

# Optimierung der Entnahmeschemata bei der präoperativen Eigenblutspende

## Einleitung

Die präoperative Eigenblutspende (EBS) hat während der letzten 10 – 15 Jahre kontinuierlich und sehr deutlich an klinischer Bedeutung verloren. Lag der Anteil der EBS am Gesamtaufkommen aller Blutspenden im Jahre 2000 bei etwas über 4 %, so ist er seitdem stetig bis auf ca. 0,7 % in 2009 gesunken (1). Dennoch aber liegt die Verfall-/Verwurfrate von Eigenblutkonserven weiterhin bei ca. 40 % (1); d. h. in einer Größenordnung die um etwa den Faktor 10 höher ist als bei Fremdblutkonserven und nach wie vor als Indiz für wenig kritisches Handeln bei der Indikationsstellung zur EBS interpretiert werden kann. Ein wesentlicher Grund für die gesunkene Bedeutung der EBS liegt ohne Zweifel in der mit Einführung der PCR-Testung in 1999 entscheidend gestiegenen Sicherheit allogener Blutprodukte betreffend der Transfusions-assoziierten viral-infektiösen Risiken. Schließlich waren es nicht zuletzt gerade diese potentiellen Risiken, welche ab Mitte der 1980er Jahre einen Boom autologer Transfusionsalternativen bewirkten, in Deutschland insbesondere der EBS. Andere Gründe für die aktuell extrem geringe Bedeutung der EBS sind ein verändertes, restriktives Transfusionsverhalten und nicht zuletzt auch das kritische Hinterfragen

der Effektivität der EBS: „Erythrozytengewinn durch präoperative Eigenblutspende – rote Zellen oder rote Zahlen?“ (2) bzw. „Preoperative autologous deposit – rather illusion but resolution to the shortage of allogeneic RBC to come?“ (3). Vor den sich entwickelnden demographischen Veränderungen (4 – 7), welche nicht zuletzt auch ihren Niederschlag in den entsprechenden Richtlinien der BÄK (Alter, Begleitmedikation) (8) und der transfusionsmedizinischen Spendepaxis finden (9, 10), erscheint eine erneute, rationale Befassung mit der Eigenblutspende und deren Optimierungspotential als eine autologe Alternative und zugleich als eine mögliche, rationale „Basis-Sicherheitsreserve“ betreffend nicht vorhersehbarer Risiken der allogenen Transfusion („the next virus“) durchaus sinnvoll.

Per se stellt die Eigenblutspende (EBS) nichts anderes dar als den Transfer von Blut bzw. Erythrozyten vom Patienten in einen Plastikbeutel. Soll diese Maßnahme ihren Zweck erfüllen, dass nämlich infolge der EBS zum Operationstermin insgesamt deutlich mehr Erythrozyten zur Verfügung stehen (d. h. in vivo regeneriert plus ex vivo gelagert) als zum Zeitpunkt der Indikationsstellung zur Operation, dann muss die mittels EBS entnommene Erythrozytenmenge

Prof. Dr. med. Günter Singbartl

Facharzt für Anaesthesiologie – Gesundheitsökonom (ebs)  
Tannenweg 15  
D-29614 Soltau

## Zusammenfassung

Der Fremdblut sparende positive Effekt der präoperativen Eigenblutspende (EBS) resultiert aus der kompensatorischen Erythropoese, die durch die Eigenblutspende induziert wird. Um die EBS effektiv und effizient zu gestalten muss das Verfahren an die Physiologie der Erythropoese angepasst werden. Dabei haben zwei Faktoren nachgewiesenermaßen entscheidenden Einfluss. Dies ist einerseits eine (unter Berücksichtigung der individuellen Verträglichkeit) effektive und rasche Absenkung des HKT durch die Eigenblutspende zur Stimulation der Erythropoese und andererseits ein ausreichender Zeitraum für die kompensatorische Erythropoese von 5 oder mehr Wochen zwischen Eigenblutspende und Operationstermin. Klinische Daten haben gezeigt, dass dies durch die Entnahme von zwei Erythrozytenkonzentrat in einer Sitzung erreicht werden kann. Nur durch ein rationales und an der Physiologie der Erythropoese ausgerichtetes Konzept kann die EBS wieder klinische Bedeutung erlangen und dies insbesondere vor dem Hintergrund der demographischen Entwicklung mit einerseits steigendem Blutbedarf und andererseits sinkenden Spenderzahlen.

## Summary

The positive effect of preoperative autologous blood donation (PABD) results from compensatory in vivo erythropoiesis induced by blood donation. To make this measure an efficacious and effective transfusion alternative, the PABD-concept has to be adapted to the physiological principles of erythropoiesis. Only two clinical parameters are of decisive impact on efficacy of PABD – namely, a low hct-level after PABD (in order to push erythropoiesis as strong as possible), and a long time-interval (5+ weeks) between last PABD and elective surgery allowing sufficient time for RBC-regeneration. Clinical data have shown that depositing two RBC-units within one PABD-session (double-unit deposit) is a reasonable, efficacious and effective method. Only by applying a rational and physiology-adapted PABD-concept, PABD may gain a second chance of clinical establishment, especially before the background of demographic changes; i.e. a declining and aging population associated with a decline in volunteer donors, however, with an increasing demand for blood products.

bis zum Operationstermin weitestgehend wieder in vivo neu gebildet worden sein (11, 12).

### Analyse verschiedener Schemata zur Eigenblutspende

In einer multiplen univariaten Varianzanalyse bei insgesamt 704 Patienten mit 1 bzw. 2 EBS konnten wir zeigen, dass lediglich zwei Kriterien die entscheidenden Determinanten für die regenerierte Erythrozytenmenge darstellen; nämlich der Hämatokritwert sowie das Zeitintervall zwischen EBS und Operationstermin (Hk:  $F = 238,2$ ;  $p < 0,000$ ; Zeitintervall:  $F = 90,8$ ;  $p < 0,000$ ) (13). Die entsprechenden Korrelationsanalysen zeigen einen direkten, d. h. positiven Zusammenhang zwischen dem Zeitintervall und dem Erythrozytenzugewinn nach EBS sowie eine inverse, d. h. negative Beziehung zwischen dem Hk-Wert und dem EBS-induzierten Erythrozytenzuge-

winn (13): Je länger das Zeitintervall, desto größer der EBS-induzierte Erythrozytenzugewinn, bzw. je niedriger der Hk, desto höher der EBS-induzierte Erythrozytenzugewinn. Für die Hämoglobinsynthese jedoch ist Eisen von essentieller Bedeutung. Bei Eisenmangel wird anstelle von Eisen Zink in das Protoporphyrin IX-Molekül eingebaut, und anstelle des Häm-Moleküls, welches sich mit Globin zum Hämoglobin-Molekül verbindet, entsteht dann Zink-Protoporphyrin, welches allerdings für den  $O_2$ -Transport im Blut nicht geeignet ist. Betreffend der EBS ist die Datenlage zur Bedeutung der Eisensubstitution jedoch widersprüchlich; es gibt diesbezüglich auch keine allgemein gültigen Empfehlungen für die klinische Praxis der EBS.

Physiologischerweise beträgt das Zeitintervall zwischen dem ersten Nachweis von erythroiden Vorläuferzellen im Knochenmark bis zum Erscheinen reifer, funktionstüchtiger /

$O_2$ -transportierender Erythrozyten im peripheren Blut 21 - 30 Tage (14). Bei Entnahme von 500 ml Blut wird ein Zeitraum von etwa 40 Tagen bis zur vollständigen Erythrozytenregeneration beschrieben (15). Wie von diesen Autoren zitiert (15), wird sogar über eine Zeitspanne zwischen 21 und 98 Tagen bis zur vollständigen Erythrozytenregeneration berichtet. Die entsprechende Analyse in einem „2-EBS-Konzept“ ergab, dass für die Regeneration von einer entnommenen Einheit eine Zeitspanne von 4 - 5 Wochen und für die Regeneration von 2 entnommenen Einheiten von 5 - 6 Wochen benötigt werden (16).

Systematische Untersuchungen zu einem Physiologie-adaptierten EBS-Konzept sind in der Literatur sehr spärlich. Die nachfolgend dargestellten Daten entstammen u. a. verschiedenen Publikationen des Autors (Anästhesist) zur Analyse von Effektivität und entsprechender Optimierung eines unter transfusionsmedizinischer Verantwortung praktizierten EBS-Konzeptes (2, 3, 13, 17). Die klinische Relevanz des Zeitintervalls „EBS-Operationstermin“ auf die Erythrozytenregeneration sollte sich anhand eines „1-EBS-Konzeptes“ verdeutlichen lassen, während die Bedeutung des Hk-Wertes auf die Erythrozytenregeneration sich an-



## Zunahme des Erythrozytengewinn in Abhängigkeit von der Zeitspanne zwischen Eigenblutspende und Operations-termin jeweils für eine sowie zwei Eigenblutspenden.

	1 EBS (n = 439)			
T1 - Op (Tage)	22			
+RBC (ml)	109 (≈ 67 % eRBC)			
Patienten (n)	124	135	89	91
Wochen	≤ 2	> 2 - 3	> 3 - 4	> 4
T1 - Op (Tage)	12	19	25	37
+RBC (ml)	58	110	141	147

Tabelle 1a

	2 EBS (n = 265)			
T1 - Op (Tage)	36			
T1 - 2 (Tage)	16			
T2 - Op (Tage)	20			
+RBC (ml)	250 (≈ 75 % eRBC)			
+RBC 1 (ml)	89			
+RBC 2 (ml)	161			
Patienten (n)	52	80	77	56
Wochen	≤ 4	> 4 - 5	> 5 - 6	> 6
T1 - Op (Tage) (T1 - 2 ≈ 14 Tage)	24	32	39	47
+RBC (ml)	199	244	256	297

Tabelle 1b

### Tabelle 1a und 1b

- T1 - Op: Zeitintervall von Eigenblutspende bis Operationstermin.
  - T1 - 2: Zeitintervall zwischen erster und zweiter Eigenblutspende.
  - T2 - Op: Zeitintervall zwischen zweiter Eigenblutspende und Operationstermin.
  - +RBC: Erythrozytenzugewinn insgesamt nach Eigenblutspende.
  - +RBC 1: Erythrozytenzugewinn nach erster Eigenblutspende.
  - +RBC 2: Erythrozytenzugewinn nach zweiter Eigenblutspende.
  - % eRBC: Erythrozytenzugewinn in Prozent der mittels Eigenblutspende entnommenen Erythrozytenmenge.
- (Die Daten sind zur besseren Übersicht lediglich als Mittelwert ohne Standardabweichung angegeben (modifiziert nach 13)).

hand eines „2-EBS-Konzeptes“ aufzeigen lassen sollte.

**Tabelle 1a** und **1b** zeigen den jeweiligen Zugewinn an Erythrozyten für 1 sowie 2 EBS in Abhängigkeit von der jeweiligen Zeitspanne zwischen EBS und Operationstermin. Es findet sich jeweils eine Zunahme der nach 1 bzw. 2 EBS regenerierten

Erythrozytenmenge mit Zunahme des Zeitintervalls. Ein geschlechtsspezifischer Unterschied in den regenerierten Erythrozytenmengen ist nicht fest zu stellen, so dass hier nicht weiter darauf eingegangen wird. Bezogen auf die insgesamt entnommene Erythrozytenmenge wurden bei den Patienten mit 1 EBS im Mittel ca. 67 % und bei den Patienten

mit 2 EBS im Mittel 75 % regeneriert (**13**). Bezogen auf ein allogenes EK mit einer Erythrozytenmenge von 190 ml, haben von den 439 Patienten mit 1 EBS 25 % das Äquivalent von einem Erythrozytenkonzentrat und weitere 16 % den Gegenwert von mehr als einem Erythrozytenkonzentrat regeneriert; bei den 265 Patienten mit 2 EBS lagen die entsprechenden Äquivalenzwerte betreffend 2 Erythrozytenkonzentraten bei 20 % bzw. bei mehr als 2 Erythrozytenkonzentraten bei zusätzlichen ca. 5 %. Insgesamt haben somit jeweils deutlich weniger als 50 % der Patienten die mittels EBS entnommene Erythrozytenmenge bis zum Operationstermin vollständig regeneriert. Die in der **Tabelle 1a** und **1b** aufgezeigten Ergebnisse bzw. das diesen Ergebnissen zugrunde liegende EBS-Konzept weichen deutlich von den o. g. Voraussetzungen zur Physiologie einer suffizienten Erythropoese ab.

Bei differenzierter Analyse des Erythrozytenzugewinns beim 2 EBS-Konzept (**Tabelle 1b**) zeigt sich, dass bei in etwa vergleichbaren Zeitintervallen zwischen erster und zweiter Eigenblutentnahme (T1 - 2) sowie zweiter Eigenblutentnahme und Operation (T2 - Op) der Erythrozytenzugewinn nach der zweiten EBS fast doppelt so hoch und klinisch relevant größer ist als derjenige nach der

ersten Eigenblutentnahme. Das zeigt, dass neben dem Zeitintervall entsprechend der o. g. Determinanten der Hk-Wert von wesentlicher Bedeutung ist für die EBS-induzierte Erythrozytenregeneration.

**Tabelle 2** zeigt die jeweiligen Hämatokritwerte sowie die entsprechenden Erythrozytenregenerationsraten (ml +RBC pro Tag) für die Patienten mit 1 sowie 2 EBS. Mit sinkendem Hk zwischen erster und zweiter EBS steigt im „2-EBS-Kollektiv“ die tägliche Erythrozytenregenerationsrate statistisch signifikant an. Somit zeigen die in **Tabelle 1** und **2** zusammengestellten Daten sehr deutlich die Bedeutung eines an die Physiologie der Erythropoese adaptierten EBS-Konzeptes betreffend dessen Wirksamkeit, d. h. für den Erythrozytenzugewinn dieses autologen Verfahrens (**13**).

In einer weiteren Analyse konnten wir zeigen, dass der EBS-induzierte Zugewinn an Erythrozyten unter ansonsten vergleichbaren Bedingungen bei initial anämischen Patienten statistisch signifikant und klinisch relevant größer ist als bei initial nicht-anämischen Patienten (**13**) (**Tabelle 3**); diese Aussage gilt ebenfalls geschlechtsunabhängig. Während die Patienten mit initial anämischen Hk die entnommene Erythrozytenmenge

### Hämatokritwerte vor der jeweiligen Eigenblutspende und Erythrozytenregenerationsraten bei Patienten mit einer sowie zwei Eigenblutspenden.

1 EBS (n = 439)		
Hk (%)	Hk <sub>initial</sub> vor EBS 38,7	-
+RBC (ml / Tag)	T1 - Op 5,2 <sup>a</sup>	-

2 EBS (n = 265)		
Hk (%)	Hk <sub>initial</sub> vor 1. EBS 40,0 <sup>b</sup>	Hk vor 2. EBS 37,6 <sup>b</sup>
+RBC (ml / Tag)	T1 - 2 5,6 <sup>c</sup>	T2 - Op 8,7 <sup>a, b</sup>

**Tabelle 2**

EBS: Eigenblutspende.  
 +RBC (ml/Tag): Erythrozytenzugewinn pro Tag (Erythrozytenregenerationsrate).  
 T1 - 2 bzw. Zeitintervall zwischen erster und zweiter Eigenblutspende bzw. zwischen zweiter Eigenblutspende und Operation.  
 a, b, c; p < 0,01.  
 Die Daten sind zur besseren Übersicht lediglich als Mittelwert ohne Standardabweichung angegeben (modifiziert nach **13**).

### Vergleich des Erythrozytenzugewinns mittels präoperativer Eigenblutspende bei initial anämischen und nicht anämischen Patienten mit einer bzw. zwei Eigenblutspenden.

		Frauen		Männer	
		anämisch (n = 34) Hk ≤ 37 %	nicht anämisch (n = 100) Hk > 37 %	anämisch (n = 45) Hk ≤ 40 %	nicht anämisch (n = 86) Hk > 40 %
<b>1 EBS</b>	Hk init (%)	35,0 <sup>a</sup>	39,51 <sup>a</sup>	37,9 <sup>b</sup>	42,8 <sup>b</sup>
	+RBC (ml)	148 <sup>c</sup>	74 <sup>c</sup>	170 <sup>d</sup>	77 <sup>d</sup>
	durchschnittlicher +RBC (% eRBC)	101 <sup>e</sup>	44 <sup>e</sup>	101 <sup>f</sup>	40 <sup>f</sup>
<b>2 EBS</b>	Hk init (%)	35,6 <sup>g</sup>	39,5 <sup>g</sup>	38,0 <sup>h</sup>	43,4 <sup>h</sup>
	+RBC (ml)	295 <sup>i</sup>	226 <sup>i</sup>	299 <sup>j</sup>	234 <sup>j</sup>
	durchschnittlicher +RBC (% eRBC)	100 <sup>k</sup>	69 <sup>k</sup>	93 <sup>l</sup>	63 <sup>l</sup>

**Tabelle 3**

EBS: Eigenblutspende.  
 +RBC (ml): Erythrozytenzugewinn insgesamt nach Eigenblutspende.  
 +RBC (% eRBC): Erythrozytenzugewinn insgesamt in Prozent der mittels Eigenblutspende entnommenen Erythrozytenmenge.  
 a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l; p < 0,01 jeweils zwischen anämischen und nicht-anämischen Patienten.  
 (Die Daten sind zur besseren Übersicht lediglich als Mittelwert ohne Standardabweichung angegeben (modifiziert nach **13**)).

## Erythrozytenregeneration bei orthopädischen Patienten mit Gelenkarthrose mit zwei einzelnen Eigenblutspenden im Vergleich zu einer maschinellen Doppelspende.

Parameter	Einzelspende (n = 60)	1 Doppelspende (n = 100)
Hk initial (%)	41,4 <sup>a</sup>	39,9 <sup>a</sup>
eRBC gesamt (ml)	347	343
EBS 1 - Op (Tage)	26,9	25,9
EBS 1 - 2 (Tage)	14,0	-
EBS 2 - Op (Tage)	13,0	-
Hk praeop (%)	37,2	37,9
+RBC gesamt (ml)	168 <sup>b</sup>	261 <sup>a</sup>
durchschnittliche Erythrozytenregeneration (% eRBC)	48,4	76,1
δ (ml)	+ 93	
δ (rel. %)	+ 55	

**Tabelle 4**

eRBC gesamt: insgesamt entnommene Erythrozytenmenge.  
 EBS 1 - Op: Zeitintervall zwischen erster Eigenblutspende bis Operation.  
 EBS 1 - 2: Zeitintervall zwischen erster und zweiter Eigenblutspende.  
 EBS 2 - OP: Zeitintervall zweiter Eigenblutspende und Operation.  
 +RBC: Zugewinn an Erythrozytenmenge mittels Eigenblutspende.  
 +RBC (% eRBC): Zugewinn an Erythrozytenmenge in Prozent bezogen auf die entnommene Erythrozytenmenge.  
 δ: Durchschnittliche Differenz des Erythrozytenzugewinn zwischen Patienten mit zwei Einzelspenden und einer maschinellen Doppelspende (absolute [% eRBC] und relative [δ] Prozentangaben).  
<sup>a, b</sup>: p < 0,05. Daten modifiziert nach.  
 (Die Daten sind zur besseren Übersicht lediglich als Mittelwert ohne Standardabweichung angegeben (modifiziert nach (19)).

im Durchschnitt zu etwa 90 - 100 % regenerierten, lag der entsprechende Durchschnittswert bei den initial nicht-anämischen Patienten lediglich zwischen 40 und weniger als 70 %. Die Konsequenz daraus ist, ein EBS-Konzept zu installieren, welches den jeweiligen Hk-Wert in einen individuell tolerablen anämischen Bereich absenkt, um somit die Erythropoese möglichst stark zu stimulieren und den resultierenden Erythrozytenzugewinn zu maximieren.

Daraus folgernd sollte ein sog. „ideales EBS-Konzept“ verfahrensbedingt einerseits so rasch wie mög-

lich den Hb-/Hk-Wert absenken und andererseits ein innerhalb der Haltbarkeitsdauer des autologen Erythrozytenkonzentrates möglichst langes Zeitintervall zwischen (letzter) EBS und Operationstermin gewährleisten. Durch die EBS-bedingte rasche Hb-/Hk-Absenkung soll ein individuell tolerabler anämischer Hk-Wert erreicht werden, um die Erythropoese so intensiv wie möglich zu stimulieren; ein möglichst langes Zeitintervall zwischen (letzter) EBS und Operationstermin soll die Gelegenheit für eine quantitativ suffiziente Erythrozytenregeneration in-vivo geben.

Verschiedene EBS-Konzepte wurden klinisch praktiziert bzw. wissenschaftlich erarbeitet. Anstatt der früher üblichen Entnahme von einer Einheit im Abstand von ca. 2 Wochen (2, 13) wurde die Entnahmefrequenz von z. B. 1 Einheit pro Woche auf z. B. ≥ 3 Einheiten binnen 7 - 10 Tagen gesteigert, um den physiologischen Voraussetzungen der Erythropoese möglichst nahe zu kommen (18). Die entsprechenden klinischen Daten zeigen, dass mit derartigen Entnahmekonzepten und somit Orientierung an den physiologischen Rahmenbedingungen der Erythropoese der Erythrozytenzugewinn gesteigert bzw. das Ausmaß des EBS-induzierten Hb-Abfalls bis zum Operationstermin statistisch signifikant vermindert werden konnte (1 EBS / Woche: Hb-Wert prä-EBS: 13,5 g/dl; Hb-Wert präoperativ: 12,5 g/dl versus insgesamt ≥ 3 EBS binnen 7-10 Tagen: Hb-Wert prä-EBS: 13,9 g/dl; Hb-Wert präoperativ: 13,3 g/dl) (17).

Ein den physiologischen Rahmenbedingungen sehr nahe kommendes EBS-Konzept stellt die (ggf. mittels maschineller Erythrozytapherese praktizierte) Doppelspende dar; d. h. die Entnahme von zwei autologen Einheiten im Rahmen einer einzigen EBS-Sitzung (19). Hierbei zeigt sich bei orthopädischen Patienten mit

Hüft- bzw. Kniegelenksarthrose, dass die Doppelspende hinsichtlich des Erythrozytenzugewinns statistisch signifikant und klinisch relevant wesentlich wirksamer ist als ein konventionelles Entnahmekonzept mit zwei Einzelspenden unter ansonsten vergleichbaren Voraussetzungen (**Tabelle 4**). In den in **Tabelle 4** zusammengestellten Daten ist der betreffend der Haltbarkeitsdauer maximal mögliche Zeitrahmen bei weitem noch nicht ausgenutzt (z. B. 49 Tage bei PAGS-Mannitol als Stabilisatorlösung), was sich in einer nur unvollständigen Erythrozytenregeneration auch bei diesem Entnahmekonzept niederschlägt. Die für die Patienten mit Arthrose aufgezeigten Daten gelten hinsichtlich des verfahrensspezifischen Erythrozytengewinns prinzipiell ebenso auch für Patienten mit rheumatoider Arthritis (**19**).

Die EBS stellt nur eine von mehreren autologen Alternativen dar (Eigenblutspende, maschinelle Autotransfusion, akute normovoläme Hämodilution) und hat wie jede medizinische Maßnahme ihre Indikation sowie Kontraindikationen. Klinische Untersuchungen zum Wirksamkeits- (verfahrensspezifischer Erythrozytenzugewinn) bzw. Effektivitätsvergleich (der mittels dieser verfahrensspezifisch hinzu gewonnenen Erythrozyten maximal autolog zu

### Häufigkeitsverteilung zum Effektivitätsvergleich von Eigenblutspende und maschineller Autotransfusion.

1 EBS (n = 432)			
	EBS > MAT50	MAT50 > EBS	U-Test
<b>n (%)</b>	7 (1,6 %)	425 (98,4 %)	p
<b>+RBC (ml)</b>	368	375	0,8871
<b>MABL (l)</b>	3,09	3,92	0,0041

2 EBS (n = 664)			
	EBS > MAT50	MAT50 > EBS	
<b>n</b>	82 (12,3 %)	582 (87,7 %)	
<b>+RBC (ml)</b>	330	439	< 0,0005
<b>MABL (l)</b>	3,29	4,55	< 0,0005

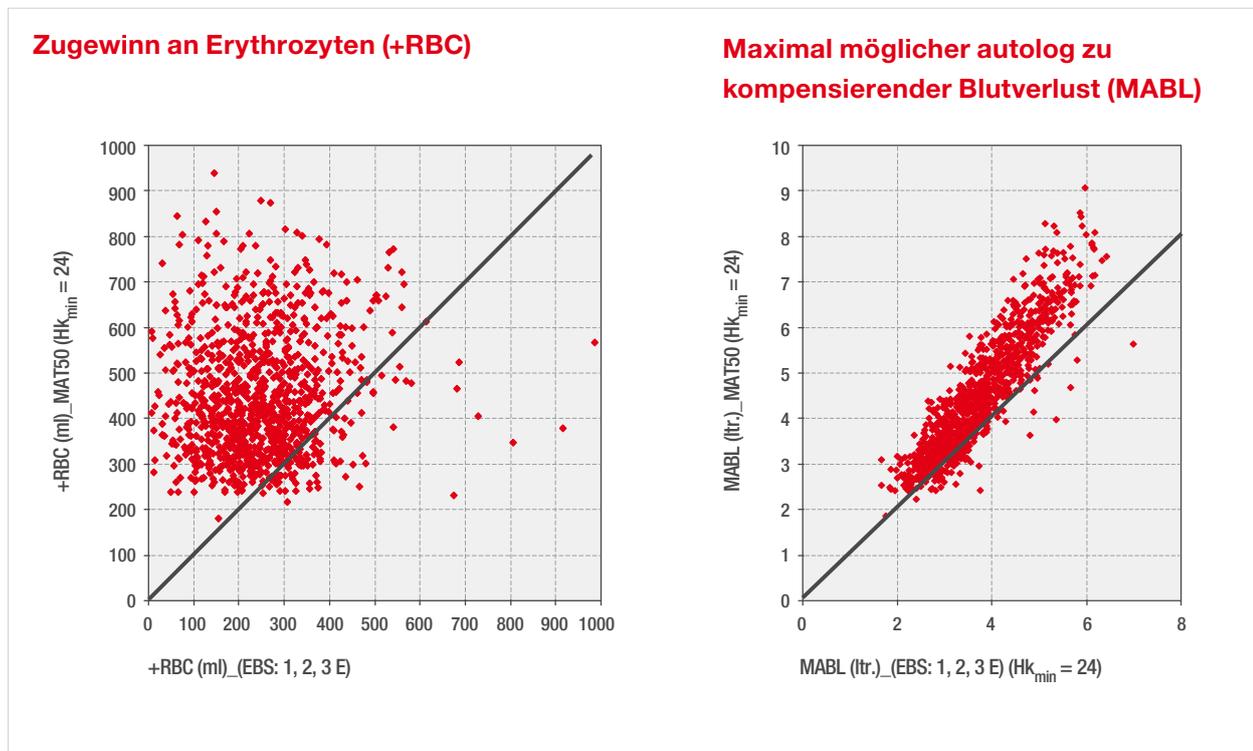
3 EBS (n = 7)			
<b>n</b>	5	2	
<b>+RBC (ml)</b>	278 // 450 489 // 679 444	394 572	k.A.
<b>MABL (l)</b>	3,92 // 5,19 4,91 // 5,80 3,73	4,12 5,83	k.A.

**Tabelle 5**

EBS: Präoperative Eigenblutspende.  
 +RBC: EBS-induzierter Erythrozytenzugewinn.  
 MABL: Maximal möglicher autolog zu kompensierender Blutverlust. Bei einer Gruppenbesetzung n < 6 erfolgte keine statistische Auswertung (k.A.).  
 +RBC gibt die Wirksamkeit und MABL die Effektivität des jeweiligen autologen Verfahrens an. Angegeben sind die jeweiligen Medianwerte bzw. bei einer Gruppenbesetzung von n < 6 die jeweiligen Einzelwerte (**modifiziert nach 17**).

kompensierender Blutverlust) der verschiedenen autologen Verfahren finden sich in der Literatur nur sehr spärlich (**20, 21**). Eine Studie vergleicht bei orthopädischen Patienten die EBS mit der maschinellen Autotransfusion (MAT) sowie der akuten normovolämen Hämodilution (ANH) (**20**). Bezogen auf den zur autologen Retransfusion zusätzlichen Bedarf an Fremdblut fanden sich zwischen den Patienten mit EBS und MAT allerdings keine statistisch signifikanten Unterschiede; für die ANH ergab

sich kein Fremdblut-sparender Effekt (**20**). In einer weiteren Studie zeigten sich beim Vergleich von EBS und MAT ebenfalls keine Unterschiede hinsichtlich des Fremdblutbedarfes (**21**). Der klinische Vergleich verschiedener autologer Verfahren wird methodisch und somit auch hinsichtlich der jeweiligen Aussagekraft derartiger Studien limitiert durch sog. „confounder“. Diese können gegeben sein sowohl durch Besonderheiten des einzelnen Patienten, der involvierten Kliniker (Operateure,

**Abbildung 1**

Mathematischer Modellvergleich zu Wirksamkeit (+RBC: links) und Effektivität (MABL: rechts) von Eigenblutspende (Abszisse) und maschineller Autotransfusion (Ordinate) anhand von Eigenblutspende-Originaldaten bei 1.103 orthopädischen Patienten (1 EBS:  $n = 432$ . 2 EBS:  $n = 664$ . 3 EBS:  $n = 7$ ) (modifiziert nach 16). Der Erythrozytenzugewinn für die maschinelle Autotransfusion ist mit 50 % zugrunde gelegt. Der zugrunde gelegte minimale Hämatokrit ( $Hk_{min}$ ) von 24 % wird konstant gehalten trotz fortbestehenden Blutverlustes durch die gleichzeitige Gabe der verfahrensspezifischen autologen Erythrozyten sowie Kolloidzufuhr zur Sicherstellung der Normovolämie. Details zum Rechenmodell u. a. bei (17), Abbildung 1 modifiziert nach (17)).

angewandte Operationstechnik) als auch hinsichtlich der nicht stringenten Einhaltung des Studienprotokolls; z. B. generelle Retransfusion der mittels MAT wieder zurück gewonnenen Erythrozyten unabhängig vom vorab festgelegten Transfusionstrigger im Vgl. zur Einhaltung dieses Parameters bei Retransfusion der Eigenblutkonserven; das schränkt die Vergleichbarkeit der beiden Verfahren in den o. g. Studien ein (20, 21).

Derartige Störfaktoren lassen sich z. B. jedoch dadurch ausschalten, dass man mittels einer mathematischen Modellanalyse an EBS-Originaldaten einen intra-individuellen Vergleich zur verfahrensspezifischen Wirksamkeit und Effektivität der verschiedenen autologer Verfahren durchführt. Dieses Vorgehen erlaubt einen grundsätzlichen Vergleich und eine valide Aussage der zu untersuchenden Alternativen. In einer entsprechenden mathematischen Modellanalyse an unizentrisch erhob-

benen EBS-Originaldaten von 1.103 Patienten konnten wir zeigen, dass sich die EBS bei der überwiegenden Mehrheit der Patienten als weniger wirksam und weniger effektiv erwies als die maschinelle Autotransfusion (MAT) mit einer zugrunde gelegten Erythrozyten-Wiedergewinnungsrate von lediglich 50 % (MAT50) ohne vorhergehende EBS (Abbildung 1 und Tabelle 5) (17). In Abbildung 1 zeigt sich die höhere Wirksamkeit (+RBC) bzw. höhere Effektivität (MABL) der MAT50 jeweils an der Linksverschie-

bung der Punktwolke in Bezug auf die „Identitätslinie“. Da jedoch die Aussagekraft von lediglich unizentrisch erhobenen Daten nicht ohne weiteres verallgemeinert werden sollte, haben wir anhand von EBS-Originaldaten aus der Literatur zur Validierung dieser Ergebnisse diesbezüglich einen multizentrischen mathematischen Modellvergleich durchgeführt (3). Die hier erhobenen Befunde bestätigen in vollem Umfang die Ergebnisse der unizentrischen Studie (17) und unterstreichen den zunehmenden klinischen Stellenwert der MAT (22) im Vergleich zur aktuell sehr geringen klinischen Bedeutung der EBS (1).

## Schlussfolgerung

Die klinische Konsequenz aus den o. g. dargestellten und analysierten Ergebnissen besteht darin, in der klinischen Praxis ein an die physiologischen Grundlagen der Erythropoese adaptiertes individuelles Entnahmekonzept der präoperativen Eigenblutspende zu etablieren. Mittels EBS entnommene Erythrozyten sind eben nicht „automatisch“ auch mittels EBS hinzu gewonnene Erythrozyten. Soll die EBS angesichts des sich abzeichnenden demographischen Wandels und dem damit einhergehenden Mangel an freiwilligen Spendern bei gleichzeitig steigendem Bedarf an



allogenen Erythrozytenkonzentraten / Blutprodukten (4 - 7) und betreffend zukünftiger potentieller Risiken der allogenen Transfusion eine wirksame und effektive Alternative bzw. Ergänzung zur Fremdbluttransfusion sein, dann ist ein konzeptionelles Umdenken im Sinne eines Physiologie-basierten EBS-Konzeptes eine unabdingbare Voraussetzung. Nicht die Anzahl an entnommenen EBS-Einheiten ist das entscheidende Kriterium, sondern die mittels des individuell präoperativ praktizierten EBS-Konzeptes regenerierte und perioperativ zur Verfügung stehende autologe Erythrozytenmenge ist der klinisch relevante Qualitätsparameter. Die bisher in der Literatur publizierten Daten zu Wirksamkeit und Effektivität erfüllen diese Kriterien qualitativ-konzeptionell und quantitativ nur unvollständig.

Die Konsequenzen aus diesen Befunden können jedoch nicht sein, wie z. T. in der Vergangenheit, wieder „überall“ nach dem Gießkannenprin-

zip die Eigenblutspende neu zu praktizieren, was alleine schon aus Kostengründen nicht machbar ist. Vielmehr sollte in den Zentren, in denen eine entsprechend große Anzahl an für die EBS geeigneten Patienten zu einer Operation ansteht, für welche die EBS rational indiziert scheint, diese Alternative nach ausschließlich sachlichen Kriterien praktiziert werden. Damit ergibt sich dann aber ggf. ein Konfliktpotential zwischen autologer Sachkompetenz einerseits und primär ökonomisch orientierter Denkweise andererseits. Das bedeutet somit, die „autologen Fehler“ der Vergangenheit anhand von harten klinischen Fakten durch kontinuierliche kompetente Sacharbeit zu korrigieren.

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