

Gudrun Hintereder\*

# Patient Blood Management – Labormedizinische Unterstützung und POCT

## Patient blood management – laboratory support and POCT

<https://doi.org/10.1515/labmed-2017-0097>  
Eingang 24.7.2017; Akzeptanz 8.9.2017

**Zusammenfassung:** Die Einführung von Patient Blood Management (PBM) führt zu einem Paradigmenwechsel bezüglich Erkennen und Therapie der Anämie und zeigt Maßnahmen auf um die Entstehung einer Anämie zu verhindern. PBM unterstützt den Arzt im Entscheidungs-dilemma zwischen positiver Wirkung und nachteiligen Nebenwirkungen von Bluttransfusionen. Mit PBM wird der Blutverbrauch deutlich reduziert und die Nebenwirkungen gesenkt. Nicht nur die therapeutischen Maßnahmen, sondern auch die diagnostischen PBM Maßnahmen im Labor führen zu einer relevanten Verringerung des Blutvolumens. PBM Studienergebnisse zeigen eine signifikant Reduktion der Morbidität und Mortalität und die Verbesserung des Patienten- Outcome. Ein weiterer positiver Nebeneffekt ist Schonung von Ressourcen in allen beteiligten Bereichen, welches zu einer relevanten Kostenreduktion und Steigerung der Wirtschaftlichkeit führt. Zusätzlich sensibilisiert das PBM bezüglich des Vorliegens, der Entwicklung und der Therapie einer anämischen Situation sowie den Umgang mit der kostbaren Ressource Blut. Die Bedeutung des PBM wird mittlerweile von der Industrie auch für das Labor unterstützt; für den Bereich POCT ist das PBM jedoch bisher noch nicht adäquat technisch realisiert.

**Schlüsselwörter:** Patient Blood Management (PBM); Point-of-Care Testing (POCT); Transfusionsmedizin.

**Abstract:** The implementation of PBM leads to a paradigm shift regarding detection and therapy of anaemia and presents actions to prevent anaemia. PBM supports the physician in the decision dilemma between positive effect and negative reactions of blood transfusions. The consumption of blood is reduced significantly with PBM and negative side

effects will be decreased. Not only the therapeutic procedures, but also the diagnostic PBM actions in the laboratory lead to a relevant reduction of the blood volume. PBM study results show a significant reduction of in morbidity and mortality and the improvement in the patient's outcome. Another positive side effect is a protection of resources in all participating areas, which leads to a relevant cost reduction and increased efficiency. Additionally PBM sensitize the consciousness regarding the existence, the development and the therapy of an anemic situation as well as the management of precious resource blood. The importance of the PBM is realized and supported by the industry for the laboratory; but so far still not adequately technically implemented in POCT.

**Keywords:** patient blood management (PBM); point-of-care testing (POCT); transfusion medicine.

## Einleitung

Durch die demographische Entwicklung wird sich der Umfang von Blutspendern reduzieren und der Bedarf von Blutprodukten erhöht. Die Gabe von Blut kann Leben retten, kann aber auch zu relevanten Nebenwirkungen führen [1–8]. Es konnte gezeigt werden, dass eine zunehmende Gabe von Erythrozyten-Konzentraten signifikant mit einem Anstieg von Nebenwirkungen und der Patienten-Mortalität korreliert [9]. Bezüglich der Gabe von Bluttransfusionen befindet sich der Kliniker in einem Entscheidungs-dilemma zwischen positiver Wirkung und nachteiligen Nebenwirkungen.

## Patient Blood Management

Das Patient Blood Management (PBM) ist ein Projekt zur Optimierung der Patientenbehandlung und Reduktion des Blutverlustes und zielt auf eine Steigerung der Patientensicherheit. Initiiert von der Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie der Universitätskliniken

\*Korrespondenz: Gudrun Hintereder, Universitätsklinikum Frankfurt, Zentrallabor, Theodor-Stern-Kai 7, HS 23, 01A152, 60590 Frankfurt am Main, Deutschland, E-Mail: Gudrun.Hintereder@kgu.de

Frankfurt (Direktor Prof. Zacharowski) und dem DRK- Blutspendedienst Baden-Württemberg Hessen (Direktor Prof. Seifried) basiert das PBM auf drei Säulen:

1. Diagnostik und Therapie der präoperativen Anämie
2. Rationaler Einsatz von Erythrozytenkonzentraten
3. Blutsparende Maßnahmen

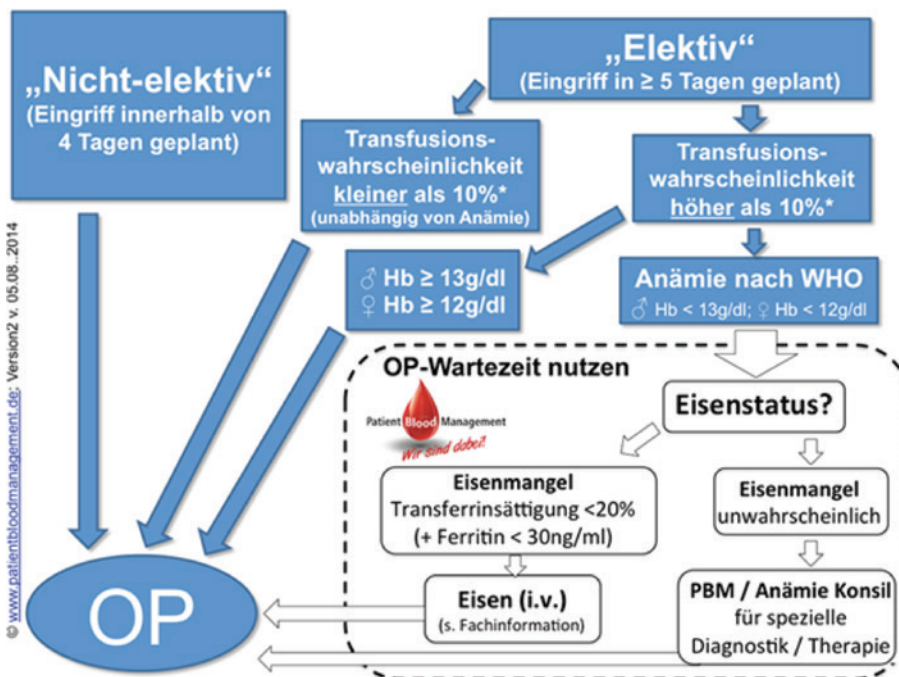
Das Ziel des PBM ist hiermit Entscheidungshilfen für eine optimale Patientenvorbereitung zu geben, die Patientenbehandlung zu unterstützen, unnötige interventionelle Maßnahmen zu verhindern; das Outcome zu verbessern und die Patientensicherheit zu steigern.

## Diagnostik und Therapie der präoperativen Anämie

Studien zeigen, dass ein Großteil der Patienten mit der Nebendiagnose einer Anämie stationär aufgenommen werden [10] und dass die 30- Tages Mortalität mit Zunahme der Anämie signifikant ansteigt.

Für eine optimale Patientenvorbereitung für elektive Eingriffe mit einem Transfusionsrisiko größer als 10 Prozent wurde ein Algorithmus entwickelt, um die präoperative Anämie frühzeitig zu erkennen und behandeln zu können.

### Algorithmus Anämie (Abbildung 1)



**Abbildung 1:** Algorithmus zur frühzeitigen Erkennung und Behandlung einer präoperativen Anämie.

(Quelle: Zacharowski K, Meybohm P, Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie Universitätskliniken Frankfurt, 2015).

## Rationaler Einsatz von Erythrozytenkonzentraten

Studien zeigen, dass der restriktive im Vergleich zum liberalen Einsatz von Erythrozyten-Konzentraten kein Unterschied bezüglich der Mortalität oder Morbidität 30 oder 60 Tage von hoch Risiko Patienten nach Hüftoperationen verursachte [11].

Auf Basis dieser Erkenntnisse wurden Querschnitts-Leitlinien der Bundesärztekammer (BÄK) zur Therapie mit

Blutkomponenten und Plasmaderivaten aktualisiert und die Indikation zur Gabe von Erythrozytenkonzentraten bei akuter Anämie neu formuliert [12]. Die Indikation für eine Erythrozytentransfusion muss immer streng individuell bewertet werden, besonders bei Hämoglobinergebnissen zwischen 6 und 8 g/dL. Für Hämoglobinergebnisse größer 8 g/dL ist das Nutzen-Risiko-Verhältnis der Transfusion unklar, sodass der Empfehlungsgrad als sehr schwach bewertet ist. Bei Hämoglobinergebnissen kleiner als 6 g/dL überwiegt der Nutzen sehr wahrscheinlich dem

Risiko, sodass eine Transfusionsindikation meist gegeben ist.

## Fremdblutsparende Maßnahmen

Zur Vermeidung eines unnötigen Blutverlustes werden fremdblutsparende Maßnahmen eingesetzt, wie zum Beispiel der Einsatz von Cell-Savern zu Reduktion des Blutverlustes im OP und auf Station, ein Wärme- und Gerinnungsmanagement sowie sehr restriktive und streng indikationsbezogene Blutentnahmen.

Werden Transfusionen notwendig, wird im Rahmen des PBM auf die Gabe einer adäquaten Anzahl von Blutkomponenten geachtet. Eine zurückhaltende Gabe von Blutkomponenten ist auch für das Patientenkollektiv von Vorteil, das ohnehin problematisch in Bezug auf Blutkomponenten ist, z.B. aufgrund von Beispiel irregulären Antikörpern, seltene Blutgruppen Antigene etc., sodass auch hierdurch die Bedeutung des PBM erhöht wird.

## PBM Unterstützung von der Labormedizin

Seit vielen Jahren ist bekannt, dass für die Laboranalytik deutlich mehr Blut abgenommen wird, als notwendig und dass unnötig viel Blut verworfen wird [13–24].

Diagnostische Blutabnahmen und interventionelle Blutverluste tragen ganz wesentlich zur Entwicklung einer (iatrogenen) Anämie von Patienten bei [25–29]. Im Krankenhaus erworbene Anämien beeinflussen den Krankheitsverlauf negativ [26, 28]; dieses ist bei Patienten mit geringem Körpergewicht besonders ausgeprägt und nimmt mit der Schwere der Erkrankung zu [27, 28, 30, 31]. Obwohl Laboruntersuchungen nur durchgeführt werden sollten, wenn das Ergebnis zur Ableitung therapeutischer Konsequenzen führt, wird immer noch routinemäßig unnötig viel Laboranalytik angefordert [32]. Darüber hinaus kann über eine Reduktion von Blutentnahmen und Laboranalytik Kosten eingespart werden [26].

Für die engmaschige Verlaufskontrolle von Intensivpatienten (ICU)- Patienten wird täglich sehr häufig und unnötig viel Blut abgenommen von denen ein Großteil sofort verworfen wird [33]. Nach Aufnahme auf eine ICU ist hierdurch eine Anämie nahezu garantiert. Sehr häufig wird für diese Verlaufskontrolle Patientennahe

Sofortanalytik (POCT) eingesetzt, sodass das PBM gerade für diese Patienten relevant ist und daher für POCT deutlich mehr Beachtung finden muss.

## PBM – operative Umsetzung im Labor

Die Umsetzung von patient blood management Maßnahmen von Seiten des Zentrallabors ist vorausschauend zu planen, da die Umstellung von Prozessen im Rahmen der Blutentnahme vielseitige Effekte hat. Betroffen sind die Auftragsvorbereitung und die Blutentnahmen am Patienten, der Probentransport, technische und analytische Laborprozesse bis zur Entsorgung infektiösen Abfalls [34].

### PBM Umsetzungsschritte

1. Prozess und Bedarfsanalyse
2. Umsetzungsstrategie
3. Test mit ausgesuchten Einsendern
4. Change- Management und Reklamationsmanagement

Die operative Umsetzung beginnt mit einer Probenmaterialbezogenen Prozessanalyse, d. h. welche Parameter werden aus identischem Probenmaterial durchgeführt, wieviel Mindestprobenmenge pro Einzelbestimmung und Totvolumen ist erforderlich, zeitliche Aspekte für die Analyse (STAT oder TAT Parameter), Probenfluss im Labor und Möglichkeiten dessen sinnvolle Veränderung. Es muss sichergestellt sein, dass das reduzierte Blutvolumen für die angeforderte Analytik und gegebenenfalls notwendige Wiederholungsmessungen ausreicht.

Für die Aufrechterhaltung bestehender automatisierter Probenprozesse ist die Außengeometrie des Entnahmegefäßes von großer Bedeutung. Veränderte Entnahmesysteme müssen in den vorhandenen Laborgeräten reibungslos prozessiert werden können. Andere Außenmaße erfordern gegebenenfalls eine Anpassung von Geräten und Automatisationsanlagen.

Vor einer generellen Umstellung auf neue Entnahmeröhrchen muss im Labor eine organisatorische und technische Überprüfung des Probeflusses erfolgen. Mit ausgesuchten repräsentativen Einsendern erfolgt die Überprüfung der Handhabung des Entnahmegefäßes. Nach erfolgreichem Test sind für eine generelle Umstellung alle Einsender zu informieren.

Im Rahmen einer Umstellung von Blutentnahmegefäßen sind viele unterschiedliche Fachdisziplinen beteiligt. Um schnell auf entstehende Prozessprobleme und damit kritische Erfolgsfaktoren reagieren zu können ist ein gut

durchdachtes und zuverlässiges Change-Management, ein ausgereiftes Qualitätsmanagement mit einem kontinuierlichen Informationsfluss sowie ein zeitnahes effektives Reklamationswesen erforderlich. Eine direkte offene Kommunikation mit eindeutig benannten Ansprechpartnern im Labor reduzieren Schnittstellenprobleme oder Kommunikationsbarrieren und sind Garant für eine erfolgreiche Projektumsetzung [35].

## PBM Aktivitäten im Labor

1. Konsolidierung und Automatisierung
2. Zentralisierung und Prozessoptimierung
3. Zentralisierung dezentralisierter Laboratorien
4. Streng Indikationsbezogene Profilreduktion
5. Einführung der elektronischen Nachforderung
6. Optimierung Anämie Diagnostik [24, 36]
7. Volumenreduktion von Entnahmegefäßen

## Konsolidierung und Reduktion von Laboranalytik

Es ist bekannt, dass positive PBM Effekte im Rahmen eines Laborauftrags bei der Auftragserstellung erreicht werden, sofern die Auftragserstellung streng Indikationsbezogen erfolgt, d.h. ausschließlich für die medizinische Fragestellung notwendige Laborparameter angefordert werden. Die Anwendung von Anforderungsalgorithmen unterstützt eine sinnvolle Stufenanalytik. Dieses ermöglicht eine maximale Ausnutzung des abgenommenen Probevolumens [24, 36]. Die Umsetzung dieser strengen Indikationsbezogenen Anforderung und einer rationellen Stufenanalytik ist im POCT nicht einfach realisierbar.

Konsolidierung, Zentralisierung und die regelmäßige Diskussion der Laborprofile mit den Einsendern führt zu einer Reduktion der Parameteranzahl und des notwendigen Blutvolumens [35].

## Auftragsumfang pro Probe – Ergebnis der Profilreduktion (Tabelle 1)

**Tabelle 1:** Anzahl von erstellten Einzelbefunden pro Auftrag und pro Probe in dem Beobachtungszeitraum.

Anzahl	2011	2012	2013	2014	2015	Diff.Vj.
Aufträge pro Tag	1.085	1.121	1.179	1.181	1.297	9,82%
Reported Results pro Tag	17.939	16.926	15.761	15.225	14.562	-4,35%
Probenanzahl pro Tag	2.503	2.544	2.639	2.689	2.958	10,00%
Rep. results pro Auftrag	16,53	15,1	13,37	12,89	11,23	-12,91%
Rep. results pro Probe <sup>a</sup>	7,17	6,65	5,97	5,66	4,92	-13,05%

Der Anstieg in Aufträge und Probenanzahl pro Tag ergibt sich aus einer Fallzahlsteigerung. <sup>a</sup>Die Anzahl der reported results pro Probe ist eine berechnete Größe, die sich durch die Division der Anzahl aller reported results pro Tag durch die Anzahl aller Aufträge pro Tag ergibt. Hierbei werden die unterschiedlichen Probematerialien und deren tatsächliche Anzahl der reported results nicht berücksichtigt, sodass sich ein systematischer Fehler ergibt (EDTA Probe hat durchschnittlich einen Auftrag; die Citrat Probe zwei bis drei Aufträge; die Serumprobe deutlich mehr) – durch den konstanten systematischen Fehler ist das Ergebnis vergleichbar [35]. Eine elektronische Prozesssteuerung und Automatisierung erleichtert die Auftragserstellung, den Probenprozess, die Bearbeitung von Nachforderungen sowie die Blutreduktion in Entnahmegefäßen.

## Anstieg von Nachforderungen

Durch die Verringerung der Parameteranzahl im Auftrag kann das für die Analytik notwendige Blutvolumen reduziert werden. Damit kann entweder differenziertere

Analytik aus einer Probe erbracht oder die Größe der Entnahmegefäße verringert werden. Die Möglichkeit zur unmittelbaren Nachforderung von Laborparametern verhindert eine unnötige Blutverschwendung durch eine zusätzliche Zweitabnahme.

## Nachforderungen im Beobachtungszeitraum (Tabelle 2)

**Tabelle 2:** Prozentualer Anteil an Nachforderungen pro Tag in Bezug auf die Gesamtanzahl eingehender Aufträge.

Beobachtungszeitraum	22.03.2011– 16.04.2011	06.03.2012– 31.03.2012	26.02.2013– 23.03.2013	26.02.2014– 23.03.2014	26.02.2015– 23.03.2015
∅ Aufträge/Tag	1.096	1.121	1.188	1.181	1.297
∅ Nachforderung/Tag	45	45	55	70 (+20%)	75 (+7%)
% NF/Tag	4,18%	4,15%	4,65%	5,93%	5,78%

Die Anzahl der Nachforderung erhöht sich aufgrund der Indikations-bezogenen Profildiskussion. NF, Nachforderungen [35].

## Unabhängige optimierende Maßnahmen

Unabhängige optimierende Maßnahmen zur Differentialdiagnose einer Anämie sind die Anpassung der Differentialblutbild- Referenzbereiche an die wissenschaftlichen Erkenntnisse und die Einführung von Diagnose- Algorithmen wie z. B. der Thomas-Plot [37, 38].

## Kostenreduktion Laboranalytik

Bei einer verbesserter Struktur-, Prozess- und Ergebnisqualität entsteht insgesamt eine Prozess erleichterung für alle Beteiligten mit einer Reduktion von Personal- und Materialaufwand.

### Interne KH-Gesamtleistungen und erbrachte Laborleistungen (Tabelle 3)

**Tabelle 3:** Effekte der Profilreduktion.

		2011	2012	2013	2014
CMI		1,56	1,564	1,537	1,52
DRG <sup>a</sup>	rep. res. pro~	141	128	119	114
	GOÄ Pkte pro~	9.926	9.084	8.600	8.173
	GesK pro~	104,99 €	100,47 €	100,34 €	98,71 €
CM	rep. res. pro~	90	84	78	75
	GOÄ Pkte pro~	6.367	5.938	5.596	5.399
	GesK pro~	67,34 €	65,68 €	65,29 €	65,21 €
BT	rep. res. pro~	21	19	18	17
	GOÄ Pkte pro~	1.454	1.359	1.311	1.249
	GesK pro~	14,45 €	15,03 €	15,30 €	15,09 €

Laborleistungen in einem Krankenhaus mit 1300 Betten. KH-Leistungen als DRG-Fälle, CM Punkte und Behandlungstage in Bezug auf die Laborleistungen (ohne POCT), ausgedrückt in der Anzahl der erstellten Befunde, der GOÄ Punkte und der angefallenen Laborkosten. <sup>a</sup>DRG Daten inklusive Überlieger und exklusive Leistungen für Psychiatrie, Ambulanzen und PKV Versicherte. CMI, Case Mix Index; CM, Case Mix; BT, Behandlungstag; rep. res., reported results; GesK, Gesamtkosten [35].

## Einsparung Blut durch Volumenreduktion von Entnahmegefäßen

Technische und analytische Prozessaspekte stehen bei einem Wechsel auf Blutentnahmesystemen mit reduziertem Volumen im Labor im Vordergrund. Intelligente Laborinformationssysteme und eine Automatisierung von Laborgeräten mit kontinuierlich geringerem Proben- und Reagenzbedarf unterstützen die Optimierung der Prozesse und die Reduktion des benötigten Blutvolumens.

Blutbild, Differentialblutbild, Retikulozyten, der Ausstrich für die visuelle Differenzierung, Immunsuppressiva sowie HbA<sub>1c</sub> werden zum Beispiel aus EDTA-Plasma bestimmt. Die beschriebene Reihenfolge entspricht hierbei der Dringlichkeit der Untersuchung. Kann diese Analytik nicht in einen Arbeitsplatz

zusammengelegt werden ist somit die Reihenfolge der Bearbeitung definiert. Moderne Analysengeräte vorausgesetzt, können alle Bestimmungen aus einem vollständig gefüllten 1,6 mL EDTA- Blutentnahmeröhrchen durchgeführt werden, statt aus einem 2,7 mL Entnahmegefäß. Hiermit kann pro Entnahme 1,1 mL Blut eingespart werden. Für viele Wiederholungsmessungen reicht das Probematerial jedoch ggf. nicht aus, sodass die Einsparungsgrenze des Probevolumens erreicht ist. Ein Vergleich mit den Vorwerten reduziert die Anzahl notwendiger Wiederholungen.

Der Einsatz von Blutentnahmeröhrchen mit reduziertem Volumen ist auch im Serum-Arbeitsbereich (2,6 mL statt 4,7 mL), in der Gerinnung (1,8 mL statt 3,0 mL) und an anderen Arbeitsbereichen im Labor sowie in der Patientennahen Sofortanalytik (POCT) umsetzbar.

## Effekte durch Volumenreduktion der Blutentnahmegefäße (Tabelle 4)

**Tabelle 4:** Effekte pro Jahr durch die Reduktion der Blutvolumina in den Blutentnahmegefäßen in einem Krankenhaus mit 1.300 Betten.

Maßnahme	Umstellung, mL	Volumenreduktion	BE pro Jahr	Einsparung/Jahr (Blutvolumen pro Jahr)	Volumeneffekt/Jahr (als EKÄ)
Gr. Serum + gr. EDTA	9,0→7,5	∅ ~ 1,5 mL	82.000	ca. 122 L Blut	545 EKÄ
EDTA	2,7→1,6	-1,1 mL	280.000	ca. 300 L Blut	1.366 EKÄ
Abschaffung BSG	3,0→0,0	-3,0 mL	31.000	ca. 93 L Blut	423 EKÄ
NaCi	3,0→1,8	-1,2 mL	250.000	ca. 300 L Blut	1.366 EKÄ
Gesamteffekt			643.000	815 L Blut/Jahr	3.700 EKÄ

Darstellung als Einsparung von Blutvolumen in der Entnahme und als Erythrozyten-Konzentrat-Äquivalente (EKÄ) pro Jahr. Ein EKÄ enthält ca. 220 mL Vollblut (Quelle: eigene Berechnung).

## Effekte der PBM Aktivitäten durch Maßnahmen im Labor

Die Zentralisierung dezentraler Analytik ermöglicht die größte und einfachste Blut-Einsparung, da auf ein komplettes Entnahmegefäß verzichtet werden kann. Eine Konsolidierung von Parametern auf eine Geräteplattform hat durch den Wegfall des zusätzlichen Totvolumens Einspareffekte. Aufgrund der hohen Anzahl

von Blutentnahmen in einem Krankenhaus hat auch die Volumenreduktion der Entnahmegefäße relevante Effekte. Durch eine erleichterte elektronische Nachforderung von Parametern fällt eine Zweitabnahme weg. Da für die Analytik meist nur noch geringe Blutvolumina notwendig sind, hat die Reduktion von Einzelparametern in Profilen den geringsten Effekt, ermöglicht aber eine bessere Ausnutzung vorhandenen Blutvolumens für andere Diagnostik.

## PBM Aktivitäten Effekte der durch Maßnahmen im Labor (Tabelle 5)

**Tabelle 5:** Gesamteffekt der bisher umgesetzten PBM Aktivitäten pro Jahr.

Maßnahme	Einsparung/Jahr (Blutvolumen pro Jahr)	Volumeneffekt/Jahr (als EKÄ)
Konsolidierung + Automatisierung	ca. 675 L Blut	3.070 EKÄ
Zentralisierung + Prozessoptimierung	ca. 815 L Blut	3.700 EKÄ
Einführung der elektronischen Nachforderung	ca. 88 L Blut <sup>a</sup>	396 EKÄ <sup>a</sup>
Streng Indikationsbezogene Laborprofil-Reduktion	ca. 30 L Blut	136 EKÄ
Reduktion Blutvolumen bei der Entnahme (Tabelle 4)	815 L Blut	3.700 EKÄ
Gesamteffekt	2.343 L Blut/Jahr	10.998 EKÄ

Seit der Einführung der unterschiedliche PBM Maßnahmen im Labor wurden den Patienten in Krankenhaus in 2014 bisher 2.343 L weniger Blut entnommen (BE), welches 11.000 Erythrozyten-Konzentrat-Äquivalenten pro Jahr entspricht. Darstellung als Einsparung von Blutvolumen in der Entnahme und als Erythrozyten-Konzentrat-Äquivalente (EKÄ) pro Jahr. Ein EKÄ enthält ca. 220 mL Vollblut. <sup>a</sup>Unter der vorsichtigen Annahme, dass 15% der Nachforderungen aus einer neuen BE erfolgten (Quelle: eigene Berechnung).

Limitierender Faktor für eine Einsparung von Patientenblut ist die Gesamtanzahl angeforderter Untersuchungen pro Probematerial. Da die Menge des Probematerials im Entnahmegefäß u. a. abhängig von der Zellzahl ist, ist durch eine elektronische Steuerung nur eine Annäherung für das, für die gewünschte Anforderung notwendige Blutvolumen möglich. Eine selektive und dynamische Priorisierung von Anforderungen über das Laboranforderungssystem ist hierfür ideal; bisher jedoch nicht mit allen Laboranforderungs- oder -informationssystemen

umsetzbar und erfordert eine hohe Disziplin in der Auftragsvorbereitung.

Durch die PBM Maßnahmen im Zentrallabor wird den Krankenhauspatienten insgesamt 2.343 L weniger Blut pro Jahr entnommen, welches 11.000 Erythrozyten-Konzentrat-Äquivalenten entspricht.

Die effektivste und effizienteste Maßnahme ist die Zentralisierung und analytische Konsolidierung von Laborleistungen, da hiermit auf komplette Entnahmegefäße verzichtet werden kann.

## Weitere mögliche PBM Maßnahmen (Tabelle 6)

**Tabelle 6:** Bisher noch nicht realisierte weitere mögliche Maßnahmen pro Jahr.

Maßnahme	Umstellung, mL	Volumenreduktion	BE/Jahr	Einsparung/Jahr (Blutvolumen pro Jahr)	Volumeneffekt/ Jahr (als EKÄ)
BGA Spritze	2,0→0,5	Ø ~ 1,5 mL	360.000	ca. 540 L Blut	1.640 EKÄ
NaFL	2,7→1,6	-1,1 mL	13.500	ca. 14 L Blut	67 EKÄ
Serum	4,7→2,6	-2,1 mL	100.000	ca. 210 L Blut	955 EKÄ
Gesamteffekt				764 L Blut/Jahr	2.662 EKÄ
Weitere Zentralisierung von Laborleistungen				Je nach Umfang der Analytik	
Reduktion BE Verlaufskontrollen pro Tag [13]				Je nach Häufigkeit der BE	

Ein sehr Großer Effekt ist durch eine Reduktion des Entnahmevolumens in der Blutgasanalytik (BGA) zu erwarten, bedingt durch die hohe Anzahl an Blutgasuntersuchungen. Diese Reduktion ist besonders relevant, da die größte Anzahl der BGA bei Intensivstation- Patienten durchgeführt wird und somit einen direkten Effekt auf das Patienten- Outcome hat. Ist eine Reduktion der Blutentnahmen (BE) für Verlaufskontrollen möglich gibt es weitere PBM Effekte. Der größte Effekt wird durch eine Zentralisierung oder Zusammenlegung fachfremder Leistungen erzielt. Darstellung als Einsparung von Blutvolumen in der Entnahme und als Erythrozyten- Konzentrat- Äquivalente (EKÄ) pro Jahr. Ein EKÄ enthält ca. 220 mL Vollblut (Quelle: eigene Berechnung).

## Prozessvorteil durch PBM

Durch das PBM wird nicht nur das Blutentnahmevolumen reduziert, sondern auch der notwendige Personal- und Materialaufwand. Die Auftragsvorbereitung wird optimiert, die Anzahl der Entnahmegefäße reduziert, die Zeit für die Blutentnahme verkürzt und die Probenanzahl für den Transport reduziert. Im Labor kommt es aufgrund des Rückgangs von Anforderung zu einer Reduktion von Sachkosten. Da weniger Analytik aus einer Probe erfolgt, kann das noch vorhandene Probevolumen mit einer differenzierteren Analytik besser ausgenutzt werden. Durch eine vollständige Prozessautomatisation kommt es zu keinem höheren Aufwand im Rahmen ansteigender Nachforderungen. Wird auf einzelne Entnahmegefäße komplett verzichtet, werden die gesamten Prozesskosten stärker gesenkt. Abfallkosten werden durch das geringere Entsorgungsgewicht und -volumen reduziert.

Durch die Senkung der Anforderungsanzahl entsteht ein Fixkostenprogressionseffekt im Labor, der durch eine Konsolidierung und Zentralisierung dezentral erbrachter Laborleistungen kompensiert werden kann.

Eine Prozessautomatisation und elektronische Prozesssteuerung unterstützt das Ziel, das in das Labor einzuschickende und für die Analytik notwendige Blutvolumen so gering wie möglich zu halten.

Die oben beschriebenen Ergebnisse zeigen, dass das Labor das PBM relevant unterstützt; auch aus der Laborspektive ist das PBM ein sehr sinnvolles Projekt. Ein

weiterer positiver Effekt ist die vielseitige interdisziplinäre Zusammenarbeit, mit den unterschiedlichen Fach- und Arbeitsbereichen; von dem Pflegedienst, dem ärztlichen Dienst, dem Transportdienst, Einkauf und Materialwirtschaft, der Entsorgung und der Verwaltung bis zu den Geräteherstellern, Geräteanbietern und den Produzenten der Entnahmegefäße.

Eine Unterstützung des PBM von Seiten des Labors ist sehr einfach möglich; die Umsetzung bedarf einer vorausschauenden Organisation, Kommunikation und Veränderungsbereitschaft. Da mit dem PBM nicht nur alle interagierenden und kooperierende Prozesse, sondern vor allem die Patientensicherheit und das Patienten-Outcome verbessert wird, realisiert dieses Projekt eine win- win Situation für alle Beteiligten.

## Steigerung der Patientensicherheit durch PBM im Krankenhaus

Neueste Studienergebnisse zeigen, dass mit dem Einsatz von patient blood management im Krankenhaus nicht nur die Rate an akutem Nierenversagen bei Krankenhauspatienten um 30% reduziert werden kann [39], sondern auch ein Rückgang der Krankenhaussterblichkeit um 28%, der durchschnittlichen Krankenhausaufenthaltsdauer um 15%, der Krankenhausinfektionen um 21% sowie ein Rückgang von Herzinfarkt und Schlaganfällen um 31% erreichbar ist [40].

## PBM und POCT

Die PBM Erfahrung aus dem Zentrallabor zeigt, dass die effektivste und effizienteste Maßnahme die analytische Konsolidierung und Zentralisierung von Laborleistungen ist. Durch eine Konsolidierung der Analytik auf möglichst wenige Geräte oder Geräteeinheiten wird ein häufiges Probensplitting oder sogar die Abnahme zusätzlicher Entnahmegefäße vermieden. Die Anzahl unterschiedlicher Arbeitsplätze und somit der Personalbedarf und -einsatz werden reduziert und der Workflow und die Kosten optimiert; Bearbeitungszeiten werden verkürzt. Mit der deutlich verbesserten Struktur und Prozessqualität wird bei gleichbleibender Ergebnisqualität auf eine Abnahme zusätzlicher Blutröhrchen verzichtet. Diese Effekte sollten auch für POCT genutzt werden.

Im Zentrallabor unterstützt eine Prozessautomatisierung und elektronische Prozesssteuerung das Ziel, das für die Blutentnahmen und Analytik notwendige Blutvolumen so gering wie möglich zu halten – dieses wird für POCT bisher nicht ausreichend unterstützt.

Obwohl die Patientennahe Sofortanalytik (POCT) einen sehr hohen Stellenwert für die Diagnostik und sehr schnelle Therapieableitung hat, wird von den Geräteherstellern das PBM in diesem Bereich noch nicht ausreichend berücksichtigt. Der analytische Blutverbrauch wurde zwar teilweise etwas reduziert; eine selektive Parameterwahl oder die Reduktion von Blutvolumina bei notwendigen automatisierbaren Entnahmegefäße jedoch noch nicht, sodass mit POCT noch sehr viel Blut von schwerstkranken Patienten unnötig abgenommen und verworfen wird.

Die POCT Geräte- und Testhersteller sind dringend zu einer intensiven Beteiligung im patient blood management aufgefordert, d.h. ein umfassendes PBM unter Einbezug der Gerätebezogenen Entnahmegefäße zu etablieren.

**Autorenbeteiligung:** Die Autorin trägt Verantwortung für den gesamten Inhalt dieses Artikels und stimmt der Einreichung des Manuskripts zu.

**Forschungsförderung:** Keine.

**Interessenkonflikt:** Die Autorin erklärt, dass keine wirtschaftlichen oder persönlichen Interessenkonflikte bestehen.

## Literatur

1. Klein HG, Spahn DR, Carson JL. Red blood cell transfusion in clinical practice. *Lancet* 2007;370:415–26.

2. Ranucci M, Baryshnikova E, Castelvechchio S, Pelissero G. Major bleeding, transfusions, and anemia: the deadly triad of cardiac surgery. *Ann Thorac Surg* 2013;96:478–85.
3. Hebert PC, Wells G, Blajchman MA, Marshall J, Martin C, Pagliarello G, et al. A multicenter, randomized, controlled clinical trial of transfusion requirements in critical care. Transfusion Requirements in Critical Care Investigators, Canadian Critical Care Trials Group. *N Engl J Med* 1999;340:409–17.
4. Spahn DR, Vladimir C, Timothy JC, Jaques D, Fernández-Mondéjar E, Gordini G, et al. Management of bleeding following major trauma: a European guideline. *Critical Care* 2007;11:R17.
5. Lackritz EM, Campbell CC, Ruebush TK, Hightower AW, Wakube A, Steketee RW, et al. Effect of blood transfusion on survival among children in a Kenyan hospital. *Lancet* 1992;340:524–8.
6. Meremikwu M, Smith HJ. Blood transfusion for treating malarial anemia. *Cochrane Database Syst Rev* 2000;CD001475.
7. Holzer BR, Egger M, Teuscher T, Koch S, Mboya DM, Smith GD. Childhood anemia in Africa: to transfuse or not transfuse? *Acta Trop* 1993;55:47–51.
8. Wu WC, Smith TS, Henderson WG, Eaton CB, Poses RM, Uttley G, et al. Operative blood loss, blood transfusion, and 30-day mortality in older patients after major non-cardiac surgery. *Ann Surg* 2010;252:11–7.
9. Ferraris VA, Davenport DL, Saha SP, Austin PC, Zischenberger JB. Surgical outcomes an transfusion of minimal amounts of blood in the operating room. *Arch Surg* 2012;147:49–55.
10. Mussallam KM, Tamim HM, Richards T, Spahn DR, Habbal A, Khreiss H, et al. Preoperative anaemia and postoperative outcomes in non- cardiac surgery: a retrospective cohort study. *Lancet* 2011;378:1396–407.
11. Carson JL, Trerin ML, Sanders DW, Chaitman BR, Rhoads GG, Nemo G, et al. Liberal or restrictive transfusion in high-risk patients after hip surgery. *N Engl J Med* 2011;365:2453–62.
12. BÄK, Querschnitts-Leitlinien der Bundesärztekammer (BÄK) zur Therapie mit Blutkomponenten und Plasmaderivaten, 4. Überarbeitete und aktualisierte Aufl. 2014;1–137.
13. Smoller BR, Kruskall MS. Phlebotomy for diagnostic laboratory tests in adults. Pattern of use and effect on transfusion requirements. *N Engl J Med* 1985;314:1233–5.
14. Corvvin HL, Parsonnet KC, Gettinger A. RBC transfusion in the ICU. Is there a reason? *Chest* 1995;108;314:1233–5.
15. Krafte-Jacobs B. Anemia of critical illness and erythropoietin deficiency. *Intensive Care Med* 1997;23:137–8.
16. Mukhopadhyay A, Hwee SY, Yip HS, Prabhswamy D, Yiong HC, Phua J, et al. The use of a blood conservation device to reduce red blood cell transfusion requirements: a before and after study. *Crit Care* 2010;14:R7.
17. Salisbury AC, Amin AP, Reid KJ, Wang TY, Masoudi FA, Chan PS, et al. Hospital-acquired anemia and in-hospital mortality in patients with acute myocardial infarction. *Am Heart J* 2011;162:300–9.
18. Koch CG, Li L, Sun Z, Hixson ED, Tang A, Phillips SC, et al. Hospital-acquired anemia: prevalence, outcomes, and healthcare implications. *J Hosp Med* 2013;8:506–12.
19. Nguyen BV, Bota DP, Mélot C, Vincent JL. Time course of hemoglobin concentrations in nonbleeding intensive care unit patients. *Crit Care Med* 2003;31:406–10.
20. Napolitano LM. Scope of the problem: epidemiology of anemia and use of blood transfusions in critical care. *Crit Care* 2004;8(Suppl 2):1–8.



21. Shander A. Anemia in the critically ill. *Crit Care Clin* 2004;20:159–78.
22. Chant C, Wilson G, Friedrich JO. Anemia, transfusion and phlebotomy practices in critically ill patients with prolonged ICU length of stay: a cohort study. *Crit Care* 2006;10:R140.
23. Shaffer C. Diagnostic blood loss in mechanically ventilated patients. *Heart Lung* 2007;36:217–22.
24. Sanchez-Giron F, Alvarez-Mora F. Reduction of blood loss from laboratory testing in hospitalized adult patients using small-volume (pediatric) tubes. *Arch Pathol Lab Med* 2008;132:1916–9.
25. Choi JS, Kim YA, Kang YU, Kim CS, Bae EH, Ma SK, et al. Clinical impact of hospital-acquired anemia in association with acute kidney injury and chronic kidney disease in patients with acute myocardial infarction. *PLoS One* 2013;8:e75583.
26. Dolman HS, Evans K, Zimmerman LH, Lavery T, Baylor AE, Wilson RF, et al. Impact of minimizing diagnostic blood loss in the critically ill. *Surgery* 2015;158:1083–7; discussion 7–8.
27. Salisbury AC, Amin AP, Reid KJ, Wang TY, Alexander KP, Chan PS, et al. Red blood cell indices and development of hospital-acquired anemia during acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 2012;109:1104–10.
28. Salisbury AC, Reid KJ, Amin AP, Spertus JA, Kosiborod M. Variation in the incidence of hospital-acquired anemia during hospitalization with acute myocardial infarction (data from 57 US hospitals). *Am J Cardiol* 2014;113:1130–6.
29. van der Bom JG, Cannegieter SC. Hospital-acquired anemia: the contribution of diagnostic blood loss. *J Thromb Haemost* 2015;13:1157–9.
30. Thavendiranathan P, Bagai A, Ebidia A, Detsky AS, Choudhry NK. Do blood tests cause anemia in hospitalized patients? The effect of diagnostic phlebotomy on hemoglobin and hematocrit levels. *J GenIntern Med* 2005;20:520–4.
31. Madsen LP, Rasmussen MK, Bjerregaard LL, Nohr SB, Ebbesen F. Impact of blood sampling in very preterm infants. *Scand J Clin Lab Invest* 2000;60:125–32.
32. Sood R, Sood A, Ghosh AK. Non-evidence-based variables affecting physicians' test-ordering tendencies: a systematic review. *Neth J Med* 2007;65:167–77.
33. Koch CG, Reineks EZ, Tang AS, Hixon ED, Phillips S, Sabik JF, et al. Contemporary bloodletting in cardiac surgical care. *Ann Thorac Surg* 2015;99:779–84.
34. Wissner D, Van Ackern K, Knoll E, Wissner H, Bertsch T. Blood loss from laboratory tests. *Clin Chem* 2003;49:10:1651–5.
35. Hintereder G. Jahresbericht Zentrallabor 2014;S.66:92–8.
36. Weber CF, Zacharowski K. Perioperative point of care coagulation testing. *Dtsch Arztebl Int* 2012;109:369–75.
37. Thomas L, Thomas C, Heimpel H. Neue Parameter zur Diagnostik von Eisenmangelzuständen. *DÄ* 2005;102:A580–6.
38. Nebe CT. Multizentrische Ermittlung von Referenzbereichen für Parameter des roten Blutbildes. *J Lab Med* 2011;35:3–28.
39. Meybohm P, Herrmann E, Steinbicker A, Wittmann M, Gruenewald M, Fischer D, et al. Patient blood management is associated with a substantial reduction of red blood cell utilization and safe for patient's outcome: a prospective, multicenter cohort study with a noninferiority design. *Ann Surg* 2016;264:203–11.
40. Leahy MF, Hofmann A, Towler S, Trentino KM, Burrows SA, Swain SG, et al. Improved outcomes and reduced costs associated with a health-system-wide patient blood management program: a retrospective observational study in four major adult tertiary care hospitals. *Transfusion* 2017;57:1347–58.