

Patient Blood Management: Herausforderungen und Lösungsansätze der Blutgesundheit

Zusammenfassung

Anämien zählen zu den häufigsten globalen Gesundheitsproblemen. Betrachtet man zusätzlich verwandte Blutgesundheitsstörungen wie Blutverlust und Gerinnungsstörungen, so ergibt sich ein noch größeres Bild: Nach aktuellen Schätzungen sind weltweit mehr als 3 Milliarden Menschen betroffen. Besonders im perioperativen Setting sind Patienten mit Anämie einem höheren Bedarf an Bluttransfusionen und erhöhten Risiko für postoperative Komplikationen ausgesetzt. Das Konzept des Patient Blood Management (PBM) befasst sich mit diesen Aspekten und bietet Behandlungsmaßnahmen, um wertvolle Ressourcen zu schonen und die Patientensicherheit zu erhöhen. PBM ist ein multidisziplinärer, patientenzentrierter Ansatz zur Optimierung der Blutgesundheit und basiert auf drei Säulen: (1) (präoperatives) Anämie-Management, (2) Minimierung von Blutverlusten und (3) rationaler Einsatz von Blutprodukten. Da die Ursachen von Anämie jedoch multifaktoriell sind, sollte über eine Erweiterung des aktuell bestehenden Behandlungskonzepts, welches sich überwiegend auf die alleinige Substitution eines Eisenmangels fokussiert, dringend nachgedacht werden. Ein intersektorales und interdisziplinäres Vorgehen – insbesondere die Einbindung der hausärztlichen Versorgung – ist essenziell, um die Patientensicherheit, Versorgungsqualität und Ressourceneffizienz nachhaltig zu steigern.

Patient Blood Management: Challenges and Approaches to Blood Health

K. Zacharowski¹ · S. Choorapoikayil¹ · P. Meybohm² · D. Mehic¹

► **Zitierweise:** Zacharowski K, Choorapoikayil S, Meybohm P, Mehic D: Patient Blood Management: Herausforderungen und Lösungsansätze der Blutgesundheit. Anästh Intensivmed 2025;66:236–241. DOI: 10.19224/ai2025.236

Summary

Anaemia is among the most common global health problems. When taking into account related blood health disorders such as blood loss and coagulopathies, the picture becomes even broader: According to recent estimates, more than 3 billion people worldwide are affected. Particularly in perioperative settings, patients with anaemia face a greater need for blood transfusions and increased risk of postoperative complications. The concept of Patient Blood Management (PBM) addresses these issues by providing therapeutic measures aimed at preserving valuable resources and enhancing patient safety. PBM is a multidisciplinary, patient-centred approach to optimizing blood health and rests upon three pillars: (1) (preoperative) anaemia management, (2) minimization of blood loss, and (3) rational use of blood products. Since anaemia has multifactorial causes, it is essential to consider expanding the existing treatment paradigm, which predominantly focus on iron deficiency therapy alone. An intersectoral and interdisciplinary approach – particularly involving primary care providers – is crucial to sustainably enhancing patient safety, quality of care, and resource efficiency.

Herausforderungen der Blutgesundheit

Hohe Prävalenzraten von Anämien, eine unzureichende Umsetzung eines perioperativen Anämie-Managements und

¹ Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie Goethe-Universität Frankfurt
Universitätsmedizin Frankfurt
Theodor-Stern-Kai 7
60590 Frankfurt am Main
(Direktor: Prof. Dr. Dr. K. Zacharowski)

² Universitätsklinikum Würzburg, Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie, Würzburg
(Direktor: Prof. Dr. P. Meybohm)

Schlüsselwörter

Anämie – Patientensicherheit –
Perioperatives Management

Keywords

Anaemia – Patient Safety –
Perioperative Management

ein liberaler Umgang mit Bluttransfusionen stellen weltweit Herausforderungen für Gesundheitssysteme dar. Globale epidemiologische Daten zeigen, dass etwa 25 % der Weltbevölkerung von Anämie betroffen sind. Im Jahr 2021 litten rund 1,9 Milliarden Menschen an dieser Erkrankung [1]. Betrachtet man zusätzlich verwandte Blutgesundheitsstörungen wie Blutverlust und Gerinnungsstörungen, so ergibt sich ein noch größeres Bild: Nach aktuellen Schätzungen sind weltweit mehr als 3 Milliarden Menschen betroffen, deren Blutgesundheit chronisch oder akut beeinträchtigt ist. Diese weit verbreitete Blutgesundheitskrise hat tiefgreifende Auswirkungen auf die globale Krankheitslast, die Gesundheitskosten und die Lebensqualität der Betroffenen [2]. Besonders im chirurgischen Kontext ist die Anämie ein wichtiger Risikofaktor, der die Prognose von chirurgischen Patienten erheblich beeinflussen kann. Studien belegen, dass etwa 10–48 % der Patienten vor einer Operation eine Anämie aufweisen [3,4], die unbehandelt mit erheblichen Risiken verbunden ist. Eine aktuelle Studie von Warner und Kollegen zeigt, dass anämische Patienten (n = 1234), die sich einer elektiven Herzoperation unterziehen, im Vergleich zu nicht-anämischen Patienten höhere Raten an postoperativen akuten Nierenversagen (8 % vs. 18 %) sowie eine verlängerte Krankenhausverweildauer (5,8 vs. 6,7 Tage) aufweisen [5].

Aktuell wird kontrovers diskutiert, ob die von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) festgelegten geschlechtsspezifischen Hämoglobin-Grenzwerte (Männer <13 g/dl und Frauen <12 g/dl) zur Definition einer Anämie angemessen sind. Bereits frühere Studien [6,7] sowie eine neuere Untersuchung von Netz et al. [8] legen nahe, dass eine Anpassung des Hämoglobin-Schwellenwerts auf <13 g/dl für Frauen, die sich größeren chirurgischen Eingriffen unterziehen, mit einer Reduktion des Transfusionsbedarfs und einer geringeren postoperativen Komplikationsrate assoziiert ist. Trotz der bekannten Risiken allogener Bluttransfusionen [9] werden Anämien,

die nicht mit massivem Blutverlust oder lebensbedrohlichen Zuständen einhergehen, weiterhin häufig mit Erythrozytenkonzentraten behandelt.

Eine frühzeitige Diagnostik durch z. B. Hausärzte vor dem geplanten chirurgischen Eingriff sowie eine gezielte kausale Therapie können perioperative Komplikationen reduzieren und den Einsatz von Fremdbluttransfusionen deutlich verringern. Dafür wäre jedoch ein sektorenübergreifendes Versorgungskonzept mit klar definierten Zuständigkeiten und entsprechender Vergütung dringend erforderlich. Die unterschiedlichen Aspekte können durch die gezielte Optimierung der Blutgesundheit simultan adressiert und verbessert werden. Ein vielversprechendes medizinisches Konzept zur Wiederherstellung der Blutgesundheit ist das Patient Blood Management (PBM), das darauf abzielt, die Blutgesundheit der Patienten perioperativ zu verbessern. Trotz der Aufforderung der WHO in den letzten Jahren [2,10–12], PBM flächendeckend zu implementieren, wird es bis heute unzureichend umgesetzt [13–15].

Was ist Patient Blood Management?

PBM ist ein patientenorientiertes, evidenzbasiertes und multidisziplinäres Konzept zur Optimierung der Blutge-

sundheit [2] und Steigerung der Patientensicherheit [16].

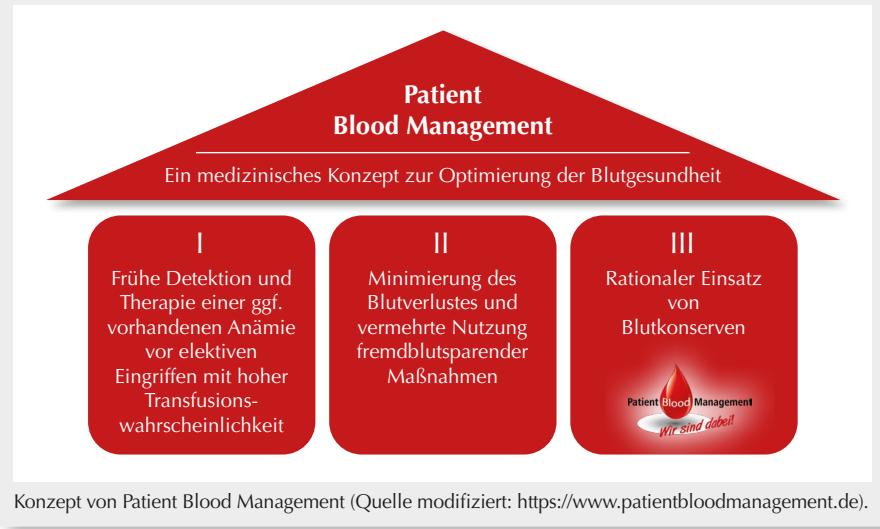
PBM umfasst Behandlungsmaßnahmen basierend auf drei Säulen (Abb. 1) [17]:

1. Säule: (Präoperatives) Anämie-Management
2. Säule: Minimierung von Blutverlusten
3. Säule: Rationaler Einsatz von Blutprodukten.

Säule 1: (Präoperatives) Anämie-Management

Die erste Säule des PBM-Konzepts konzentriert sich auf die Förderung der körpereigenen Blutbildung mit dem Ziel, den Hämoglobinspiegel vor geplanten chirurgischen Eingriffen anzuheben. Im Mittelpunkt stehen die frühzeitige Diagnose und Therapie der präoperativen Anämie. Eine der Hauptursachen der Anämie ist ein Eisenmangel [18], der in der Regel besonders gut behandelbar ist. Neef und Kollegen zeigten, dass eine intravenöse Eisensupplementierung besonders wirksam ist, wenn sie mindestens zehn Tage vor einer Operation erfolgt – idealerweise sollte die Behandlung in einem Zeitraum von drei bis vier Wochen vor der Operation erfolgen. Dieser Zeitraum ermöglicht einen optimalen Anstieg des Hämoglobins und erlaubt bei Bedarf eine erneute Eisensupplementierung [28]. Insbesondere weisen

Abbildung 1



verschiedene Studien darauf hin, dass die Korrektur der präoperativen Anämie mit geringeren Komplikationsraten, einer verkürzten Krankenhausverweildauer und einer reduzierten Transfusionsrate einhergeht [4,19,20].

Neueste Studien zeigen nun, dass vielmehr ein ganzheitliches Konzept zur Behandlung von Anämie erforderlich ist und die alleinige Korrektur des Eisenmangels nicht immer ausreicht. Die Ursachen der Anämie sind multifaktoriell und umfassen neben Eisenmangel auch Vitamin-B12- und Folsäremangel, chronische Nierenerkrankungen, anhaltende Entzündungen, Infektionen und in seltenen Fällen auch genetische Hämoglobinopathien (z. B. Thalassämien, Sichelzellanämie) [21]. Zudem können primäre Erkrankungen wie eine primäre Osteomyelofibrose, sekundäre Depressionen des Knochenmarks (z. B. nach Bestrahlung) sowie toxische Einflüsse (z. B. Vergiftungen) eine Anämie auslösen [22–24]. Spahn et al. entwickel-

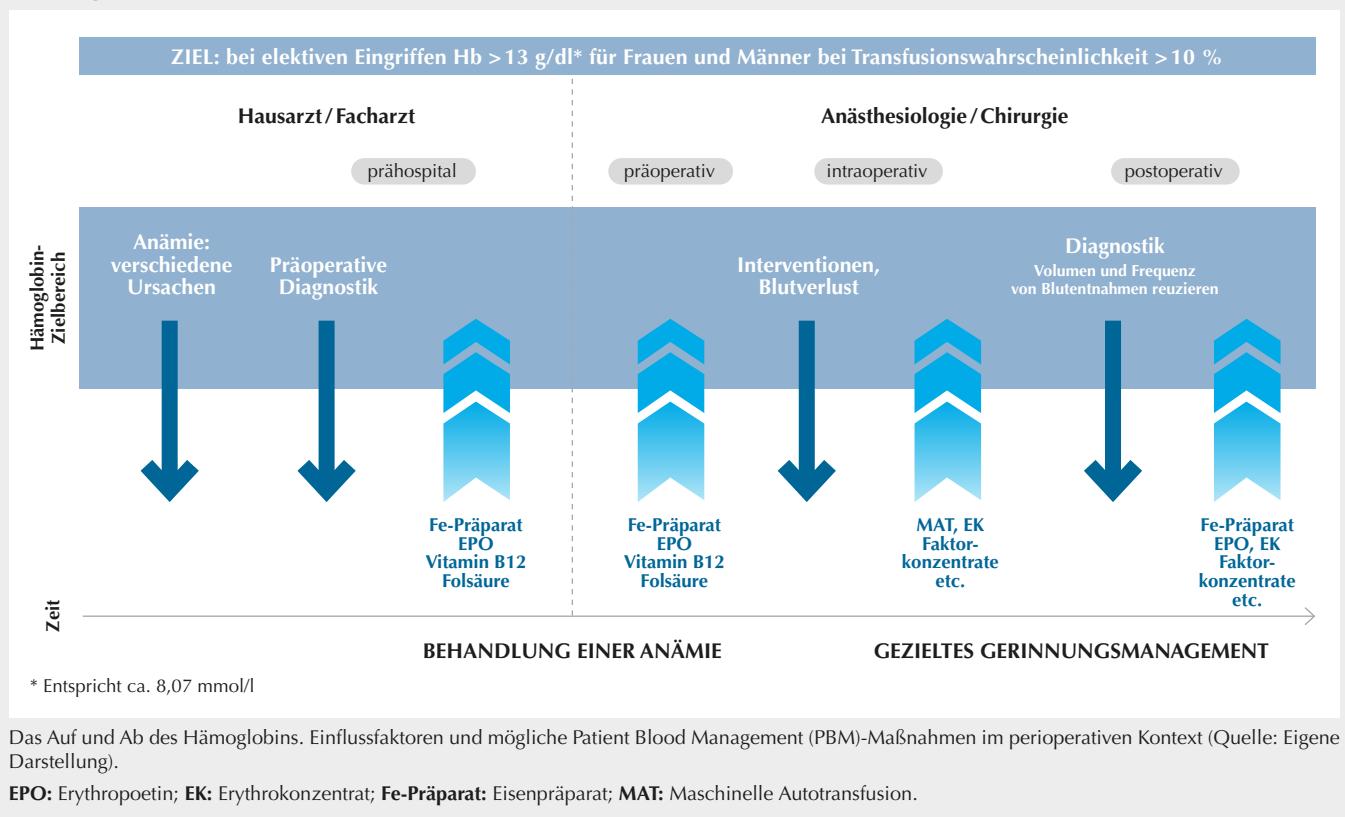
ten einen multimodalen Therapieansatz, bei dem herzchirurgische Patienten mit (Eisenmangel-)Anämie präoperativ eine Kombinationstherapie aus intravenöser Eisengabe, Erythropoetin alpha (EPO), Vitamin B12 und Folsäure erhielten. Obwohl die Kombinationstherapie theoretisch mit Risiken wie thromboembolischen Ereignissen, Infektionen und weiteren Komplikationen einhergehen könnte, traten diese im Verlauf der Studie nicht vermehrt auf. Dieses mehrdimensionale Behandlungskonzept führte zu einer Reduktion des Transfusionsbedarfs [25].

Die frühzeitige Diagnostik und Therapie einer Anämie bei elektiven Eingriffen sollte idealerweise bereits im Rahmen der hausärztlichen Versorgung eingeleitet werden. In Deutschland besteht eine strukturelle Lücke in der hausärztlichen Versorgung der präoperativen Anämie: Eine standardisierte Diagnostik erfolgt meist nicht, was auf fehlende gesetzliche Vorgaben, unklare Zuständigkeiten

und unzureichende Vergütung zurückzuführen ist. Hausärzte, häufig erste Anlaufstelle vor geplanten Eingriffen, führen relevante Blutuntersuchungen wie Ferritin oder Transferrinsättigung zur Bestimmung eines Eisenmangels nur selten systematisch durch. Zudem fehlen sektorenübergreifende Kommunikationsstrukturen sowie eine flächendeckende Integration des PBM. Auch das Wissen um die klinische Bedeutung und Umsetzung von PBM ist bislang unzureichend in Aus- und Weiterbildung sowie im Praxisalltag verankert.

Der Hausarzt übernimmt zukünftig eine zentrale Rolle, da er die Patienten häufig langfristig betreut, ihre Vorerkrankungen kennt und oft als Erster auf Symptome der Anämie wie Müdigkeit, Leistungsabfall, Herzrasen oder Belastungsdyspnoe aufmerksam wird. In der Regel liegen ihm zudem die meisten Laborwerte im zeitlichen Verlauf vor, wodurch er Veränderungen in den Erythrozytenparametern frühzeitig erkennen kann. Zu den haus-

Abbildung 2



ärztlich durchführbaren Maßnahmen zählen neben der frühzeitigen Diagnose auch die Abklärung ihrer Ursachen sowie die Einleitung einer gezielten Therapie. Je nach Schweregrad kann die Therapie direkt in der hausärztlichen Praxis erfolgen, zum Beispiel durch orale oder intravenöse Eisen-, Vitamin-B12- oder Folsäure-Präparate. So kann sichergestellt werden, dass die Patienten optimal auf den geplanten Eingriff vorbereitet sind. Darüber hinaus ist eine enge Zusammenarbeit zwischen dem Hausarzt und der behandelnden Klinik sinnvoll und wünschenswert. Insbesondere bei komplexeren Fällen können die weitere Abklärung und Therapie gezielt in einem Krankenhaus mit interdisziplinären Fachbereichen fortgeführt werden. Verschiedene Formen der Anämie erfordern dabei unterschiedliche therapeutische Ansätze, die von nutritiver Supplementation über medikamentöse Stimulation der Erythropoese bis hin zu transfusionsmedizinischen und spezialisierten Behandlungsmaßnahmen reichen (Abb. 2).

Säule 2: Minimierung des Blutverlustes

Die zweite Säule umfasst Maßnahmen zur Reduktion vermeidbarer Blutverluste mit dem Ziel, die körpereigenen Blutreserven zu erhalten und die Exposition gegenüber Fremdblut zu minimieren. Diese Maßnahmen sind von hoher klinischer Bedeutung, da zum Beispiel diagnostisch bedingte Blutverluste die Belastung für Patienten erhöhen und mit ungünstigen klinischen Verläufen assoziiert sein können [26,27]. Häufige Blutentnahmen führen zu erheblichen Blutverlusten, die bei Aufenthalt von mehr als elf Tagen auf der Intensivstation bis zu 1.428 ml erreichen können. Durch kleinvolumige Blutentnahmehröhrchen und geschlossene Blutentnahmesysteme lassen sich diese Verluste deutlich reduzieren. Insbesondere in der postoperativen Phase sollten Häufigkeit und Volumen der Blutentnahmen auf ein notwendiges Minimum reduziert werden, um die im Krankenhaus erworbene Anämie und damit verbundene Risiken zu reduzieren [28–30].

Ein weiterer zentraler Aspekt ist ein effektives Gerinnungsmanagement, das durch die sorgfältige Korrektur physiologischer Parameter (Körpertemperatur, ionisiertes Kalzium, pH-Wert) unterstützt wird. Zur gezielten Therapie mit Gerinnungsfaktorkonzentraten empfiehlt sich die Nutzung der Point-of-Care-Diagnostik (POCT), da sie eine rasche und bettnahe Analyse ermöglicht [31]. Dennoch ist kritisch zu reflektieren, dass POCT-Systeme trotz ihrer praktischen Vorteile mit diversen Einschränkungen behaftet sein können. Ihr Einsatz erscheint insbesondere in Situationen sinnvoll, in denen eine rasche Diagnostik erforderlich ist – etwa, wenn ein Zentrallabor nicht unmittelbar verfügbar ist. Auch der Einsatz maschineller Autotransfusion (MAT) trägt wesentlich dazu bei, den Bedarf von Fremdbluttransfusionen zu verringern und gleichzeitig Transfusionsrisiken zu minimieren. Eine kürzliche Meta-Analyse [32] zeigte, dass der Einsatz von MAT bei chirurgischen Patienten nicht nur den Fremdblutbedarf signifikant um 39 % reduziert, sondern mit einem um 28 % reduzierten postoperativen Infektionsrisiko sowie einer um 2,31 Tage verkürzten Krankenhausverweildauer assoziiert ist.

Die Implementierung verschiedener blutsparender Verfahren wie die Nutzung kleinvolumiger Blutentnahmehröhrchen, geschlossener Blutentnahmesysteme, MAT, POCT sowie eines optimierten Gerinnungsmanagements trägt wesentlich dazu bei, den Hämoglobinwert (Hb-Wert) hochzuhalten, die Blutgesundheit des Patienten zu sichern und wertvolle Blutreserven für Notfälle zu sichern (Abb. 2).

Säule 3: Rationaler Einsatz von Blutprodukten

Die dritte Säule des PBM-Konzepts umfasst den rationalen und leitliniengerechten Einsatz von Blutprodukten, die einerseits lebensrettend, aber andererseits auch mit Risiken verbunden sein können. Das primäre Ziel einer Fremdbluttransfusion besteht in der Sicherstellung einer adäquaten Sauerstoffversorgung des Gewebes, um Komplikationen infolge einer

akuten schweren Anämie zu vermeiden. Dabei muss jedoch sorgfältig abgewogen werden, ob der potenzielle Nutzen der Transfusion die damit verbundenen Risiken überwiegt. Diese Entscheidung sollte stets unter Berücksichtigung individueller Patientenfaktoren getroffen werden. Bei häodynamisch stabilen Patienten können selbst niedrige Hämoglobinwerte im Bereich von unter 8 g/dl in vielen Fällen ohne klinisch relevante Symptome toleriert werden. Trotz umfangreicher Studienlage ließ sich bisher in den meisten klinischen Situationen kein signifikanter Nutzen einer liberalen Transfusionspraxis (Hämoglobin-Zielwerte zwischen 9 und 11 g/dl) im Vergleich zu einer rationalen Strategie (Hämoglobin-Zielwerte zwischen 7 und 9 g/dl) feststellen [33–35]. Daher sollte ein präventiver Ansatz bevorzugt und eine Transfusion stets nur als Ultima Ratio in Erwägung gezogen werden [36].

Fazit

Die frühzeitige Diagnose und Therapie einer präoperativen Anämie durch Hausärzte ist entscheidend, idealerweise in Kooperation mit Fachärzten oder spezialisierten Anämie-Ambulanzen. Ein umfassendes Anämie-Management, das insbesondere Defizite an Eisen, Vitamin B12 und Folsäure berücksichtigt, leistet einen wesentlichen Beitrag zur Erhöhung der Patientensicherheit, zur Vermeidung perioperativer Komplikationen und zur Sicherstellung einer effektiven und nachhaltigen Patientenversorgung. Ein interdisziplinäres Vorgehen ist dabei von zentraler Bedeutung. Im Einzelfall sollte bei kurzem Zeitfenster auch eine Verschiebung des elektiven Eingriffs erwogen werden, um ein adäquates präoperatives Anämie-Management zu ermöglichen. Ebenso wichtig wie die fachübergreifende Kooperation ist die Umsetzung praktikabler Maßnahmen im hausärztlichen Alltag. Dazu zählen etwa die strukturierte Erfassung geplanter Operationen, das gezielte Anfordern relevanter Laborparameter (z. B. Hämoglobin, Ferritin, Transferrinsättigung) sowie eine ursachenorientierte Therapie. Die Integration

standardisierter Abläufe – beispielsweise durch kurze Standard Operating Procedures (SOPs), Patientenfragebögen oder digitale Schnittstellen – ermöglicht es zudem, das präoperative Anämie-Management effizient und dauerhaft in die bestehenden hausärztlichen Praxisprozesse einzubinden.

Interessenkonflikt

KZ erhielt Honorare für die Teilnahme an Beiratssitzungen von Haemonetics und CSL Vifor und erhielt Vortrags-honorare von CSL Behring, Masimo, Pharmacosmos, Boston Scientific, Salus, i-SEP, Edwards, HemoSonics und GE Healthcare. Er ist Principal Investigator des EU Horizon 2020-Projekts ENVISION (intelligentes digitales Plug-and-Play-Tool für die Echtzeit-Überwachung von COVID-19-Patienten und intelligente Entscheidungsfindung auf Intensivstationen) und des Horizon Europe 2021-Projekts COVend (Biomarker- und Kl-gestützte FX06-Therapie zur Verhinderung des Fortschreitens von leichten und mittelschweren bis schweren Stadien von COVID-19) sowie Partner für das EU Horizon 2023-Projekt EDiHTA. KZ leitet als CEO die Christoph Lohfert Stiftung sowie die Stiftung für Gesundheit, Patientensicherheit und Patient Blood Management (PBM Foundation).

SC erhielt Honorare vom Thieme Verlag für die Verfassung von Beiträgen.

PM bzw. seine Klinik bekamen für Forschungsvorhaben und für die Durchführung von klinischen Studien Gelder vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF, 01KG1815), Bundesministerium für Gesundheit (BMG, ZMVI1-2520DAT10E, ZMII2-2523FEP50A), von CSL Behring sowie von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG, ME 3559/1-1, ME 3559/3-1, ME 6094/3-2). PM bekam Vortragshonorare und Reisekostenerstattung von CSL Behring, CSL Vifor, Pharmacosmos und Werfen. PM ist Mitglied im Vorstand der Stiftung für Gesundheit, Patientensicherheit und Patient Blood Management (PBM Foundation), des Network for the advancement of Patient Blood Management, Haemostasis

and Thrombosis (NATA) sowie Mitglied im Ständigen Arbeitskreis des Wissenschaftlichen Beirats „Querschnitts-Leitlinien zur Therapie mit Blutkomponenten und Plasmaderivaten“.

DM hat keinen Interessenkonflikt.

Literatur

1. GBD 2021 Anaemia Collaborators: Prevalence, years lived with disability, and trends in anaemia burden by severity and cause, 1990-2021: findings from the Global Burden of Disease Study 2021. *Lancet Haematol* 2023;10:e713–e734
2. World Health Organization (WHO): Guidance on implementing patient blood management to improve global blood health status. World Health Organization 2024. URL: <https://iris.who.int/handle/10665/380784>. Lizenz: CC BY-NC-SA 3.0 IGO (Zugriffsdatum: März 2025)
3. Muñoz M, Gómez-Ramírez S, Campos A, Ruiz J, Liumbruno GM: Pre-operative anaemia: prevalence, consequences and approaches to management. *Blood Transfus* 2015;13:370–379
4. Triphaus C, Judd L, Glaser P, Goehring MH, Schmitt E, Westphal S, et al: Effectiveness of Preoperative Iron Supplementation in Major Surgical Patients With Iron Deficiency: A Prospective Observational Study. *Ann Surg* 2021;274:e212–e219
5. Warner MA, Hanson AC, Schulte PJ, Sanz JR, Smith MM, Kauss ML, et al: Preoperative Anemia and Postoperative Outcomes in Cardiac Surgery: A Mediation Analysis Evaluating Intraoperative Transfusion Exposures. *Anesth Analg* 2024;138:728–737
6. Ripoll JG, Smith MM, Hanson AC, Schulte PJ, Portner ER, Kor DJ, et al: Sex-Specific Associations Between Preoperative Anemia and Postoperative Clinical Outcomes in Patients Undergoing Cardiac Surgery. *Anesth Analg* 2021;132:1101–1111
7. Gombotz H, Schreier G, Neubauer S, Kastner P, Hofmann A: Gender disparities in red blood cell transfusion in elective surgery: a post hoc multicentre cohort study. *BMJ Open* 2016;6:e012210
8. Netz A, Hof L, Rumpf F, Blum LV, Neef V, Kerner A, et al: Adjusting Current Hemoglobin Thresholds: A Way to Improve Outcome in Women Undergoing Major Surgery. *J Women's Health* 2024;33:678–684
9. Carson JL, Triulzi DJ, Ness PM: Indications for and Adverse Effects of Red-Cell Transfusion. *N Engl J Med* 2017;377:1261–1272
10. World Health Organization (WHO): Global Forum for Blood Safety – Patient Blood Management: Concept Paper 2011. URL https://cdn.who.int/media/docs/default-source/biologicals/blood-products/document-migration/gfbs_01_pbm_concept_paper.pdf?sfvrsn=f189661_3 (Zugriffsdatum: 18.03.2025)
11. World Health Organization (WHO): The urgent need to implement patient blood management: policy brief 2021. URL: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/346655/9789240035744-eng.pdf?sequence=1> (Zugriffsdatum: 18.03.2025)
12. World Health Organization (WHO): Sixty-third World Health Assembly, WHA 63.12 (resolution). Availability, safety and quality of blood products; 2010. URL: https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA63/A63_R12-en.pdf (Zugriffsdatum: 18.03.2025)
13. Gammon R, Jindal A, Dubey R, Shipp C, Tayal A, Rajbhandary S, et al: An international survey of patient blood management practices. *Transfusion* 2025;65:505–513
14. Agostini V, Masiello F, Vaglio S, Veropalumbo E, La Rocca U, Pupella S, et al: A survey on the implementation of Patient Blood Management programs in Italy. *Blood Transfus* 2024. Epub 28. März 2024
15. Füllenbach C, Schmitt E, Steinbicker AU, Hof L, Köhler S, Große Wortmann K, et al: Umsetzung des Patient Blood Managements im klinischen Alltag (PBMCert). *Anästh Intensivmed* 2021;62:304–313
16. Meybohm P, Richards T, Isbister J, Hofmann A, Shander A, Goodnough LT, et al: Patient Blood Management Bundles to Facilitate Implementation. *Transfus Med Rev* 2017;31:62–71
17. Althoff FC, Neb H, Herrmann E, Trentino KM, Vernich L, Füllenbach C, et al: Multimodal Patient Blood Management Program Based on a Three-pillar Strategy: A Systematic Review and Meta-analysis. *Ann Surg* 2019;269:794–804
18. GBD 2015 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators: Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 310 diseases and injuries, 1990-2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *Lancet* 2016;388:1545–1602

19. Takashima J, Kobayashi H, Koizumi A, Shigehara F, Yamazaki K, Fujimoto D, et al: Impact of preoperative anemia and perioperative transfusion on short-term outcomes in colorectal cancer surgery: The role of iron supplementation. *Ann Gastroenterol Surg* 2024;9:288–297
20. Jain R, Farias MJ, Singh M, Pisani C, Nassar JE, Diebo BG, et al: Preoperative Iron Supplementation Mitigates the Risk Of Postoperative Complications Associated with Iron Deficiency Anemia Following Lumbar Spinal Fusion. *Spine* 2025. Epub 11. Februar 2025
21. Brittenham GM, Moir-Meyer G, Abuga KM, Datta-Mitra A, Cerami C, Green R, et al: Biology of Anemia: A Public Health Perspective. *J Nutr* 2023;153 Suppl 1:S7–S28
22. Gupta V, Harrison C, Hexner EO, Al-Ali HK, Foltz L, Montgomery M, et al: The impact of anemia on overall survival in patients with myelofibrosis treated with ruxolitinib in the COMFORT studies. *Haematologica* 2016;101:e482–e484
23. Li N, Liu X, Zhai F, Liu B, Cao X, Li S, et al: Association between dose-volume parameters and acute bone marrow suppression in rectal cancer patients treated with concurrent chemoradiotherapy. *Oncotarget* 2017;8:92904–92913
24. Feussner JR, Shelburne JD, Bredehoeft S, Cohen HJ: Arsenic-induced bone marrow toxicity: ultrastructural and electron-probe analysis. *Blood* 1979;53:820–827
25. Spahn DR, Schoenrath F, Spahn GH, Seifert B, Stein P, Theusinger OM, et al: Effect of ultra-short-term treatment of patients with iron deficiency or anaemia undergoing cardiac surgery: a prospective randomised trial. *Lancet* 2019;393:2201–2212
26. Koch CG, Li L, Sun Z, Hixson ED, Tang AS, Phillips SC, et al: From Bad to Worse: Anemia on Admission and Hospital-Acquired Anemia. *J Patient Saf* 2017;13:211–216
27. Salisbury AC, Reid KJ, Alexander KP, Masoudi FA, Lai SM, Chan PS, et al: Diagnostic blood loss from phlebotomy and hospital-acquired anemia during acute myocardial infarction. *Arch Intern Med* 2011;171:1646–1653
28. Neef V, Himmelman C, Piekarski F, Blum LV, Hof L, Derwich W, et al: Effect of using smaller blood volume tubes and closed blood collection devices on total blood loss in patients undergoing major cardiac and vascular surgery. *Can J Anaesth* 2024;71:213–223
29. Siegal DM, Belley-Côté EP, Lee SF, Hill S, D’Aragon F, Zarychanski R, et al: Small-Volume Blood Collection Tubes to Reduce Transfusions in Intensive Care: The STRATUS Randomized Clinical Trial. *JAMA* 2023;330:1872–1881
30. François T, Charlier J, Balandier S, Pinciviv A, Tucci M, Lacroix J, et al: Strategies to Reduce Diagnostic Blood Loss and Anemia in Hospitalized Patients: A Scoping Review. *Pediatr Crit Care Med* 2023;24:e44–e53
31. Weber CF, Görlinger K, Meininger D, Herrmann E, Bingold T, Moritz A, et al: Point-of-care testing: a prospective, randomized clinical trial of efficacy in coagulopathic cardiac surgery patients. *Anesthesiology* 2012;117:531–547
32. Meybohm P, Choorapoikayil S, Wessels A, Herrmann E, Zacharowski K, Spahn DR: Washed cell salvage in surgical patients: A review and meta-analysis of prospective randomized trials under PRISMA. *Medicine (Baltimore)* 2016;95:e4490
33. Holst LB, Petersen MW, Haase N, Perner A, Wetterslev J: Restrictive versus liberal transfusion strategy for red blood cell transfusion: systematic review of randomised trials with meta-analysis and trial sequential analysis. *BMJ* 2015;350:h1354
34. Brunskill SJ, Millette SL, Shokoohi A, Pulford EC, Doree C, Murphy MF, et al: Red blood cell transfusion for people undergoing hip fracture surgery. *Cochrane Database Syst Rev* 2015; CD009699
35. Carson JL, Sieber F, Cook DR, Hoover DR, Noveck H, Chaitman BR, et al: Liberal versus restrictive blood transfusion strategy: 3-year survival and cause of death results from the FOCUS randomised controlled trial. *Lancet* 2015;385:1183–1189
36. Bundesärztekammer: Querschnitts-Leitlinien zur Therapie mit Blutkomponenten und Plasmaderivaten – Gesamt-Novelle 2020. URL: https://www.wbbaek.de/fileadmin/user_upload/_old_files/downloads/pdf-Ordner/MuE/Querschnitts-Leitlinien_BAEK_zur_Therapie_mit_Blutkomponenten_und_Plasmaderivaten-GesamtNovelle_2020.pdf (Zugriffsdatum: 12.03.2025).

Korrespondenz- adresse:

Prof. Dr. med.
Dr. phil.
Kai Zacharowski,
ML FRCA FESAIC



Klinik für Anästhesiologie,
Intensivmedizin und Schmerztherapie
Goethe-Universität Frankfurt
Universitätsmedizin Frankfurt
Theodor-Stern-Kai 7
60590 Frankfurt am Main, Deutschland
Tel.: 069 6301 5998
E-Mail:
zacharowski@med.uni-frankfurt.de
ORCID-ID: 0000-0002-0212-9110