

## How do we ...? / Wie machen wir ...?

# Als Transfusionsverantwortlicher / Transfusionsbeauftragter: Basis-Schulung Hämotherapie für das ärztliche Kollegium

### Zusammenfassung

Eine Basis-Schulung Hämotherapie sollte regelmäßig von den Transfusionsbeauftragten für neue ärztliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter angeboten werden. Darüber hinaus können auch von der Pflegedienstleitung Teile der Fortbildung für die Ausbildung im pflegerischen Bereich verwendet werden. Der folgende Beitrag umfasst wichtige Anteile der Basis-Schulung und enthält zusätzlich Abbildungen zum Herunterladen auf der Homepage unter <https://www.drk-haemotherapie.de>.

Anforderung von Blutpräparaten, transfusionsmedizinische Anamnese, Indikationsstellung, Herstellung und Testung der Blutpräparate, immunhämatologische Diagnostik, Überprüfung der Blutprodukte, Blutgruppen-Kompatibilität, ABO-Identitätstest, Vorbereitung und Durchführung der Transfusion sowie Überwachung, Nachsorge und Dokumentation sind in dieser Basis-Schulung enthalten.

### Summary

A basic training course „haemotherapy“ should be provided for new and unexperienced physicians on a regular basis by the responsible personnel for blood transfusion. For nurses, parts of this training course can also be of value. This article comprises important parts of the abovementioned basic training course as well as figures, which can be downloaded from the homepage <https://www.drk-haemotherapie.de>.

Ordering of blood components, transfusion history, indication, production and testing of blood components, immunohaematological diagnostic, control of blood bags, blood group compatibility, bedside test, preparation and transfusion procedure as well as monitoring, follow-up care and documentation are parts of this basic training course.

## EINLEITUNG

Als Transfusionsverantwortlicher eines Krankenhauses oder als Transfusionsbeauftragter einer Abteilung steht man oft vor der Herausforderung, neue Kolleginnen und Kollegen zu den Grundlagen der Hämotherapie schulen oder aber ein Schulungs-Update „Hämotherapie Basics“ für die Kolleginnen und Kollegen des Krankenhauses durchführen zu wollen. Und da neben den vielen Aufgaben der Klinik oft kaum Zeit für die Erstellung geeigneter Slides bleibt, haben sich die Redakteure der hämotherapie überlegt, einen solchen Slidesatz zu erstellen und kostenlos für Schulungen in den Krankenhäusern zur Verfügung zu stellen. Die Folien können auf der Homepage der hämotherapie heruntergeladen werden.

## ÜBERSICHT

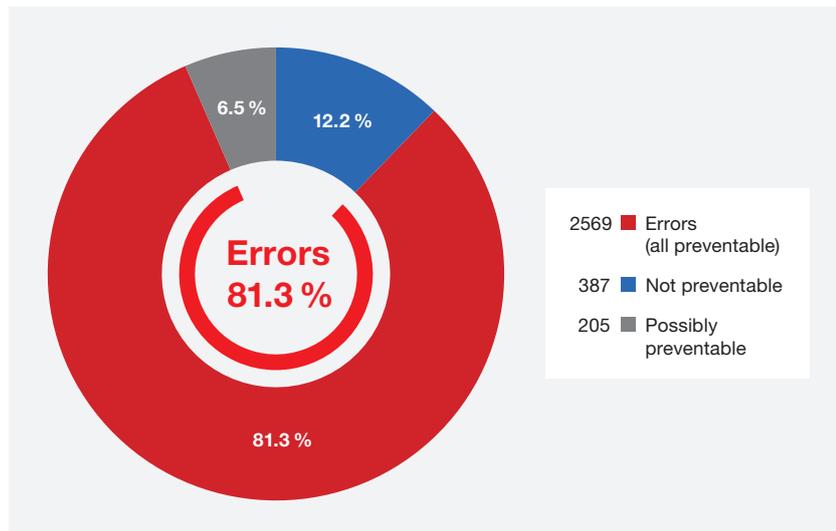
Mit den Bildern und Text-Abbildungen soll ein etwa 30–40-minütiger Vortrag unterstützt werden. Der Slidesatz „Basisschulung Hämotherapie“ deckt folgende Inhalte ab:

- Einführung: Schwerwiegende Fehlermöglichkeiten in der Hämotherapie und deren Vermeidung
- Anforderung von Blutprodukten
- Transfusionsmedizinische Anamnese
- Indikation für die Gabe von Erythrozyten-Konzentraten (EK) bei akuter Anämie
- Einschub: Herstellung und Testung der Blutpräparate
- Immunhämatologische Grundlagen, u. a.:
  - Warum muss die Kreuzprobe und der Antikörpersuchtest nach drei Tagen wiederholt werden?
  - Warum ist es wichtig, nach Notfall-Ausweisen und Mutterpässen zu fragen?
- Überprüfen der gelieferten Blutprodukte
- Blutgruppen-Kompatibilität
- ABO-Identitätstest
- Vorbereitung und Durchführung der Transfusion
- Überwachung und Nachsorge, Dokumentation

Diese Basis-Schulung ist in Jahren aufgrund von regelmäßigen Schulungen der (PJ-) Studenten und des ärztlichen Kollegiums entstanden, erhebt aber keinesfalls den Anspruch auf Vollständigkeit. Sie soll, darf und ja, sie muss durch eigene Bilder, Scans und Beispiele ergänzt und vervollständigt werden. Bitte berücksichtigen Sie bei Unterweisungen auch die jeweiligen Gegebenheiten an Ihrem Haus. Natürlich können bei Bedarf auch nur Teile aus dem gesamten Angebot verwendet und geschult werden.

In Großbritannien sammelt und analysiert SHOT seit 1996 Hämovigilanz-Daten und stellt sie anonymisiert in jährlichen SHOT-Reports der Öffentlichkeit zur Verfügung. SHOT steht für „serious hazards of transfusion“ oder schwerwiegende Transfusionsrisiken und damit für klinisch relevante, schwerwiegende Ereignisse im Zusammenhang mit Transfusionen<sup>1</sup>.

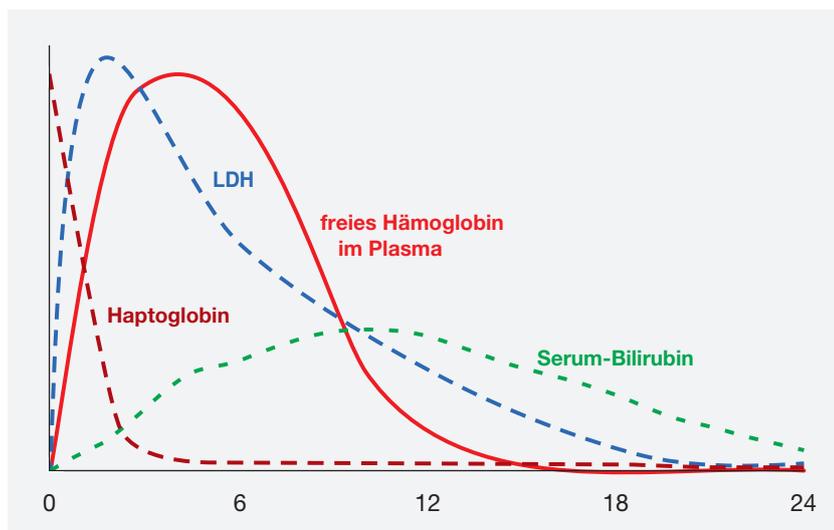
**Abbildung 1** zeigt, dass schwerwiegende unerwünschte Ereignisse und Reaktionen im Zusammenhang mit Transfusionen von Blutpräparaten in über 80 % der Fälle durch Fehler verursacht wurden und damit hätten vermieden werden können. 2.569 von insgesamt 3.161 schwerwiegenden Ereignissen und Reaktionen waren in Großbritannien durch (vermeidbare) Fehler verursacht<sup>1</sup>. Über die vergangenen Jahre lag der Prozentsatz an vermeidbaren Fehlern in UK im Zusammenhang mit schwerwiegenden Transfusionsereignissen konstant bei um und über 80 % (Quelle: Annual SHOT Report 2021; <https://www.shotuk.org>).



**Abbildung 1:** Schwerwiegende Transfusionszwischenfälle und Fehlerrate.

Copyright: S Narayan (Ed) D Poles et al. on behalf of the Serious Hazards of Transfusion (SHOT) Steering Group. The 2021 Annual SHOT Report (2022).

Auch in Deutschland stellen seit 2013 menschliche Fehler die Hauptursache der schwerwiegenden Transfusionszwischenfälle mit Todesfolge dar (Hämovigilanzbericht des Paul-Ehrlich-Instituts 2015, Langen)<sup>2</sup>.



**Abbildung 2:** Hämolyseparameter im Verlauf. Modifiziert nach Dr. J. Hoch, Universitätsklinikum Bonn

ist hier immer differenzialdiagnostisch der Zerfall anderer Zellen zu beurteilen und eine Verlaufsbestimmung der LDH ratsam. Bei einer intravasalen Hämolyse findet sich schnell auch freies Hämoglobin im Serum sowie später dann nach Nierendurchgang auch im Urin: Hämoglobinurie mit bräunlichem Urin. Diese beiden letztgenannten Parameter unterschei-

Eine typische und schwerwiegende Folge eines Fehlers ist die ABO-unverträgliche Transfusionsreaktion mit Hämolyse. Auf den **Abbildungen 2** und **3** sind die zeitlichen Verläufe der Hämolyse-Parameter bei einem Hämolyse-Ereignis sowie die Unterschiede zwischen extra- und intravasaler Hämolyse dargestellt: Sehr schnell nach Eintritt der Hämolyse kommt es im Serum zu einem Abfall des Haptoglobins und zu einem Anstieg der Laktat-Dehydrogenase (LDH). Da letztere auch durch Zelluntergang in anderen Geweben und auch postoperativ durch den Gewebsschaden ansteigt,

Kriterium	Art der Hämolyse		Hämolyse-Nachweis <u>frühestens</u>
	Extravasal	Intravasal	
Freies Hämoglobin im Plasma	nein	ja	sofort
Hämoglobinurie	nein	ja	sofort
Haptoglobin-Abfall	ja	ja	sofort
LDH-Anstieg	ja	ja	sofort
Bilirubin-Anstieg	ja	ja	nach 4-6 Stunden
Retikulozyten-Anstieg	ja	ja	nach 5 Tagen

Abbildung 3: Differenzierung: intravasale v.s extravasale Hämolyse

den auch die intravasale Hämolyse mit Auftreten von freiem Hämoglobin im Serum und Hämoglobinurie von der extravasalen Hämolyse, beispielsweise in der Leber, bei der kein freies Hämoglobin im Serum und keine Hämoglobinurie auftritt. Im Labor lässt sich eine ausgeprägte intravasale Hämolyse durch ein einfaches Zentrifugieren des Patientenblutes bestätigen. Bei freiem Hämoglobin im Serum oder Plasma im Rahmen einer intravasalen Hämolyse bleibt der Überstand nach Zentrifugation rot-braun gefärbt.

Zeitlich verzögert mit mehreren Stunden Latenz folgt bei einer Hämolyse und guter Leberfunktion der Bilirubinanstieg, vor allem in Form des indirekten Bilirubins. Und noch später, in Tagen, reagiert ein gut funktionierendes Knochenmark auf den Erythrozytenverlust mit einer Steigerung der Erythropoese und einer vermehrten Ausschüttung von Retikulozyten aus dem Knochenmark.

Das Aktionsbündnis Patientensicherheit hat im Jahr 2021 in der Liste der „22 schwerwiegenden Ereignisse, die wir sicher verhindern wollen“ unter Punkt 10 die Fehltransfusion eines ABO-inkompatiblen Blutproduktes aufgeführt<sup>3</sup>.

Es ist daher von großer Wichtigkeit, dass alle in den Ablauf einer Transfusion involvierten Berufsgruppen regelmäßig geschult werden und damit über die Basisinformationen verfügen.

## ANFORDERUNG VON BLUTPRODUKTEN

Mit der Anforderung von Blutprodukten beginnt der Prozess der technischen Bestellung. Die Indikation zur Bluttransfusion ist ärztliche Aufgabe, muss der Anforderung naturgemäß vorausgehen und wird im weiteren Verlauf dieses Beitrags erörtert.

Es ist erforderlich, den Anforderungsauftrag vollständig auszufüllen, das Datum der Blutentnahme zu vermerken sowie die Bestellung von Blutprodukten ärztlicherseits zu unterschreiben, da Blutpräparate verschreibungspflichtige Arzneimittel sind. Notfallregelungen müssen in jedem Krankenhaus getroffen werden, jedoch ist eine schriftliche Anforderung mit Arztunterschrift, ggf. auch zeitlich versetzt, notwendig. Heute werden in den meisten Krankenhäusern elektronische Anforderungsscheine verwendet, die je nach System auch vom verschreibenden Arzt elektronisch freigegeben („vidiert“) werden können. Die Frist der Kreuzproben- und der Antikörpersuchtest-Gültigkeit ist vom Zeitpunkt der Blutentnahme und nicht vom Zeitpunkt der Auftragserstellung abhängig und beträgt drei Tage nach dem Abnahmetag.

Ein sehr wichtiger Punkt ist die Etikettierung der Röhrcchen: Diese Etikettierung muss vor der Blutentnahme erfolgen. Röhrcchen-Etiketten müssen nach dem Wortlaut der Richtlinie<sup>4</sup> „[...] stets – auch im Notfall – vor Entnahme eindeutig gekennzeichnet werden (Name, Vorname, Geburtsdatum) und bezüglich ihrer Herkunft gesichert sein [...]. Zusätzlich (!) können diese Daten auch in codierter Form angebracht werden.“ – soweit die Richtlinie<sup>4</sup>. Damit ist klar: In allen Fällen, Notfälle inklusive, muss eine eindeutige Kennzeichnung der Röhrcchen in Klarschrift vor Entnahme des Patientenblutes erfolgen. Das macht auch Sinn, denn im Labor müssen diese Röhrcchen ebenso eindeutig den Untersuchungen und die Untersuchungsergebnisse wiederum dem Patienten zugeordnet werden können. Welche eindeutige Kennzeichnung lokal bei unbekanntem Patienten, beispielsweise einem Unfallopfer, festgelegt wird, das sollte in Absprache vor Ort besprochen und in der Transfusionskommission verabschiedet werden.

Das beim Patienten blutabnehmende Personal sollte auch daraufhin überprüft und ggf. geschult werden, eine aktive Identifizierung des Patienten und den anschließenden Vergleich der Röhren-Beschriftung mit den Angaben des Patienten durchzuführen. Eine aktive Identifizierung ist beispielsweise die Aufforderung: „Sagen Sie mir doch bitte Ihren Namen, Vornamen und das Geburtsdatum.“

Die Blutprodukte anfordernde Station sollte – außer bei Routine-Anforderungen von Blutprodukten – telefonisch Kontakt mit der Blutbank bzw. dem immunhämatologischen Labor aufnehmen, damit die Mitarbeiter dort rechtzeitig über ggf. eintretende Besonderheiten informiert sind.

Spätestens bei der Anforderung von Blutprodukten sollte auch sichergestellt werden, dass eine schriftliche Aufklärung und die Einwilligung des Patienten in die Bluttransfusion vorliegen. Bei Notfall-Transfusionen oder bewusstlosen Patienten, bei denen eine Aufklärung vor der lebensrettenden Transfusion nicht möglich ist, sei auf die Pflicht zur nachträglichen Sicherungsaufklärung hingewiesen, d. h. der schriftlich dokumentierten Aufklärung des Patienten über die erhaltenen Blutprodukte, die potenziellen Infektions- und Immunisierungsrisiken, nachdem er aus Narkose oder Bewusstlosigkeit erwacht ist.

Betrachtet man die sehr wichtigen Punkte der Etikettierung der Röhren, der Identitätsüberprüfung und der korrekten Blutentnahme beim Patienten, so erscheint doch verwunderlich, was Paula Bolton-Maggs und Kolleginnen in ihrem Artikel „Wrong blood in tube – potential for serious outcomes: can it be prevented?“<sup>5</sup> berichten: WBIT = wrong blood in tube, das Blut des falschen Patienten im Röhren kommt nach der tabellarischen Darstellung im genannten Artikel bei etwa jeder 2.000sten bis 3.000sten Blutentnahme vor, wobei in den berichteten Studien die Häufigkeiten von 1 in 1.303 bis 1 in 6.000 schwanken. Zu bedenken ist dabei auch, dass es sich ja nicht nur um WBIT für die transfusionsmedizinische Diagnostik, sondern auch für alle anderen Laboruntersuchungen handeln kann. Hier ist ein wichtiger Ansatzpunkt für Schulungen und praktischer Überprüfung gegeben. So können viele Fehlanwendungen von Blutkomponenten verhindert werden.

Der Arbeitskreis Blut des Bundesministeriums für Gesundheit hat in einer 2019 im Bundesgesundheitsblatt veröffentlichten Stellungnahme<sup>6</sup> zur Fehlanwendung von Blutkomponenten unter anderen wichtigen Punkten auch empfohlen, die Qualifikation der Blutkomponenten anwendenden Personen zu verbessern, die Umsetzung der bisherigen Meldepflichten zu optimieren und eine Sicherheits-Checkliste für die Anwendung von Erythrozytenkonzentraten zu verwenden, soweit die klinische Situation dies zulässt.

## Wrong blood in tube – potential for serious outcomes: can it be prevented?

Paula H. B. Bolton-Maggs<sup>1</sup>, Erica M. Wood<sup>2</sup> and Johanna C. Wiersum-Osseltor<sup>3</sup>

Table 1. Rates of WBIT in selected studies.

Location	Rate of WBIT	Definition	Correction factor	References
UK, 27 hospitals	1 in 1303	Blood group not matching previous record	1-418	Murphy <i>et al</i> (2004)
International, 10 countries, 71 hospitals	1 in 1986	Blood group not matching previous record	1-6	Dzik <i>et al</i> (2003)
International, 122 institutions (95-1% USA)	1 in 2500	Blood group not matching previous record	None	Grimm <i>et al</i> (2010)
USA Single centre over 5 years	1 in 2283	Blood group not matching previous record, clinical service notification and others	None	Ansari and Szallasi (2011)
North East England, 15 hospitals over 12 months	1 in 2717	Blood group not matching previous record notifications from clinical areas	1-418	Varey <i>et al</i> (2013)
UK, national postal survey of 400 laboratories: 245 respondents	Estimated 1 in 6000 red cell units issued	Self reported by 20 respondents	None	McClelland and Phillips (1994)
France, 5-year study single blood bank for 35 hospitals	1 in 3448	Blood group not matching previous record	None	Chiaroni <i>et al</i> (2004)
Spain, single centre study over 6 months	1 in 2243	Detected by comparison with past samples	1-4388	Gonzalez-Porras <i>et al</i> (2008)

Rates have a correction factor applied to allow for undetectable WBITs where, by chance two samples have the same ABO and Rh groups. This varies in different populations dependent on the ABO and Rh blood group frequencies. WBIT, wrong blood in tube.

‘Wrong blood in tube’ (WBIT) errors, where the blood in the tube is not that of the patient identified on the label, may lead to catastrophic outcomes, such as death from ABO-incompatible red cell transfusion. Transfusion is a multistep, multidisciplinary process in which the human error rate has

Br J Haematol. 2015 Jan;168(1):3-13

**Fazit: WBIT kommt bei ungefähr jeder 2.000sten Blutentnahme vor; aber nicht nur bei den Blutproben für die Transfusionsmedizin.**

Abbildung 4: Wrong blood in tube – potential for serious outcomes: can it be prevented?

Quelle: British Journal of Haematology 2015; 168:3-13.

## Bestätigte Fehltransfusionen von Erythrozytenkonzentraten mit und ohne Transfusionsreaktion. Adaptiert aus dem Hämovigilanzbericht des Paul-Ehrlich-Instituts 2016/17

### Stellungnahme Fehlanwendungen von Blutkomponenten

Bei der 87. Sitzung des Arbeitskreises Blut am 14.05.2019 wurde folgende Stellungnahme (S 19) verabschiedet

Bundesgesundheitsbl 2019 62:1140–1143  
<https://doi.org/10.1007/s00103-019-02989-9>

Fehltransfusionen	2015	2016	2017	2015–2017
Fehltransfusionen mit Transfusionsreaktion (gesamt)	24	28	27	79
Fehltransfusionen mit tödlichem Verlauf	3	2	1	6
Fehltransfusionen ohne Transfusionsreaktion*	34	41	55	130
Summe der Fehltransfusionen	58	69	82	209
Verbrauch Erythrozytenkonzentrate	3.754.760	3.548.124	3.506.417	10.809.301

\* Fehltransfusionen ohne Transfusionsreaktion sind nicht meldepflichtig. Entsprechend ist von einer Untererfassung auszugehen.

Abbildung 4b: Stellungnahme Fehlanwendungen von Blutkomponenten

## TRANSFUSIONSMEDIZINISCHE ANAMNESE

Im Rahmen der Anforderung von Blutprodukten sei auf die transfusionsmedizinische Anamnese hingewiesen. Sie umfasst wichtige Fragen an den Patienten, die auf dem Anforderungsformular abgefragt werden und für das Labor zur optimalen Bereitstellung kompatibler und verträglicher Blutpräparate notwendig sind.

Neben der Diagnose des Patienten sind ganz besonders immunhämatologische Vorbefunde des Patienten für das Labor von Bedeutung: So ist die Frage nach Blutspende- und / oder Notfall-Ausweisen, Mutterpässen und Arztbriefen, in welchen auf vorangegangene Bluttransfusionen, Unverträglichkeiten, Alloantikörper oder Stammzell-Transplantationen eingegangen wird, für das Labor unbedingt notwendig. Viele Kliniken sind schon heute mittels Papier-Checkliste oder Listen auf der Homepage dazu übergegangen, alle diese Dokumente vom Patienten schon in der Vorbereitung seines Krankenhaus-Aufenthaltes abzufordern, so dass die Patienten spätestens bei der stationären Aufnahme alle diese Dokumente bereits mitbringen. Dann ist es wichtig, dass diese Dokumente geordnet den Weg ins Labor – zumindest als Kopie oder Scan – finden.

Da Schwangerschaften häufig neben der Bildung von HLA-Antikörpern bei der Mutter auch zu – oft Jahrzehnte lang persistierenden – erythrozytären Alloantikörpern führen, ist die Frage nach auch lange zurückliegenden Schwangerschaften und den dazugehörigen Mutterpässen von eminenter Bedeutung für das Labor. Ebenso wichtig ist die Information einer aktuell bestehenden Schwangerschaft, der Schwangerschaftswoche, dem CMV-Status der Mutter (so bekannt) und einer eventuellen Anti-D-Prophylaxe.

Falls vom Patienten erinnert oder im Arztbrief erwähnt, ist auch eine eventuelle Vortransfusion (Wann? Wo? Welche Produkte? Gab es Probleme oder Unverträglichkeiten?) eine wichtige Information für das Labor.

## EMPFEHLUNGEN ZUR TRANSFUSION VON EK BEI AKUTER ANÄMIE BEIM NORMOVOLÄMISCHEN PATIENTEN: INDIKATIONSSTELLUNG

Die Querschnitts-Leitlinien zur Therapie mit Blutkomponenten und Plasmaderivaten der Bundesärztekammer<sup>7</sup> beschreiben, dass der therapeutische Grund der EK-Gabe die Vermeidung bzw. Therapie einer manifesten anämischen Hypoxie ist. Die klinische Anämie-Symptomatik ist jedoch nicht spezifisch und auch der gemessene Hämoglobin(Hb)-Wert oder der Hämatokrit (Hkt) allein genügen nicht, eine rationale Indikationsstellung zur EK-Gabe zu begründen.

Zusätzlich zur (Re-)Evaluierung des aktuellen klinischen Zustandes und der Diagnostik sowie eventuell der Ergänzung der Anamnese sind daher folgende Kriterien zu beachten<sup>7</sup> (Kapitel 1.5.1.1 der Querschnitts-Leitlinien):

- Ursache, Dauer und Schweregrad der Anämie sowie die Dynamik der Ereignisse
- das Ausmaß und die Geschwindigkeit des Blutverlustes
- die individuelle Physiologie: Fähigkeit, den verminderten arteriellen Blutsauerstoffgehalt zu kompensieren
- vorbestehende Erkrankungen, die diese Kompensationsfähigkeit einschränken, z. B. kardiale, vaskuläre, pulmonale etc.
- der aktuelle klinische Zustand des Patienten: z. B. Fieber, akute Herz- oder Lungenerkrankung etc.
- intravasaler Volumenstatus (Normovolämie!)
- physiologische Transfusionstrigger = Symptome, die bei gesicherter Anämie und Normovolämie auf eine anämische Hypoxie hinweisen können (siehe unten!)<sup>7</sup>

Solche physiologischen Transfusionstrigger bei gesicherter Anämie und Normovolämie können sein (Tabelle 1.5.1.1 der Querschnitts-Leitlinien<sup>7</sup>):

- kardio-pulmonale Symptome wie
  - Tachykardie
  - Hypotension
  - Dyspnoe
  - Blutdruckabfall unklarer Genese
- Ischämietypische EKG-Veränderungen
  - Neu auftretende ST-Stecken-Senkungen/-Hebungen
  - Neu aufgetretene Herzrhythmusstörungen
- neu aufgetretene regionale myokardiale Kontraktionsstörungen im Echokardiogramm
- globale Indizes einer unzureichenden Sauerstoff (O<sub>2</sub>)-Versorgung
  - Abfall der gemischtvenösen O<sub>2</sub>-Sättigung (SvO<sub>2</sub>) < 50 % \*
  - Abfall der zentralvenösen O<sub>2</sub>-Sättigung (ScvO<sub>2</sub>) < 65–70 % \*
  - Laktatazidose: Laktat > 2 mmol/l und Azidose

\* Eine anämische Hypoxie einzelner Organe oder Gewebe kann auch bei höheren SvO<sub>2</sub> oder ScvO<sub>2</sub>-Werten nicht sicher ausgeschlossen werden, wenn die O<sub>2</sub>-Extraktion aus dem arteriellen Blut gestört ist.

Berücksichtigt man die oben beschriebenen Kriterien und Trigger, so soll die Indikation zur Gabe von EK streng gestellt werden. **Abbildung 5**, entnommen aus den Querschnitts-Leitlinien<sup>7</sup>, zeigt die zusammengefassten Empfehlungen zur Transfusion von EK bei akuter Anämie unter Einbezug des aktuellen Hb-Wertes bei Normovolämie, dem Vorliegen von individuellen Risikofaktoren des Patienten sowie seiner Kompensationsfähigkeit und dem Vorhandensein physiologischer Transfusionstrigger (siehe oben).

Die Indikation zur Transfusion von EK bzw. dem Nicht-Vorliegen einer solchen Indikation wird in einer Klassifizierung der Empfehlungen bewertet (rechte Spalte). Dabei zeigt eine „1“ ein eindeutiges Nutzen-Risiko (N/R)-Verhältnis an, während „2“ ein unklares N/R-Verhältnis abbildet. Das Evidenz-Level ist von „A“ = höchstes Level (randomisierte, kontrollierte Studien ohne wesentliche methodische Einschränkungen + eindeutiges Ergebnis) über „C+“, „B“ bis „C“ (Beobachtungsstudien ohne Kontrollgruppe, jedoch mit überzeugendem Ergebnis) eingeteilt.

Die Tabelle zeigt, dass eine klare Transfusionsindikation (1 A) für EK bei einem Hb-Wert < 7 g/dl / < 4,3 mmol/l besteht, obwohl Ausnahmen bei adäquater Kompensation davon möglich sind. Dann sind individuell auch niedrigere Hb-Werte tolerabel<sup>7</sup>.

Am anderen Ende der Tabelle bei einem Hb-Wert  $> 10 \text{ g/dl}$  /  $> 6,2 \text{ mmol/l}$  besteht mit ebenfalls klarer Bewertung (1 A) keine Indikation für die EK-Gabe mehr, obwohl auch hier in begründeten Einzelfällen eine Transfusion selbst bei höheren Werten indiziert sein kann<sup>7</sup>.

Zwischen einem Hb-Wert von größer gleich  $7 \text{ g/dl}$  und einem Hb-Wert von kleiner  $8 \text{ g/dl}$  ( $\geq 4,3$  und  $< 5,0 \text{ mmol/l}$ ) hängt die Transfusionsindikation vom Vorhandensein von Risikofaktoren, einer eingeschränkten Kompensation oder gar vom Hinweis auf eine anämische Hypoxie (= physiologische Transfusionstrigger) ab. Ist einer der drei genannten Faktoren vorhanden, so ist eine Transfusionsindikation gegeben, liegt keiner der drei Faktoren vor, dann nicht.

Zwischen einem Hb-Wert von größer gleich  $8 \text{ g/dl}$  und einem Hb-Wert von kleiner  $10 \text{ g/dl}$  ( $\geq 5,0$  und  $< 6,2 \text{ mmol/l}$ ) ist eine sehr schwache Transfusionsindikation (2 C) beim Vorhandensein von Hinweisen auf eine anämische Hypoxie (= physiologische Transfusionstrigger) gegeben<sup>7</sup>.

Hämoglobin-Bereich	Kompensation / Risikofaktoren	Transfusion: JA / NEIN	Bewertung
$< 7 \text{ g/dL}$ ( $< 4,3 \text{ mmol/L}$ )	-	ja*	1 A
$\geq 7 \text{ g/dL}$ und $< 8 \text{ g/dL}$ ( $\geq 4,3$ und $< 5,0 \text{ mmol/L}$ )	Kompensation adäquat / keine Risikofaktoren	nein	1 A
	Eingeschr. Kompens. / Risikofaktoren vorh.	ja	1 A
	Zeichen anämischer Hypoxie	ja	1 C+
$\geq 8 \text{ g/dL}$ und $< 10 \text{ g/dL}$ ( $\geq 5,0$ und $< 6,2 \text{ mmol/L}$ )	Zeichen anämischer Hypoxie	ja	2 C
$> 10 \text{ g/dL}$ ( $> 6,2 \text{ mmol/L}$ )	-	nein**	1 A

\* in Einzelfällen auch niedrigere Hb-Werte tolerabel

\*\* in begründeten Einzelfällen auch Transfusion bei Hb-Werten  $> 10 \text{ g/dL}$

Abbildung 5: Empfehlung zur Transfusion von EK bei akuter Anämie (normovolämischer Patient!).

Modifiziert aus: Querschnitts-Leitlinien zur Therapie mit Blutkomponenten und Plasmaderivaten; Herausgeber: BÄK; Gesamtnovelle 2020

## KURZER EXKURS: HERSTELLUNG DER BLUTPRÄPARATE, BLUTSPENDER-SCREENING UND IMMUNHÄMATOLOGISCHE GRUNDLAGEN

Abbildung 6 zeigt die Herstellung von Blutkomponenten aus Vollblutspenden. Hierbei sei auf Heft 33/2019 der hämotherapie verwiesen, in welchem ein ganzer Beitrag die aktuelle Herstellung beschreibt. Dadurch, dass die Blutverarbeitung im geschlossenen Beutelsystem erfolgt, werden nur bei der Blutentnahme vom Blutspender und bei der Transfusion „offene Prozesse“ in das Inline-Verfahren eingeführt. Die zellulären Blutpräparate werden darüber hinaus einer Leukozyten-Filtration und damit einer Abreicherung der Spenderleukozyten unter  $1 \times 10^6$  pro Beutel unterzogen.

Durch die Auftrennung in die einzelnen Blutkomponenten EK, Thrombozytenkonzentrat (TK) und therapeutisches Plasma (TP) können den einzelnen Patienten jeweils genau die fehlenden Blutkomponenten zur Verfügung gestellt werden. Durch die Zugabe von Additivlösungen zu den zellulären Blutprodukten kann unter anderem auch deren Haltbarkeit und Lagerfähigkeit erhöht werden.

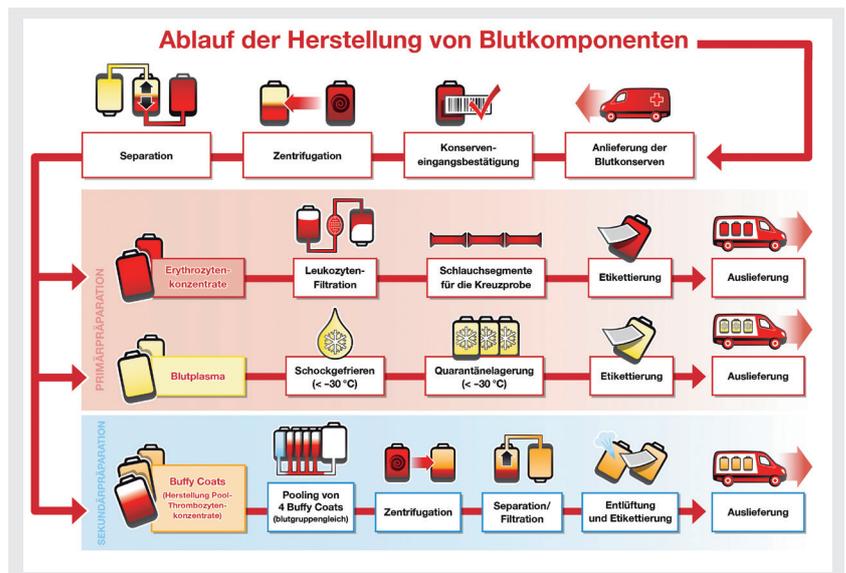


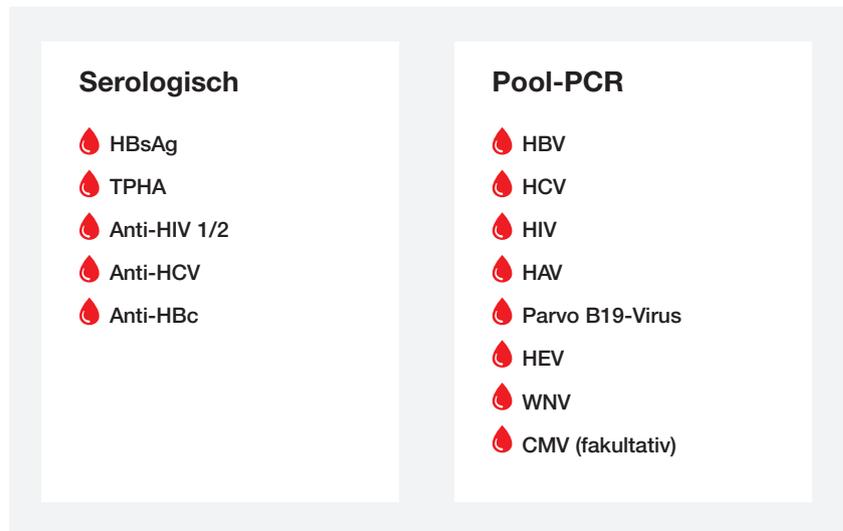
Abbildung 6: Ablauf der Herstellung von Blutkomponenten.

Bildnachweis: DRK-Blutspendedienst West

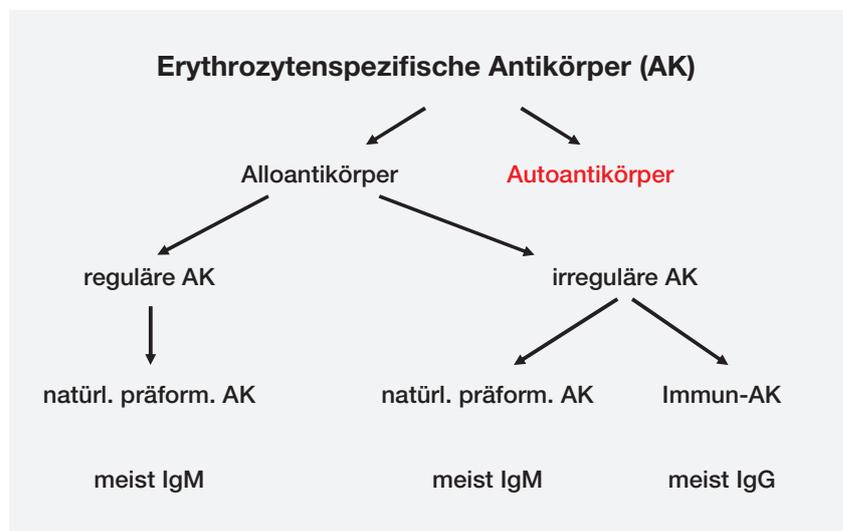
Das Blutspender-Screening in **Abbildung 7** stellt die durchgeführten Tests auf die transfusionsmedizinisch relevanten Pathogene wie HIV, HAV, HBV, HCV und Syphilis, aber auch auf „neuere Erreger“ wie HEV und WNV (in den Sommermonaten) dar. Wie Ihnen bereits bekannt ist, können auf Anforderung auch negativ auf CMV getestete EK und TK abgegeben werden.

Die **Abbildung 8** zeigt leicht verkürzt die Systematik der Antikörperterminologie beim Patienten auf. Unter den erythrozytenspezifischen Antikörpern wird zwischen Auto- und Allo(Fremd)-Antikörpern unterschieden. Während erstere vor allem bei Autoimmunprozessen zum Tragen kommen, gibt es bei den Alloantikörpern reguläre und irreguläre Antikörper. Regulär sind beispielsweise die Isoagglutinine „Anti-A“ und „Anti-B“ die bei der entsprechenden Blutgruppe (z. B. Blutgruppe 0) natürlich gebildet werden und deshalb ab dem vollendeten ersten Lebensjahr präformiert sind. Irreguläre Antikörper kommen nicht regelhaft, sondern im Regelfall nach Transfusion oder Schwangerschaft vor, aber auch hier kann es natürlich präformierte Antikörper ohne vorherige Schwangerschaft oder Transfusion geben (z. B. nur kältewirksamer IgM-Antikörper „Anti-Le“). Obwohl in den genannten Gruppen ebenfalls klinisch relevante Antikörper vorkommen können, sind die meisten der uns im Labor beschäftigenden Alloantikörper irreguläre Antikörper meist vom IgG-Typ, die als Immun-Antikörper bei 37 °C im indirekten Antihumaglobulin-Test wirksam und von klinischer Relevanz sind. Sie sind häufig durch Schwangerschaften oder Vortransfusionen gebildet worden.

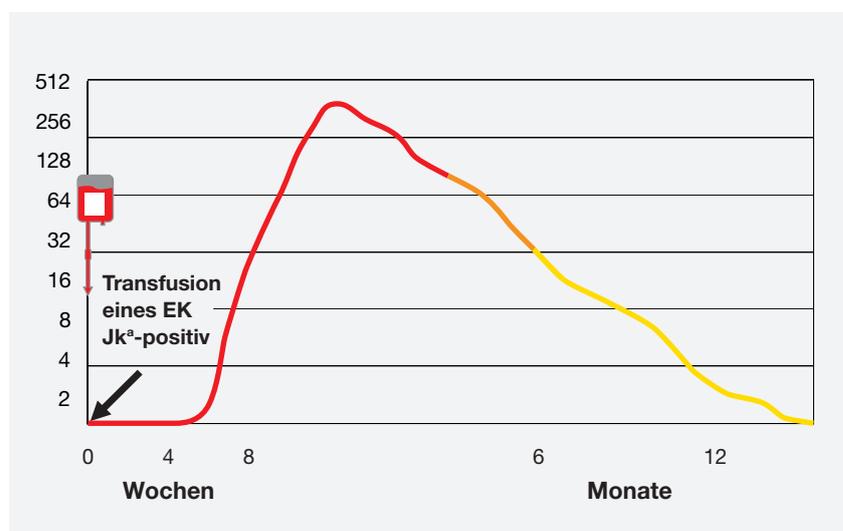
Wird ein Patient, wie in **Abbildung 9** gezeigt, neu und erstmals gegenüber einem bei ihm selbst nicht vorhandenen Antigen (hier: Jk(a)) exponiert, so kann es in seltenen Fällen zu einer primären Immunantwort kommen: Das Immunsystem dieses Patienten kann sehr selten einen Antikörper gegen das für ihn fremde Jk(a)-Antigen bilden. Diese Antikörperbildung bei der Primärimmunantwort dauert wie jede primäre Immunreaktion Wochen. Die transfundierten EK sind bis zum Anstieg des Antikörpertiters längst abgebaut.



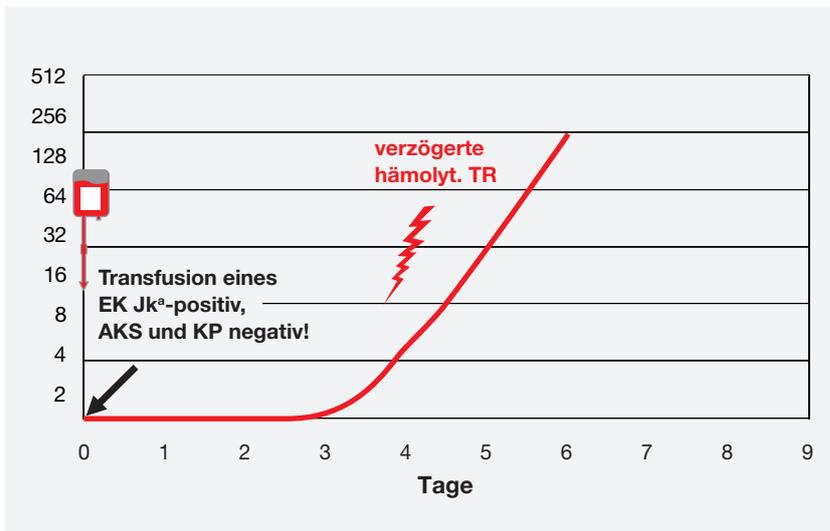
**Abbildung 7:** Blutspender-Screening



**Abbildung 8:** Systematik der Antikörperterminologie. Modifiziert nach Dr. J. Hoch, Universitätsklinikum Bonn



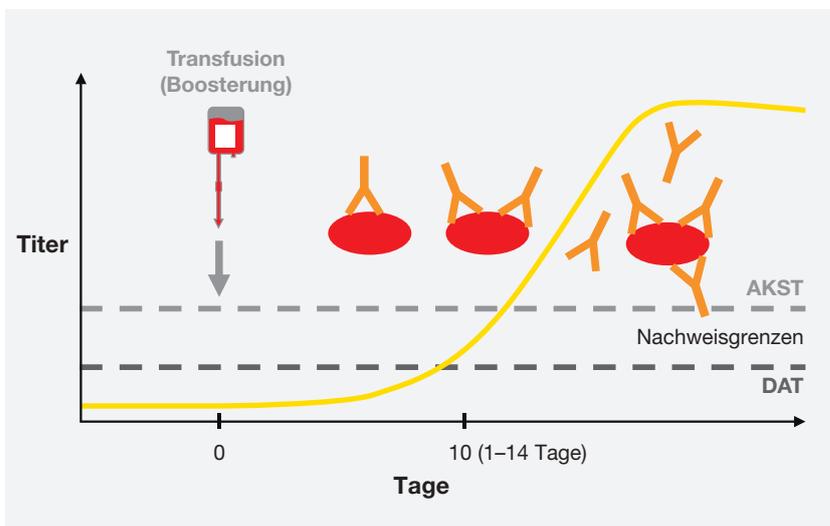
**Abbildung 9** Primärimmunantwort und Titerverlauf (z. B. Anti-Jk<sup>a</sup>). Modifiziert nach Dr. J. Hoch, Universitätsklinikum Bonn



**Abbildung 10:** Sekundärimmunantwort bei nicht bekannter, lange zurückliegender Sensibilisierung (typ. Kidd-AK). Modifiziert nach Dr. J. Hoch, Universitätsklinikum Bonn

jedem Fall zum Verlust der transfundierten Erythrozyten. Oft wird diese Reaktion erst verspätet bemerkt oder komplett übersehen, da die Patienten zu diesem Zeitpunkt, etwa 3–4 Tage nach Transfusion, häufig bereits aus der Klinik entlassen sind.

Aufgrund dieser verzögerten hämolytischen Transfusionsreaktion sind die Einhaltung der Gültigkeit der Kreuzprobe, ihre regelmäßige Wiederholung sowie die Weitergabe von Informationen zu vorbekannten Allo-Ak in Notfall-Pässen etc. von so großer Wichtigkeit und können nicht oft genug wiederholt werden.



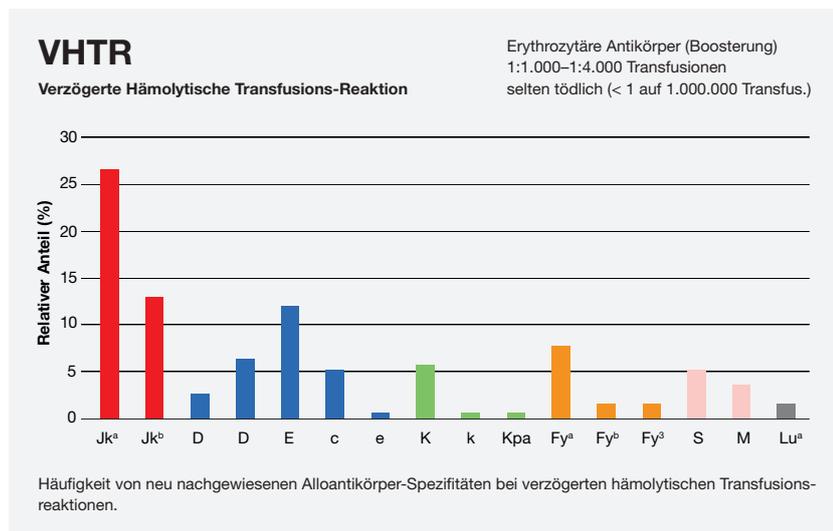
**Abbildung 11:** Verzögerte Transfusionsreaktion. Kritischer Zeitpunkt: DAT positiv, AKST noch negativ. Bildnachweis: Institut für Transfusionsmedizin und Immunhämatologie Frankfurt, DRK-Blutspendedienst Baden-Württemberg – Hessen gemeinnützige GmbH

DAT wird (zuerst schwach) positiv. Freie Anti-Jk(a)-Antikörper liegen im Serum noch nicht vor, da die ersten Antikörper rasch an die vorhandenen Jk(a)-Antigene binden. Der DAT ist positiv, der AKST ist (noch) negativ. Hier kann mittels eines aufwendigen Verfahrens der Antikörper von den Erythrozyten „abgesprengt“ werden (Elution) und dessen Spezifität im besten Falle ermittelt werden. In solchen Fällen (schwach positiver DAT innerhalb von drei Wochen nach Transfusion) kann mittels des beschriebenen Verfahrens der Elution evtl. ein Alloantikörper deutlich früher als im AKST nachgewiesen werden. Besonders wichtig ist der DAT und die Elution auch im Falle eines positiven DAT bei einem Neugeborenen zum Ausschluss eines *Morbus haemolyticus neonatorum* (MHN).

Wird derselbe Patient, bei dem zwischenzeitlich keine weiteren immunhämatologischen Untersuchungen mehr stattgefunden hatten und dessen Antikörpertiter zwischenzeitlich unter die Nachweisgrenze abgefallen ist (**Abbildung 10**), erneut dem Antigen (hier im Beispiel: Jk(a)) ausgesetzt, so steigen die Antikörper nach dieser „Boosterung“ innerhalb weniger Tage im Serum des Patienten an und die transfundierten Erythrozyten werden mit Antikörper beladen und in der Leber bzw. Milz aus der Zirkulation entfernt. Diese verzögerte hämolytische Transfusionsreaktion kann mit Fieber und Ikterus einhergehen, führt aber in

Laborchemisch lässt sich bei Verdacht auf eine solche verzögerte hämolytische Transfusionsreaktion mit dem direkten Antihumanoglobulin-Test (DAT) die Beladung der transfundierten Erythrozyten mit dem Alloantikörper frühzeitig erfassen, bevor der Antikörpertiter wieder so hoch angestiegen ist, dass er im Antikörpersuchtest (AKST) nachweisbar wird (**Abbildung 11**): Wenige Tage nach der zweiten Transfusion und „Boosterung“ (siehe Beispiel oben!) treten hier im Beispiel die ersten Anti-Jk(a)-Antikörper auf und beladen zuerst die transfundierten Erythrozyten, die ja das „fremde“ Antigen Jk(a) tragen: Der

Im Rahmen der Abklärung einer verzögerten hämolytischen Transfusionsreaktion (VHTR) finden sich nicht in allen Fällen spezifische Alloantikörper. Aus der SHOT-Datenbank in Großbritannien finden sich folgende Antikörperspezifitäten in abnehmender Reihenfolge (**Abbildung 12**): Antikörper gegen Antigene des Kidd-Blutgruppensystems, des Rhesus-Systems, des Kell-Systems, des Duffy-Systems sowie des MNSs-Systems<sup>1</sup>.



**Abbildung 12:** VHTR – Verzögerte Hämolytische Transfusions-Reaktion.  
 Auswertung der Angaben in den Jahresberichten 2006–2009 „*Serious Hazards of Transfusion*“ (SHOT),  
[www.shotuk.org](http://www.shotuk.org)

## ÜBERPRÜFEN DER GELIEFERTEN BLUTPRODUKTE VOR DER TRANSFUSION

Werden bestellte Blutpräparate auf Station oder in den OP geliefert oder aus der Blutbank bzw. dem Depot abgeholt, so ist besonderes Augenmerk auf die Beutelsysteme und den Inhalt sowie die Begleitpapiere zu legen. Die Beutelsysteme sind auf (Mikro-)Leckagen hin zu überprüfen, welche die Gefahr einer bakteriellen Kontamination des Blutproduktes bergen. Ein defektes Beutelsystem sollte umgehend als Reklamation in die Blutbank zurückgesandt und nicht transfundiert werden! Einen deutlichen Hinweis auf Leckagen geben Blutreste auf den Konserven.

Alle Blutbeutel sind auf größere Luftblasen hin zu untersuchen: Kleinste Bläschen sind vereinzelt vorkommend nicht auffällig. Bei größeren Luftblasen ist das Produkt jedoch zu reklamieren.

Steht ein EK länger aufrecht (z. B. im Blutpräparate-Kühlschrank), so kann auch der Überstand in den oberen Zentimetern des Beutels beurteilt werden: Eine Rotverfärbung spricht für eine Schädigung der Erythrozyten durch Hämolyse und sollte zur Zurückweisung führen.

Im Blutbeutel dürfen keine Koagel (Gerinnsel; EK), keine größeren Thrombozyten-Aggregate (TK) und keine Fremdkörper oder Gerinnsel (TP und TK) vorkommen. Das Thrombozytenkonzentrat sollte im Gegenlicht bewegt das typische Strudelphänomen (*Swirling*) zeigen. Es macht Sinn, sich dieses Phänomen an einem TK zeigen zu lassen, so dass im Zweifelsfall das „Normale“ sicher erkannt wird.

Mithilfe der Begleitpapiere und der Beutel wird überprüft:

- Ist das Blutprodukt für den Patienten bestimmt?
- Entspricht die Blutgruppe des EK oder TP derjenigen des Patienten bzw. ist sie kompatibel mit der Blutgruppe des Patienten (siehe unten)?
- Entspricht die Chargennummer des Blutpräparates derjenigen auf dem Begleit-/Kreuz-/Lieferschein?
- Für EK: Ist die Kreuzprobe noch gültig und ist das EK verträglich getestet?
- Für alle Blutpräparate: Sind die Haltbarkeitsdaten nicht überschritten?



Abbildung 13: Swirling bei Thrombozytenkonzentraten

Abbildung 13 zeigt das Strudel-Phänomen (*Swirling*) bei Thrombozytenkonzentraten, welches ein Zeichen guter Qualität des TK ist.

Dagegen zeigen die Abbildungen 14–16 Beispiele beschädigter, nicht transfundierbarer Blutkomponenten.



Abbildung 14: Ablagerung im Plasmabeutel



Abbildung 15: Koagel im therapeutischen Plasma (TP), bedingt durch unsachgemäßes Erwärmen



Abbildung 16: Schwarzverfärbung des EK-Beutels und Hämolyse

## BLUTGRUPPEN-KOMPATIBILITÄT

EK müssen ABO-gleich transfundiert werden. Ist dies, beispielsweise in Notfällen, nicht möglich, so können auch ABO-majorkompatible EK (Beispiel: EK Blutgruppe A oder 0 bei Patient mit der Blutgruppe A) transfundiert werden. Diese Ausnahmen sind zu dokumentieren<sup>7</sup>.

Abbildung 17 zeigt die Blutgruppenverträglichkeiten im ABO-System und die daraus resultierenden theoretischen Verträglichkeiten von EK, TP und TK.

Auch für therapeutisches Plasma gilt, dass es generell ABO-gleich transfundiert wird. Für Notfälle und medizinische Sonderfälle reserviert ist hier das AB-Plasma, das mit allen ABO-Blutgruppen kompatibel ist. Da nur 4 % der Blutspender die Blutgruppe AB besitzen, verbietet sich die Gabe von AB-FFP als einer Art „Universalplasma“.

Patient	EK	TP/FFP	Pool-TK* (nur bei Erwachsenen)
A	A oder 0	A, AB	A, AB, 0, B
B	B oder 0	B, AB	B, AB, 0, A
AB	AB, (A, B) oder 0	AB	AB, A, B, 0
0	0	0, A, B, AB	0, AB, B, A

**Wichtig für den Notfall!**

• Plasma zu > 2/3 ersetzt durch T-So  
 \* BG-Wechsel (Major-inkompatibel) mit 20–30 % geringerem Inkrement; nicht bei Kindern < 25kg KG!; dort wie FFP!

Abbildung 17: Blutgruppenverträglichkeiten im ABO-System. TP: Therapeutisches Plasma; FFP: Fresh Frozen Plasma

Thrombozyten tragen nur ca. 10 % der ABO-Antigene der Erythrozyten. Die heute meist plasma-reduziert hergestellten Apherese- und Pool-TK – und nur solche – können erwachsenen Patienten mit einem Körpergewicht > 25 kg auch nicht ABO-gleich verabreicht werden, wobei auch hier versucht wird, eine ABO-gleiche Versorgung zu gewährleisten.

Patienten mit einem Körpergewicht unter 25 kg erhalten entweder ABO-gleiche TK oder im Notfall wie beim Plasma ABO-minorkompatible TK (am häufigsten TK der BG AB). Für nicht-plasmareduzierte Apherese-TK gelten die Blutgruppenzuordnungen des jeweiligen Herstellers.

Da TK eine geringe Menge an Erythrozyten enthalten, sollten speziell bei der Indikationsstellung für Mädchen und gebärfähige Frauen der RhD-Faktor berücksichtigt werden. Ist im Notfall die Transfusion eines RhD-positiven TK auf ein RhD-negatives Mädchen oder eine RhD-negative gebärfähige Frau unvermeidbar, so ist die Applikation einer Anti-D-Prophylaxe (150–300 µg Anti-D-IgG i. v.) indiziert<sup>7</sup>.

## ABO-IDENTITÄTSTEST / BEDSIDE-TEST

Der ABO-Identitätstest oder – aufgrund seiner Durchführung am Bett des zu transfundierenden Patienten auch Bedside-Test genannt – gehört zu den wichtigen Sicherheitsmaßnahmen im Rahmen der Transfusion. Er kann eine ABO-Inkompatibilität aufdecken, falls das gelieferte EK nicht mit der Blutgruppe des Patienten übereinstimmt. Er ist vom transfundierenden Arzt oder unter seiner direkten Aufsicht unmittelbar vor der Transfusion mit einer frischen Blutprobe des Patienten durchzuführen und das Ergebnis ist schriftlich zu dokumentieren<sup>7</sup>.

### Bedside-Test

Dokumentation (§ 14 Abs. 2 und Abs. 3 TFG)

**Vor jeder Transfusion:**  
**Auch (und besonders!) im Notfall!**  
**Beim Patienten vorgeschrieben!**  
**Für homologe Blutkomponenten optional,**  
**ABER: Für autologe Blutkomponenten vorgeschrieben!**

**SHOT (Serious Hazards of Transfusion)-Studie (UK)**  
 Blut-Komponenten (1996 bis 2000) ≅ 14 Millionen  
**„Falsches Blut“: 509 Fälle; 1 in 28.000 Transfusionen (retrospektiv!)**




Abbildung 18: Bedside-Test

Auch im Notfall ist der ABO-Identitätstest unverzichtbar. Bei Fremdblut genügt der ABO-Identitätstest am Patienten, beim Eigenblut muss ein zweiter ABO-Identitätstest zusätzlich auch mit der Eigenblut-Konserve durchgeführt und dokumentiert werden.

Immer wieder gibt es Diskussionen, wann und wie häufig der ABO-Identitätstest durchzuführen ist. Hier hat es sich bewährt, mit allen Beteiligten im Rahmen der Transfusionskommission eine klinikeinheitliche Regelung zu treffen und die Transfundierenden im Anschluss so zu schulen.

## VORBEREITUNG UND DURCHFÜHRUNG DER TRANSFUSION

Müssen Blutprodukte vor der Transfusion erwärmt werden – immer bei TP/GFP (therapeutisches Plasma/gefrorenes Frischplasma), teilweise bei EK bei Vorliegen eines hochtitrigen Kälteantikörpers oder einer Kälteagglutininkrankheit beim Empfänger – so dürfen dafür nur zertifizierte und für das jeweilige Blutprodukt zugelassene Blutwärmegeräte verwendet werden. Niemals dürfen zum Beispiel gefrorene Frischplasmen in einem Wasserbad aufgewärmt werden! Dabei ist die Kontaminationsgefahr viel zu groß!

Lagerungsbedingungen	Temperatur	Haltbarkeit
Erythrozytenkonzentrate (EK)	+ 4 °C	35 (-49) Tage*
Gefrorenes Frischplasma (FFP)	< -30 °C	2 Jahre
Thrombozytenkonzentrat (TK)	+ 22 °C	4 (5)Tage + ständige Agitation

Transportbedingungen	Temperatur	Haltbarkeit
Erythrozytenkonzentrate (EK)	+ 2 °C bis + 4 °C	
Gefrorenes Frischplasma (FFP)	tiefgefroren	aufgetaut: RT, sofort transfundieren!
Thrombozytenkonzentrat (TK)	Raumtemperatur (RT)	sofort transfundieren!

Abbildung 19: Lagerung & Transport (\* je nach Hersteller)

Der Zeitpunkt der Erwärmung ist zu dokumentieren.

Blutprodukte sollten möglichst erst direkt vor der Transfusion „angestochen“ werden und sowohl EK, als auch TK und TP/GFP dürfen nur mittels zugelassener Transfusionssysteme mit Standard-Filter (Porengröße 170–230 µm) transfundiert werden.

Wichtig ist ein eigener venöser Zugang für die Transfusion bzw. bei einem zentralvenösen Zugang ein eigener Schenkel, über den über den Zeitraum der Transfusion keine anderen Flüssigkeiten verabreicht werden. Infusionslösungen enthalten zum Teil Calciumionen, die in den Blutprodukten den Gerinnungsablauf, der durch das enthaltene Citrat unterbunden ist, anstoßen können. Deshalb dürfen sie nicht über den identischen Zugang verabreicht werden. Ebenso sind viele Medikamente wie Zytostatika, Katecholamine oder Antibiotika etc. nicht isoton und haben auch nicht immer einen physiologischen pH-Wert. Daher gilt: Keine parallele Verabreichung von anderen Infusionslösungen über denselben Schenkel bzw. iv-Zugang!

## ÜBERWACHUNG UND NACHSORGE, DOKUMENTATION

Während und nach der Transfusion muss der Patient überwacht werden. Diese Tätigkeit kann vom transfundierenden Arzt an das Pflegepersonal delegiert werden, jedoch muss der Arzt für Notfälle unmittelbar erreichbar sein. Auch hier bewährt es sich, für die verschiedenen Transfusions-Szenarien lokale Überwachungs-Protokolle festzulegen und in der Sitzung der Transfusionskommission zu verabschieden. Blutdruck, Puls und ggf. Körpertemperatur sollten regelmäßig während und nach der Transfusion gemessen und das körperliche Befinden des Transfusionsempfängers überprüft werden.



**Abbildung 20:** Krankenpflegerin betreut Patientin

mung, Kreuzprobe, aber auch Laborwerte, die die Indikation begründen oder Wirkung und unerwünschte Ereignisse dokumentieren etc.), Indikation zur Anwendung und Verschreibung (= Anforderung), das Ergebnis des Bedside-Tests, der Zeitpunkt der Transfusion sowie Anzahl und Charge der verabreichten Blutprodukte, alle beobachteten oder durch Laborergebnisse dokumentierten Wirkungen des Blutproduktes und alle unerwünschten Ereignisse müssen so zusammengetragen werden<sup>4</sup>. Bei auftretenden unerwünschten Ereignissen sei neben der Dokumentation in der Patientenakte auch auf die Meldung innerhalb und je nach Schweregrad auch außerhalb des Krankenhauses an den pharmazeutischen Hersteller und gegebenenfalls die Bundesoberbehörde, das Paul-Ehrlich-Institut, erinnert.

## DANKSAGUNG

Herrn Priv.-Doz. Dr. med. Franz Wagner, Springe, DRK-Blutspendedienst NSTOB, sei für seine Überarbeitung des Textes und der Abbildungen und für seine wertvollen Kommentare herzlich gedankt.

Nach Abschluss der Transfusion wird der Blutbeutel mit anhängendem Transfusionssystem steril verschlossen (z. B.: mit einem „Rotkännchen“ im Transfusionssystem) und für 24 Stunden im Kühlschrank bei +1 °C bis +10 °C aufbewahrt. Danach kann der leere Blutbeutel mit dem infektiösen Müll entsorgt werden.

Nach der Transfusion muss die Dokumentation der Anwendung, soweit noch nicht erfolgt, vervollständigt werden: Aufklärung und Einwilligungserklärung, alle Laborergebnisse (u. a. Blutgruppenbestimmung,

## Die Autoren



**Dr. med. Markus M. Müller**  
Ärztlicher Direktor des Institutes für Transfusionsmedizin und Immunhämatologie (ITM) in Kassel, DRK-Blutspendedienst Baden-Württemberg – Hessen gemeinnützige GmbH  
m.mueller@blutspende.de



**PD Dr. med. Thomas Zeiler**  
Ärztlicher Geschäftsführer  
DRK-Blutspendedienst West gemeinnützige GmbH  
Zentrum für Transfusionsmedizin Breitscheid  
t.zeiler@bsdwest.de

Die Literaturhinweise zu diesem Artikel finden Sie im Internet zum Download unter: [www.drk-haemotherapie.de](http://www.drk-haemotherapie.de)