Gerinnungsfaktoren • Fibrinogen • Immunglobuline 	<ul style="list-style-type: none"> • Akute normovolämische Hämodilution • Dialyse • Herz-Lungen-Maschine • Blutrückgewinnung
	Zeugen Jehovas treffen persönliche Entscheidungen, was sie guten Gewissens akzeptieren können. Wichtig ist, vorab mit jedem Patienten abzuklären, mit welchen Produkten und Verfahren er einverstanden ist.				

Tabelle 3: Grundlegende Haltung der Zeugen Jehovas zu Fremd- und Eigenblut (Löffler, 2013,S.4)

Im präoperativen Gespräch soll deshalb ermittelt werden, wie die individuelle Haltung der Person gegenüber Bluttransfusionen ist. Des Weiteren sollen diese Ansichten in einer Patientenverfügung schriftlich dokumentiert und unterschrieben werden (Luzerner Kantonsspital, 2008). Die Anwendung der MAT ist bei der Glaubensgemeinschaft der Zeugen Jehovas nicht komplett kontraindiziert. Die gleiche Aussage kann auch in den Disziplinen Orthopädie, Gynäkologie, Tumorchirurgie und bei Virusinfektionen gemacht werden. In der Tumorchirurgie soll beispielsweise gemäss Hansen und Seyfried (2011) das Blutprodukt zwingendermassen bestrahlt werden. Ashworth und Klein (2010) empfehlen im Gegensatz dazu nur den Einsatz eines LDF. Mit dem LDF wird jedoch die Leukozytenzahl bloss reduziert und nicht wie bei der Bestrahlung die Teilungsfähigkeit der Blutzellen unterbunden. Deswegen kann mit einem LDF eine Metastasierung nicht vollständig ausgeschlossen werden. Die korrekte Anwendung der MAT in den genannten Bereichen, hilft somit den intraoperativen Blutverlust zu reduzieren. Dieser Umstand deckt sich mit den Empfehlungen der zweiten Säule des PBM. In der Praxis wird am Luzerner Kantonsspital das komplette PBM der WHO (alle drei Säulen) bereits mehrheitlich umgesetzt. Durch diese vorgängig getroffenen Massnahmen, kann der erwartete Blutverlust bereits stark reduziert werden. Deswegen verliert die Anwendung der MAT intraoperativ in allen Disziplinen gezwungenermassen an Bedeutung. Ein weiterer Diskussionspunkt in Bezug auf die Anwendung der MAT sind die Kosten. Diese sind in der heutigen Zeit, in der die Gesundheitskosten stetig ansteigen, von grosser Rele-

vanz. Deswegen könnte das Kostenargument ein weiterer Grund zur sinkenden Anwendung der MAT sein. Hansen und Seyfried (2011, S. 384) betonen in diesem Kontext: „Die Kosten für das Einmalmaterial liegen bei diesen Autotransfusionssystemen etwa im Bereich einer Fremdblutkonserve, sodass die Regel, die MAT erst ab der Aufbereitung von zwei Transfusionsseinheiten einzusetzen, überholt ist“. Diese Aussage deckt sich jedoch nicht mit den Angaben, die durch Gespräche mit Geräteherstellern und der Hämatologie ermittelt wurden. Um die Aussage von Hansen und Seyfried zu entkräften, wurde eine Kostenanalyse (vgl. Tabelle 4) erstellt. Zur Vereinfachung wurden Schulungs- und Instruktionkosten, fallspezifische Interventionskosten sowie die Gerätekosten ausgeschlossen. Folgende Ausschlusskriterien wurden definiert, um die Vergleichbarkeit und Aussagekraft der Kostenanalyse zu erhöhen: die Empfängerin oder der Empfänger des Blutprodukts weist keine Antikörper auf, ist männlich oder weiblich und über 50 Jahre alt ist. Bei Frauen unter 50 Jahren wird automatisch eine Rhesus-Phänotyp-Bestimmung durchgeführt. Wenn Antikörper vorhanden sind, werden ebenfalls weitere Tests durchgeführt und Abklärungen vorgenommen, die einen Mehraufwand und damit nicht kalkulierbare Kosten zur Folge haben.

Im ersten Teil der nachfolgenden Tabelle ist eine Auflistung aller Massnahmen und Interventionsschritte dargestellt, die für eine allogene Bluttransfusion notwendig sind. Unter anderem enthalten sind zwei Blutgruppen- und Antikörperbestimmungen (T & S Bestimmung), eine präoperative Hämoglobinbestimmung (Hb-Bestimmung) via Hämatogramm I (HG I) und eine intraoperative Messung vom Hämoglobin via arterielle oder venöse Blutgasanalyse (BGA). Die Preise für das Erythrozytenkonzentrat und die Bestrahlung basieren auf Angaben vom Luzerner Kantonsspital (Luzerner Kantonsspital, interne Richtlinien Transfusionsmedizin, 2015). Bei Tumorpatienten wird empfohlen, das Blut vor dem Transfundieren zu bestrahlen. Dieser Prozess verursacht sowohl bei der allogenen als auch bei der MAT weitere Kosten (Bestrahlung Blutprodukt, Benutzung Gammacell) und wird deshalb in einer separaten Spalte aufgeführt. Im Total ergeben sich somit für die allogene Bluttransfusion Kosten zwischen CHF 391 und CHF 551 pro Erythrozytenkonzentrat.

Bei der Verwendung vom C.A.T.S. oder Cell Saver bleiben die Grundannahmen gleich, wie im zweiten Teil der Tabelle ersichtlich ist. Zusätzlich wird bei diesen beiden Verfahren das Reservoir (mit den Schläuchen und der Heparinlösung) und das Set (inkl. Waschlösungen) verwendet. Die Anwendung des Leukozytendepletionsfilters wird im Kapitel 4 bei diversen Anwendungsbereichen, wie zum Beispiel in der Tumorchirurgie, empfohlen. Deswegen wurden die Kosten für den LDF, wie die Bestrahlungskosten, der dritten Spalte zugeteilt. Bei der maschinellen Autotransfusion mit dem C.A.T.S. betragen die Totalkosten somit im günstigsten Fall CHF 439. Mit Bestrahlung (Gammacell) und LDF erhöhen sich die Kosten auf CHF 616. Bei der Anwendung des Cell Saver 5 ergibt sich ein Total von CHF 494 bzw. CHF 696.

Allogene Transfusion	Grundkosten in CHF	Kosten (Bestrahlung & LDF) in CHF
T & S Bestimmung (2x à CHF 61.00)	122,00	122,00
Hb-Bestimmung präoperativ (HG1)	9,00	9,00
Hämoglobinbestimmung via BGA intraoperativ	26,00	26,00
Erythrozytenkonzentrat	230,00	230,00
Bestrahlung Blutprodukt	-	160,00
Präsenztaxen pro Tag (Labor)	4,00	4,00
Total	391,00	551,00
<hr/>		
Maschinelle Autotransfusion	Grundkosten in CHF	Kosten (Bestrahlung & LDF) in CHF
T & S Bestimmung (im Labor bei elektiven Eingriffen)	122,00	122,00
Hb-Bestimmung präoperativ (HG1)	9,00	9,00
Hämoglobinbestimmung via BGA	26,00	26,00
Benutzung Gammacell	-	160,00
C.A.T.S, Reservoir (inkl. Inf., Liquemin, Schläuche)	95,00	95,00
C.A.T.S, Set (mit Waschlösung)	187,00	187,00
Leukozytendepletionsfilter	-	20,00
Total C.A.T.S.	439,00	619,00
<hr/>		
T & S Bestimmung (im Labor bei elektiven Eingriffen)	122,00	122,00
Hb-Bestimmung präoperativ (HG1)	9,00	9,00
Hämoglobinbestimmung via BGA	26,00	26,00
Benutzung Gammacell	-	160,00
Cell Saver, Reservoir (inkl. Inf., Liquemin, Schläuche)	150,00	150,00
Cell Saver, Set (mit Waschlösung)	187,00	187,00
Leukozytendepletionsfilter	-	42,00
Total Cell Saver 5	494,00	696,00

Tabelle 4: Kostenanalyse Fremdbluttransfusionen und intraoperative maschinelle Autotransfusion (Sybille Gisler aus [http://www.bag.admin.ch/themen/krankenversicherung/00263/00264/04185/index.html?lang=de](http://www.bag.admin.ch/themen/krankenversicherung/00263/00264/04185/index.html?lang=de;).; Markus Keller, persönliche Mitteilung am 16. November 2016 und Haemonetics, persönliche Mitteilung am 16. November 2016).

Die Kostenzusammenstellung zeigt auf, dass die Grundkosten (Tabelle 4, Spalte 2) bei der allogenen Transfusion bei einmaliger Verwendung (ein EC) tiefer ausfallen als bei beiden Gerätetypen der MAT. Diese Erkenntnis widerspricht der Behauptung von Hansen und Seyfried. Unter Einbezug aller anfallenden Materialkosten (Waschlösungsbeutel, Natriumchloridlösung, Heparinampulle) der MAT, lässt sich folgende Darstellung (Abbildung 4) erstellen.

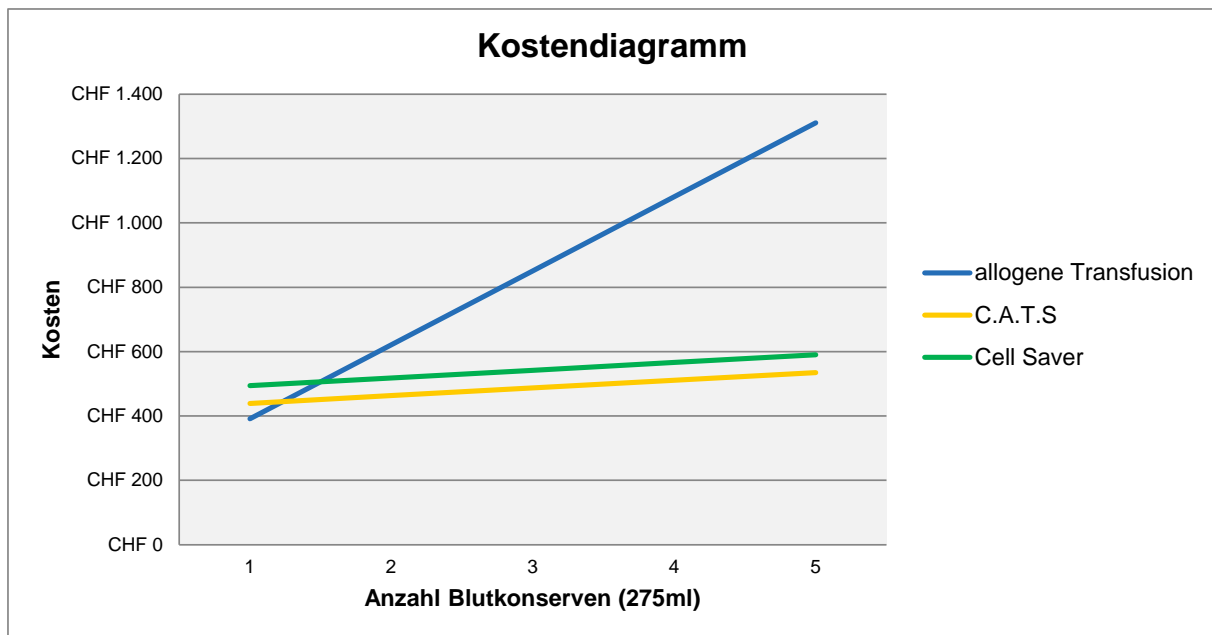


Abbildung 3: Kostendiagramm allogene Transfusion, C.A.T.S. und Cell Saver5 (Sybille Gisler aus Daten der Tabelle 4, 2016)

Bei operativen Eingriffen mit hohem Blutverlust steigen die Kosten der MAT weniger stark als bei der allogenen Transfusion, wie bei Abbildung 3 ersichtlich wird. Dieser Umstand ist darauf zurückzuführen, dass bei der allogenen Transfusion bereits jedes weitere Erythrozytenkonzentrat zusätzliche Kosten in der Höhe von CHF 230 generieren. Im Vergleich kommen bei der Verwendung der MAT pro 275ml gewaschenem Blut für einen zusätzlichen Waschlösungsbeutel à 3l und einer NaCl 0,9% à 1'000ml sowie einer Ampulle Heparin à 25'000 i.E. nur CHF 24 hinzu. Somit wird bestätigt, dass die Regel, die MAT erst ab der Aufbereitung von zwei Blutkonserven einzusetzen, aus finanzieller Sicht nicht überholt ist. Unter der Annahme des PBM der WHO kann durch diverse Massnahmen, wie am Anfang dieses Kapitels beschrieben wurde, der intraoperative Blutverlust gesenkt werden, wodurch auch die finanzielle Rechtfertigung einer Anwendung der MAT in der Praxis sinkt.

Um dem Qualitätsaspekt Rechnung zu tragen, muss in der Diskussion auch das Retransfusionsprodukt erörtert werden. Wie in Kapitel 2.2 aufgezeigt wird, ist die Qualität der Erythrozyten, die in der MAT aufbereitet werden, deutlich besser als jene einer allogenen Erythrozytenkonserve. Das Qualitätsargument der Erythrozyten kann deshalb kein Grund sein, die MAT weniger häufig anzuwenden. Des Weiteren wurde in Kapitel 3 erwähnt, dass die Eliminationsrate von Blutbestandteilen, wie z.B. Heparin, Fett und das freie Hämoglobin, hoch ist. Durch die MAT indizierte Gerinnungsstörungen oder Fettembolien sind daher eher selten und liefern ebenfalls kein Argument gegen die Verwendung der MAT.

7. Schlussfolgerungen

7.1. Persönliche Erkenntnisse

Das Recherchieren und die Erarbeitung der Diplomarbeit haben mir aufgezeigt, dass die intraoperative Anwendung der MAT einen grossen Nutzen im PBM bringt. Viele Vorteile und nur wenige Nachteile sprechen für bzw. gegen die Verwendung der MAT. Gründe, die für eine geringere Anwendung herangezogen werden können, liegen hauptsächlich bei der Umsetzung des PBM der WHO. Diese Empfehlung umfasst die individuell angepasste Transfusionsgrenze, das umfängliche Volumen- und Gerinnungsmanagement sowie zusätzliche operative Massnahmen, die den interoperativen Blutverlust minimieren. Weil aus Kostenüberlegungen die Anwendung der MAT nur bei hohem erwartetem Blutverlust Sinn macht, sinkt der Stellenwert der MAT in der Praxis. Aus Qualitätsüberlegungen konnte in der Literatur keine Kontraindikationen zu Anwendung der MAT ausfindig gemacht werden. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass durch immer besser werdende, blutsparende Techniken und Medikamente die MAT-Geräte in den kommenden Jahren wahrscheinlich eine aussterbende Spezies in den Operationssälen sein wird.

7.2. Empfehlungen / Umsetzung in der Praxis

Trotz der geringen Anwendung sollte man meiner Meinung nach bei der Inbetriebnahme der MAT folgende Empfehlungen beachten.

Zu Beginn sollte aus Kostengründen nur das Reservoir in Betrieb genommen werden (Standby-Modus). Erst wenn ersichtlich wird, dass genügend Blut gesammelt wurde und sich das Waschverfahren lohnen könnte, soll das Set eingesetzt werden. Eine Indikationsmenge des gesammelten Wundblutes um den Waschvorgang zu starten, kann nicht angegeben werden, da der Erythrozytengehalt, je nach Spülmenge des Operateurs und der zugeführten Heparinlösung, variieren kann. Mit einer möglichst tiefen Pumpengeschwindigkeit und hohem Spülvolumen kann die ohnehin niedrige Gefahr, eine HIT zu induzieren, minimiert werden. Bei der Einstellung der Vakuumstärke ist der Sog so klein wie möglich zu halten. Dabei soll jedoch die Sicht auf das Operationsgebiet nicht eingeschränkt werden, damit die Operationszeit nicht unnötig verlängert wird. Da durch die Aufbereitung der MAT die Leukozyten nur geringfügig reduziert werden, empfehle ich in der Geburtshilfe den Einsatz eines Leukozytendepletionsfilters und in der Tumorchirurgie eine Blutbestrahlung.

7.3. Ausblick

Bei der Erarbeitung meiner Diplomarbeit konnte ich in der aktuellen Forschungsliteratur diverse Gründe für die verminderte Anwendung der MAT finden. Die intensive Auseinandersetzung mit der Thematik zeigte mir neue Themenfelder und weitere Untersuchungen auf, die bei einer Weiterführung der Arbeit herangezogen werden könnten. Folgende Fragestellungen würden weitere Anhaltspunkte liefern:

- Weshalb ist ein Leukozytendepletionsfilter im Umgang mit der MAT nicht obligat?
- Welche Vorbereitungen bei erwartet hohem Blutverlust oder bereits bekannter Anämie werden in der Praxis angewendet und welche nicht?
- Welche Vor- bzw. Nachteile bringt die Verwendung von EPO?
- Wie ist die Verwendung der intraoperativen maschinellen Autotransfusion rechtlich geregelt? Welche Kriterien müssen vom Anwender erfüllt werden?
- Wie hoch fallen die Vollkosten der MAT aus, wenn Interventionskosten, Schulungskosten und Gerätekosten miteingerechnet werden?
- Welche gerinnungshemmenden Lösungen können nebst Heparin verwendet werden?

8. Reflexion

Mit der Auswahl meines pflegerischen Themas bin ich sehr zufrieden. Die Auseinandersetzung mit der intraoperativen maschinellen Autotransfusion ist interessant, informativ und für meinen Berufsalltag bereichernd. Mit der erstellten Arbeit konnte ich meine Fragestellung beantworten. Ich fand heraus, welche Gründe für die geringere Anwendung der MAT sprechen. Die Diplomarbeit hat mir gezeigt, dass die MAT in praktisch allen Gebieten eingesetzt werden kann.

Die eingehende Beschäftigung mit der vorhandenen Literatur war zeitaufwändig und intensiv. Durch die Vielseitigkeit meiner Themenwahl fiel es mir am Anfang schwer, eine klare Abgrenzung vorzunehmen. Jede Fachliteratur warf neue Fragen auf und lieferte viele Hinweise auf interessante Unterthemen, wodurch meine Arbeit einen deutlich grösseren Umfang ergeben hätte. Weiter zeigte sich, dass ich im Aufbau der Arbeit Schwierigkeiten hatte. Durch Anpassungen bei den Themen kam ich von der Fragestellung ab. Dies stellte sich schlussendlich bei der Überarbeitung auch als grosse Herausforderung dar. Durch die Unterstützung meines Mentors konnte ich mich jedoch wieder auf meine Ziele fokussieren. Mein erstellter Zeit- und Arbeitsplan konnte ich nicht einhalten. In meiner Planung hatte ich keine Zeit zum Lernen für das Geräteexamen eingeplant. Diese Fehlorganisation meinerseits rückte sich vor allem in der Endphase und erforderte zwei intensive Monate. Ich bemerkte, je intensiver ich mich mit der Diplomarbeit und dem Thema befasste, desto leichter fiel mir die Erarbeitung.

Im Februar 2017 werde ich meine Diplomarbeit „intraoperative maschinelle Autotransfusion“ an einer Montagsmorgen-Fortbildung meinem Team vorstellen.

9. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich ganz herzlich bei allen bedanken, welche zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen und mich tatkräftig unterstützt haben.

Ein grosses Dankeschön gilt meinem Mentor, Sven von Niederhäusern. Das kritische Hinterfragen und die wertvollen Tipps mit fundiertem Wissen trugen wesentlich dazu bei, dass ich mich wieder motiviert an die Arbeit setzen konnte. Vielen Dank für die Unterstützung.

10. Abkürzungen

AIDS	Acquired Immune Deficiency Syndrome
BGA	Blutgasanalyse
bzw.	beziehungsweise
C.A.T.S.	Continuous Auto Transfusion System
CHF	Schweizer Franken
DPG	Diphosphoglyzerat-Gehalt
EC	Erythrozyten
EPO	Erythropoetin
ESB	präoperative Eigenblutspende
g	Gramm
GvHR	Graft-versus-Host-Reaktion
Gy	Gray
Hb	Hämoglobin
HCV-RNA	Hepatitis-C-Virus-Ribonuekleinsäure
HG	Hämatogramm
HIV	Humane Immundefizienz-Virus
i.E.	Internationale Einheit
Inf.	Infusion
inkl.	inklusive
Lc	Leukozyten
LDF	Leukozytendepletionsfilter
MAT	maschinelle Autotransfusion
ml	Milliliter
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
NaCl	Natriumchlorid
o.S.	ohne Seitenangabe
PBM	Patienten Blood Management
RTB	Retransfusionsblut
T & S	Type & Screen (Blutgruppen- und Antikörperbestimmungen)
vgl.	vergleiche
WHO	Weltgesundheitsorganisation
z.B.	zum Beispiel
µmol	Mikromol

11. Quellenverzeichnis

11.1. Literaturverzeichnis

- Ashworth, A. & Klein, A. (2010). Cell Salvage as part of a blood conservation strategy in anaesthesia. *British Journal of Anaesthesia*. 105 (4), 401-416.
- Bentzien, F., Brand, J.M., Röhrs, E., Munkel, H. & Schmucker, O. (2000). Maschinelle Autotransfusion. Anwendung und Einfluss auf Zytokine und Leukozyten im autologen gewaschenen Erythrozytenkonzentrat. *Der Anaesthesist*, 49, 505-510.
- Booke, M., Fobker, M., Fingerhut, D., Storm, M., Mortlemans, Y. & Van Aken, H. (1997). Fat elimination during intraoperative autotransfusion: an in vitro investigation. *Anesthesia & Analgesia*, 85(5), 959-962.
- Biedler, A. & Wilhelm, W. (2001). Erythrozytenqualität nach maschineller Autotransfusion und Wundblutdrainage. *Anaesthesist*, 1, 24-29.
- Bridgens, J., Evans, C., Dobson, P. & Hamer, A. (2007). Intraoperative Red Blood-Cell Salvage in Revision Hip Surgery. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 89(2), 270-275.
- Clevenger, B. Mallet, S., Klein, A. & Richards, T. (2015). Patient blood management to reduce surgical risk. *BJS*, 102(11), 1325-1337.
- Connor, J., Morris, P., Alagoz, T., Anderson, B., Bottles, K. & Buller, R. (1995). Intraoperative autologous blood collection and autotransfusion in the surgical management of early cancers of the uterine cervix. *Obstetrics & Gynecology* 86(3), 373-378.
- Fontana, S. & Rigamonti V. (2013). Transfusion von Blutprodukten. *Schweiz Med Forum*, 13 (5), 89-93.
- Gu, Y., Vermeijden, W., de Vries, A., Hagenaars, J., Graaff, R. & van Oeveren, W. (2008). Influence of Mechanical Cell Salvage on Red Blood Cell Aggregation, Deformability, and 2,3-Diphosphoglycerate in Patients Undergoing Cardiac Surgery With Cardio-pulmonary Bypass. *The Annals of Thoracic Surgery*, 86, 1570-1575.

- Haas, C. L. (2014). Fettelimination bei der maschinellen Autotransfusion. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnmedizin, Fakultät für Medizin der Universität Regensburg.
- Habler, O., Meier, J., Pape, A. & Zwissler, B. (2004). Indikation zur Bluttransfusion bei orthopädischen Eingriffen. *Orthopäde*, 33, 774-783.
- Haemonetics Corporation (2009). SmartSuction Harmony. Dedicated Autoregulating Suction for Intraoperative Autotransfusion.
- Haemonetics Corporation (2013). RS Filter zur Entfernung von Leukozyten.
- Haemonetics Corporation (2016). telefonische Mitteilung am 18. November 2016.
- Hansen, E. (2001). Wundblutbestrahlung im Rahmen onkologischer Eingriffe – Sicher und effektiv. *Anaesthesist*, 50, 30-33.
- Hansen, E. (2006). Failed evidence of tumour cell removal from salvage blood after leucocyte depletion. *Transfusion Medicine*, 16, 213-214.
- Hansen, E. (2012). Einsatz maschineller Autotransfusion bei Patienten mit Hepatitis C oder HIV. Hämotherapie – Beiträge zur Transfusionsmedizin, 19, 61.
- Hansen, E., Kling, J. & Roth, G. (2006). Der Mythos von der Sogbegrenzung bei der maschinellen Autotransfusion. *Anäst Intensivmed*, 47, 118-122.
- Hansen, E. & Seyfried, T. (2011). Maschinelle Autotransfusion. *Anaesthesist*, 4, 381-390.
- Hébert, P. & Carson, J. (2014). Transfusion Threshold of 7g per Deciliter – The New Normal. *The New England Journal of Medicine*, 371(15), 1459-1461.
- Keller, M., (2016). Leiter Medical Devices und Transfusion, Fresenius Kabi Schweiz AG, telefonische Mitteilung am 18. November 2016.
- Kleinerüschkamp A.G., Zacharowski, K., Ettwein, C., Müller, M.M., Geisen, C., Weber, C.F. & Meybohm, P. (2016). Kostenanalyse eines Patient-Blood-Management-Konzepts. *Anaesthesist*, 65(6), 438-448.

- Ko, J., Gwak, M., Kim, G., Na, Y. & Lee, S. (2014). The Comparisons of hepatitis C virus RNA level between intraoperative blood salvage (cell saver) and systemic hepatitis C virus RNA kinetics during liver transplantation. *Transplantation Proceedings* 46(5), 1430-1431.
- Larsen, R. (2013). *Anästhesie*. (10. Aufl.). München: Elsevier GmbH.
- Löffler, D. (2013). Zeugen Jehovas im perioperativen Bereich. Diplomarbeit zur diplomierten Expertin NDS Anästhesiepflege HF. Universitätsspital Basel.
- Luzerner Kantonsspital (2015) Interne Richtlinien Transfusionsmedizin. Standort Luzern, Version 4.
- Mächler, R. & Lindegger, R. (2012). Standardisierter Kurzbeschreibung. Gammacell Blutbestrahlungsgesetz. Luzerner Kantonsspital.
- Michel, M. (2013). *Basic Hämatologie*. (3. Aufl.). München: Elsevier GmbH.
- Nestle-Krämling, C. (2002). Prophylaxe und Therapie der perioperativen Anämie. *Gynäkologie*, 35, 1185-1193.
- Psyrembel, W. (2013). *Psyrembel*. (261. Aufl.). Berlin: Walter de Gruyter GmbH & Co. KG.
- Reize, P. & Wülker, N. (2007). Fremdblutsparende Massnahmen bei orthopädischen Eingriffen. *Orthopäde*, 6, 537-543.
- Rump, G., Braun, R., Jahn, U.-R., Krakowitzky, P., Sibrowski, W. & van Aken, H. (2003). *Transfusionsmedizin. Compact*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Sachs, U. & Bux, J. (2011). Gewinnung, Herstellung und Lagerung von Blut und Blutkomponenten. In: Kiefel, V. (Hrsg.), *Transfusionsmedizin und Immunhämatologie*. (4. Auflage). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Salari, O., Barodka, V. & Hogue, C. (2014). Impaired Red Blood Cell Deformability After Transfusion of Stored Allogeneic Blood but not Autologous Salvaged Blood in Cardiac Surgery Patients. *Anesth Analg.* 118(6), 1179-1187.

Singbartl, G. & Schleinzer, W. (2006). Autologe Transfusion. Von der Euphorie zur Ratio: Praktisches Handeln aus wissenschaftlicher Erkenntnis. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*, 7-8, 448-453.

von Bodegom-Vos, L., Voorn, V., So-Osman, C., Vlieland, T., Dahan, A., Koopmann-van Gemert, A., Vehmeijer, S., Nelissen, R. & Maranga-van de Mheen, P. (2015). Cell Salvage in Hip and Knee Arthroplasty. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 97. 1021-1021.

von Goethe J. W. (1949). *Faust. Eine Tragödie*. Basel: Benno Schwabe & Co.

Vorweg, M., Muckel, G., Knüttgen, D., Schindler, A. & Doehn, M. (1998). Heparininduzierte Gerinnungsstörung durch maschinelle Autotransfusion. *Anaesthesist*, 47, 979-981.

Zhao, Y., Jiang, C., Peng, H., Feng, B., Li, Y. & Weng, X. (2016). The effectiveness and safety of preoperative use of erythropoietin in patients scheduled for total hip or knee arthroplasty. *Medicine*. 95(27), e4122.

11.2. Internetquellen

National Institute for Health and Care Excellence United Kingdom (November, 2005). Intraoperative blood cell salvage in obstetrics. [Zugriff 01.10.2016 auf <https://www.nice.org.uk/guidance/ipg144>]

Lang, J. (02.08.2005). Autolog. [Zugriff 26.11.2016 auf <http://flexikon.doccheck.com/de/Autolog>]

Luzerner Kantonsspital (2008). Ablehnung von Bluttransfusionen – Patientenverfügung „Zeugen Jehovas“. [Zugriff 06.09.2016 auf <http://luksintra.ch/dienste/patientensicherheit-zwischenfaelle/zeugen-jehovas.html>]

Wachturm. Online Bibliothek. (2000-2016). Blutfraktionen und bei Operationen verwendete Verfahren. [Zugriff 31.10.2016 auf <http://wol.jw.org/de/wol/d/r10/lp-x/1102008086#h=7:0-9:278>]

World Health Organization / Department of Nutrition for Health and Development (NHD) (2011). Haemoglobin concentrations for the diagnosis of anaemia and assessment of severity. [Zugriff 02.11.2016 auf <http://www.who.int/vmnis/indicators/haemoglobin/en>]

11.3. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Titelbild: Woraus besteht Blut? [Zugriff 31.10.2016 auf <http://www.gesuendernet.de/service-und-wissen/item/854-woraus-besteht-unser-blut.html>]

Abbildung 1: Das Prinzip der kontinuierlichen Blutaufbereitung [Zugriff 10.11.2016 auf https://www.fresenius-kabi.de/files/CATSplus_Folder.pdf]

Abbildung 2: Die Latham Glocke, Mehlhorn, B., (2005). [Zugriff 10.11.2016 auf www.uniklinikum-jena.de/MedWeb_media/Bilder/QM_Haemotherapie/Eigenblut_Fachschwesternunterricht.ppt]

Abbildung 3: Kostendiagramm allogene Transfusion, C.A.T.S. und Cell Saver5 (Sybille Gisler, 2016)

Tabelle 1: Heparin Gehalt des RTB in Abhängigkeit von Spülvolumina und Pumpgeschwindigkeit (Vorweg et al., 1998, 979)

Tabelle 2: Empfehlung für die Transfusion von Erythrozytenkonzentraten (Stefano Fontana, 2013, S. 90)

Tabelle 3: Grundlegende Haltung der Zeugen Jehovas zu Fremd- und Eigenblut (Löffler, 2013, S. 4)

Tabelle 4: Kostenanalyse Fremdbluttransfusionen und intraoperative maschinelle Autotransfusion (Sybille Gisler aus <http://www.bag.admin.ch/themen/krankenversicherung/00263/00264/04185/index.html?lang=de>; Markus Keller, persönliche Mitteilung am 16. November 2016 und Haemonetics, persönliche Mitteilung am 16. November 2016)

12. Anhang

I. Erklärung zu Diplomarbeiten

Die / der Unterzeichnende erklärt,

- dass sie/er die vorliegende Diplomarbeit selbstständig verfasst hat und dass fremde Quellen, welche in der Arbeit enthalten sind, deutlich gekennzeichnet sind.
- dass auf eine eventuelle Mithilfe Dritter in der Arbeit ausdrücklich hingewiesen wird.
- dass sie/er vorgängig bei der Prorektorin / dem Prorektor, dem Ausbildungsbetrieb (sofern dieser involviert war), sowie bei Drittpersonen, die mitgeholfen haben (z.B. beratende Personen) schriftlich die Bewilligung eingeholt, wenn:
 - Diese Arbeit bzw. Teile oder Zusammenfassungen davon veröffentlicht oder
 - Kopien dieser Arbeit zu weiteren Verbreitungen an Dritter aushändigen werden.

Ort und Datum: Luzern, 10. Dezember 2016

Vorname, Name: Sybille Gisler

Unterschrift:

II. Einwilligung zur Aufnahme einer Diplomarbeit in die Bibliothek der HFGZ und zur weiteren Verwendung

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass meine Diplomarbeit:

- in die Bibliothek der HFGZ aufgenommen wird ja nein
- auf der Homepage der HFGZ aufgeführt wird ja nein
- auf der Lernplattform der HFGZ anderen Studierenden zugänglich gemacht wird ja nein

Ort und Datum: Luzern, 10. Dezember 2016

Vorname, Name: Sybille Gisler

Titel der Diplomarbeit: Intraoperative maschinelle Autotransfusion

Unterschrift: