



Ulrike Kaiser

# Transfusions- medizin für Technische Assistenten

Für Ausbildung, Prüfung  
und Praxis

 Springer

---

# **Transfusionsmedizin für Technische Assistenten**

---

Ulrike Kaiser

# Transfusionsmedizin für Technische Assistenten

Für Ausbildung, Prüfung und  
Praxis

Mit 22 teilweise farbigen Abbildungen

 Springer

Ulrike Kaiser  
Klein Trebbow, Deutschland

ISBN 978-3-662-58908-3      ISBN 978-3-662-58909-0 (eBook)  
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-58909-0>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2019

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Fotonachweis Umschlag: (c) toeytoey/stock.adobe.com

Umschlaggestaltung: deblik Berlin

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

---

## Geleitwort

Liebe Leserinnen und Leser,

ich wünsche Ihnen mit dem vorliegenden Buch viel Freude und Erfolg.

Mein Ziel beim Verfassen dieses Buches war es, ein verständliches und strukturiertes Buch für Schüler, Studenten und interessierte Laien zu verfassen.

Ich hoffe, damit die Ausbildung in der technischen Assistenz zu verbessern und einer breiten Öffentlichkeit eine Vorstellung von der Transfusionsmedizin zu vermitteln.

Klein Trebbow, Deutschland  
im Frühjahr 2019

Ulrike Kaiser

---

## Einleitendes Vorwort

In einem Land mit alternder Bevölkerung, wird die medizinische Versorgung der Bürger immer wichtiger. Es gilt, einen Kompromiss zwischen Kostendruck und medizinischer Notwendigkeit zu finden.

Aufgrund des steigenden Alters der Bevölkerung, hat Deutschland in den letzten

Jahren auch einen Anstieg an Erkrankungen des hämatologisch-onkologischen

Formenkreises zu verzeichnen. Diese gehen oftmals mit einem hohen Verbrauch an Blutprodukten einher, während gleichzeitig die Zahl der potenziellen Spender kontinuierlich sinkt. Um dennoch alle Patienten kunstgerecht versorgen zu können, bedarf es großer Anstrengungen und guten Fachwissens sowohl auf ärztlicher als auch auf technischer Seite. Dieses Fachwissen zu stärken und Bewusstsein für die Fallstricke des immunhämatologischen Arbeitens zu schaffen, habe ich mich in diesem Buch bemüht.

Es war mir dabei ein Anliegen, die Immunhämatologie nicht nur wie es bereits in vielen Lehrbüchern geschehen ist, von der ärztlichen Seite aus zu betrachten, sondern vor allem die Tätigkeiten der technischen Assistenz in den Laboren in das Zentrum zu stellen. Damit will ich der MTA ein praktisches Nachschlagewerk an die Hand geben.

Klein Trebbow, Deutschland

Ulrike Kaiser

---

## Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Heiko-Gundmar Lestlin, den ich als Lektor gewinnen konnte und der das Buch freundlicherweise für mich redigiert hat.

---

# Inhaltsverzeichnis

## Teil I Grundlagen und Biochemie

<b>1</b>	<b>Geschichte der Transfusionsmedizin</b> .....	3
<b>2</b>	<b>Bedeutung der Transfusionsmedizin für die moderne Medizin</b> .....	5
<b>3</b>	<b>Ausblick in die Zukunft der Transfusionsmedizin</b> ...	7
<b>4</b>	<b>Bestandteile des peripheren Blutes</b> .....	9
<b>5</b>	<b>Überblick über das Immunsystem</b> .....	13
<b>6</b>	<b>Aufbau eines Erythrozyten</b> .....	15
<b>7</b>	<b>Aufbau der Zellmembran</b> .....	19
<b>8</b>	<b>Biochemie der Blutgruppen</b> .....	21
<b>9</b>	<b>Das Antigen</b> .....	23
9.1	Nullphänotyp .....	26
9.2	Dosiseffekt .....	27
9.3	Antigene und ihre Funktionen .....	30
9.4	Frequenz von Antigenen in der Bevölkerung .....	31
<b>10</b>	<b>Der Antikörper</b> .....	33
10.1	Isoagglutinine .....	34
10.2	Antikörperklassen .....	35
10.3	Temperaturamplitude von Antikörpern .....	38
<b>11</b>	<b>Mechanismus der Antikörperbildung</b> .....	41



<b>12</b>	<b>Antigen-Antikörper-Reaktion</b> .....	43
<b>13</b>	<b>Genetische Grundlagen</b> .....	45
<b>14</b>	<b>Blutgruppe und Evolution</b> .....	49

## Teil II Blutgruppensysteme

<b>15</b>	<b>Überblick über die Blutgruppensysteme – Was macht eine Blutgruppe aus?</b> .....	53
<b>16</b>	<b>Das AB0-System</b> .....	55
16.1	Vererbung .....	56
	16.1.1 Bombay-Typ .....	56
16.2	Antigene .....	58
	16.2.1 A-Untergruppen .....	59
	16.2.2 B-Untergruppen .....	59
	16.2.3 Lost A .....	61
16.3	Antikörper .....	61
16.4	Medizinische Bedeutung .....	62
	16.4.1 Universalspenderschema Erythrozytenkonzentrate .....	63
	16.4.2 Universalspenderschema Plasma .....	64
<b>17</b>	<b>Das Rh-System</b> .....	65
17.1	Vererbung .....	65
17.2	Antigene .....	65
17.3	Besonderheiten .....	68
	17.3.1 Rh <sub>null</sub> -Syndrom .....	68
17.4	Antikörper .....	68
	17.4.1 Anti-D .....	68
	17.4.2 Anti-C .....	69
	17.4.3 Anti-C <sup>w</sup> .....	69
	17.4.4 Anti-c .....	69
	17.4.5 Anti-E .....	69
	17.4.6 Anti-e .....	70
17.5	Medizinische Bedeutung .....	70

<b>18</b>	<b>Das Kell-System</b> .....	73
18.1	Vererbung .....	73
18.2	Antigene .....	74
18.3	Antikörper .....	74
18.3.1	Anti-Kell .....	74
18.3.2	Anti-Cellano .....	75
18.4	Medizinische Bedeutung .....	75
18.4.1	McLeod-Syndrom .....	75
<b>19</b>	<b>Das Kidd-System</b> .....	77
19.1	Vererbung .....	77
19.2	Antigene .....	77
19.3	Antikörper .....	78
19.4	Medizinische Bedeutung .....	78
<b>20</b>	<b>Das MNSS-System</b> .....	79
20.1	Vererbung .....	79
20.2	Antigene .....	79
20.3	Antikörper .....	79
20.3.1	Anti-M .....	79
20.3.2	Anti-N .....	80
20.3.3	Antikörper gegen S und s .....	80
20.4	Medizinische Bedeutung .....	80
<b>21</b>	<b>Das P-System</b> .....	81
21.1	Vererbung .....	81
21.2	Antigene .....	81
21.3	Antikörper .....	81
21.3.1	Anti-P <sub>1</sub> .....	81
21.3.2	Anti-Tj <sup>a</sup> .....	82
21.4	Medizinische Bedeutung .....	82
<b>22</b>	<b>Das Duffy-System</b> .....	83
22.1	Vererbung .....	83
22.2	Antigene .....	83
22.3	Antikörper .....	83
22.3.1	Anti-Fy <sup>a</sup> .....	83
22.3.2	Anti-Fy <sup>b</sup> .....	84
22.4	Medizinische Bedeutung .....	84

### Teil III Testverfahren

<b>23</b>	<b>Laborausstattung und Methoden der Immunhämatologie</b> . . . . .	87
23.1	Lupe . . . . .	88
23.2	Lichtkasten . . . . .	88
23.3	Mikroskopische Ablesung . . . . .	89
23.4	Abseren . . . . .	89
23.5	Mischfeldagglutination . . . . .	90
23.6	Chimärismus . . . . .	91
23.7	Das Prozonophänomen . . . . .	92
23.8	Bedside-Test . . . . .	93
23.9	Lektine . . . . .	93
23.10	Erzeugung von Antikörper für die Immunhämatologie . . . . .	94
23.11	Hybridom-Technik . . . . .	94
23.12	Testzellen . . . . .	95
23.13	Die Agglutinationsreaktion als Grundlage der Immunhämatologie . . . . .	95
23.14	Arbeiten mit Bioplates/Tüpfelplatten . . . . .	96
23.15	Arbeiten mit Röhrchentests . . . . .	96
23.16	Arbeiten mit Mikrotiterplatten . . . . .	96
23.17	Arbeiten mit Gelkarten . . . . .	97
<b>24</b>	<b>Inkubationsbedingungen</b> . . . . .	99
24.1	Inkubationszeiten . . . . .	99
24.2	Temperaturen . . . . .	100
24.3	Milieus . . . . .	100
<b>25</b>	<b>AbleSEN von Ergebnissen</b> . . . . .	101
25.1	AbleSEN von Bioplates/Tüpfelplatten . . . . .	101
25.2	AbleSEN von Röhrchentests . . . . .	102
25.3	AbleSEN von Mikrotiterplatten . . . . .	102
25.4	AbleSEN von Gelkarten . . . . .	104
25.5	Zentrifugation vor der Anwendung . . . . .	106
25.6	Zweitablesung . . . . .	106

---

<b>26</b>	<b>Coombs-Test</b> .....	107
26.1	Aufbau eines Coombs-Serums .....	107
26.2	Herstellung von Antihumanglobulinen .....	109
<b>27</b>	<b>Bestimmung ABO-Blutgruppen</b> .....	111
27.1	Eryeigenschaften .....	111
27.1.1	Anti-A .....	111
27.1.2	Anti-B .....	111
27.1.3	Anti-AB .....	112
27.2	Serumgegenprobe .....	112
27.3	Testzellen für die Serumgegenprobe selbst herstellen .....	113
<b>28</b>	<b>Besonderheiten ABO</b> .....	117
<b>29</b>	<b>Antikörpersuchtest</b> .....	121
29.1	Zetapotenzial .....	122
29.2	NaCl-Phase .....	123
29.3	Supplement/LISS-Phase .....	123
29.4	Enzymphase .....	124
29.5	AHG-Phase .....	124
29.6	Suchzellen für den Antikörpersuchtest selbst herstellen .....	125
29.7	Auswertung eines Antikörpersuchtests .....	127
<b>30</b>	<b>Antikörperdifferenzierung</b> .....	129
30.1	Antigenmuster für Suchzellen zur Antikörperdifferenzierung .....	130
30.1.1	Lu-Lutheran .....	130
30.2	Reaktionsausfall bei der Antikörperdifferenzierung eines fiktiven Patienten .....	132
<b>31</b>	<b>Kreuzprobe</b> .....	133
31.1	Majortest .....	135
31.1.1	Spendererythrozyten und Empfängerserum .....	135
31.1.2	Durchführung des Majortests .....	135
31.2	Minortest .....	137
31.2.1	Spenderserum und Empfängererythrozyten .....	137

<b>32</b>	<b>Elution</b> .....	139
32.1	Morbus Waldenström .....	140
32.2	Plasmozytom/Multiples Myelom .....	140

#### **Teil IV Blutprodukte**

<b>33</b>	<b>Einfluss von Blutprodukten auf das Immunsystem</b> ..	145
33.1	Immunmodulation .....	145
33.2	Negativer Transfusionseffekt .....	145
33.3	Positiver Transfusionseffekt .....	146
33.4	Leukozytendepletion .....	146
33.5	Graft-versus-Host-Reaktion .....	146
33.6	CMV-Übertragung .....	147
33.7	Spenderauswahl .....	147
<b>34</b>	<b>Verarbeitung der Vollblutspende und Apherese</b> .....	151
<b>35</b>	<b>Indikation zur Anwendung von Blutprodukten</b> .....	163
<b>36</b>	<b>Erythrozytenkonzentrat</b> .....	165
36.1	Verarbeitung .....	166
36.1.1	Bestrahlung .....	166
36.1.2	Erwärmung .....	166
36.1.3	Kleinabfüllungen .....	166
36.2	Merkmale/Formen .....	167
36.3	Indikation .....	168
36.4	Lagerung .....	168
36.5	Haltbarkeit .....	170
36.6	Nebenwirkungen/unerwünschte Reaktionen .....	170
<b>37</b>	<b>Plasma</b> .....	171
37.1	Verarbeitung .....	172
37.1.1	Erwärmung .....	172
37.1.2	Quarantäne .....	172
37.2	Merkmale/Formen .....	173
37.3	Indikation .....	175
37.4	Lagerung .....	175
37.5	Haltbarkeit .....	175
37.6	Nebenwirkungen/unerwünschte Reaktionen .....	176

---

<b>38</b>	<b>Plasmaderivate</b> .....	177
<b>39</b>	<b>Thrombozytenkonzentrate</b> .....	179
39.1	Verarbeitung .....	180
39.1.1	Pool-Tk .....	180
39.1.2	Apherese-Tk .....	180
39.1.3	Bestrahlung .....	180
39.2	Merkmale/Formen .....	181
39.3	Indikation .....	182
39.4	Lagerung .....	183
39.5	Haltbarkeit .....	185
39.6	Nebenwirkungen/unerwünschte Reaktionen ....	185
<b>40</b>	<b>Granulozytenkonzentrate</b> .....	187
40.1	Verarbeitung .....	188
40.1.1	Bestrahlung .....	188
40.2	Merkmale/Formen .....	188
40.3	Indikation .....	189
40.4	Lagerung .....	189
40.5	Haltbarkeit .....	189
40.6	Nebenwirkungen/unerwünschte Reaktionen ....	189
<b>41</b>	<b>Eigenblutspende</b> .....	191
<b>42</b>	<b>Infektionskrankheiten durch Blutprodukte</b> .....	193
<b>43</b>	<b>Zusammenfassende Übersicht über die Eigenschaften von Blutprodukten</b> .....	195
43.1	Aussehen von Blutprodukten .....	195
43.2	Lagerung von Blutprodukten .....	196
43.3	Haltbarkeit von Blutprodukten .....	196
 <b>Teil V Klinik und Krankheitsbilder</b>		
<b>44</b>	<b>Unerwünschte Wirkungen und Nebenwirkungen</b> ....	199
44.1	Paul-Ehrlich-Institut .....	199
44.2	Das Komplementsystem .....	199
<b>45</b>	<b>Hämolytische Transfusionsreaktion</b> .....	203
45.1	Voraussetzung für das Auftreten einer hämolytischen Transfusionsreaktion .....	203

---

45.2	Akute hämolytische Transfusionsreaktion . . . . .	204
45.2.1	Ätiologie und Pathogenese . . . . .	204
45.2.2	Klinik . . . . .	205
45.2.3	Therapie . . . . .	205
45.2.4	Laboruntersuchungen . . . . .	206
45.3	Verzögerte hämolytische Transfusionsreaktion . . .	206
45.3.1	Ätiologie und Pathogenese . . . . .	206
45.3.2	Klinik . . . . .	207
45.3.3	Therapie . . . . .	207
45.3.4	Laboruntersuchungen . . . . .	208
<b>46</b>	<b>Morbus haemolyticus neonatorum . . . . .</b>	<b>209</b>
46.1	Ätiologie und Pathogenese . . . . .	209
46.2	Klinik . . . . .	212
46.3	Therapie . . . . .	212
46.3.1	Rhesusprophylaxe . . . . .	213
46.4	Laboruntersuchungen . . . . .	215
	<b>Quellen- und Literaturnachweis . . . . .</b>	<b>217</b>
	<b>Stichwortverzeichnis . . . . .</b>	<b>221</b>

---

**Teil I**

**Grundlagen und Biochemie**





# Geschichte der Transfusionsmedizin

# 1

Das Blut ein ganz besonderer Saft ist, wusste nicht nur Johann Wolfgang von Goethe. In allen Kulturen und zu allen Zeiten hat das Blut die Menschen fasziniert, und ihm wurden magische Kräfte zugeschrieben.

Bereits in der Frühzeit der Menschheit konnten die Menschen beobachten, dass starke Blutverluste den Tod nach sich ziehen können.

So überrascht es nicht, dass Blut bereits in der Antike als Heilmittel diente, wenn es auch zumeist äußerlich angewendet oder getrunken wurde.

Im Mittelalter wurden bereits Versuche der Transfusion mit Tierblut unternommen, die allerdings zum Scheitern verurteilt waren.

Erst als durch Karl Landsteiner 1900 das ABO-System entdeckt wurde, begann eine wissenschaftliche Auseinandersetzung mit dem Thema. Seit dieser Zeit entwickelte sich die moderne Transfusionsmedizin stetig weiter.

Die Entwicklung der Transfusionsmedizin war immer wieder aufs Engste auch mit gesellschaftlichen Entwicklungen verbunden. So wurden zum ersten Mal in den Lazaretten des spanischen Bürgerkrieges steril verschlossene Flaschen mit konserviertem Vollblut verwendet.

Dieses Verfahren fand nach dem Ende des Krieges europa- und weltweit auch zivile Anwendung.

Die Nutzung von Blutkonserven in Flaschen hatte gegenüber der Lebendspende entscheidende Vorteile, so beispielsweise die

höhere Verfügbarkeit und leichtere Applikation. Hinzu kam, dass die umständlichen nächtlichen Aufrufe entfielen.

In nur etwas mehr als 100 Jahren wurden nicht nur eine Vielzahl von erythrozytären Blutgruppensystemen entdeckt, sondern auch Antigensysteme für alle anderen Blutzellen und Gewebezellen beschrieben.

Gleichzeitig wurde auch, was die Sicherheit des übertragenen Blutes betrifft, immer mehr verbessert. War es in der Frühzeit der Bluttransfusion noch üblich, Blut direkt vom Spender zum Empfänger zu übertragen, ohne Kreuzprobe oder infektionsserologische Untersuchungen, werden heute die Spender wie auch die verarbeiteten Konserven einer sorgfältigen Kontrolle beziehungsweise Qualitätskontrolle unterzogen.

Dabei waren die Entwicklungen in der Transfusionsmedizin auch immer aufs Engste mit gesellschaftlichen Entwicklungen oder technischen Neuerungen in anderen Bereichen verbunden.

So wurden beispielsweise erstmals im spanischen Bürgerkrieg Blutkonserven in Flaschen in den Lazaretten gelagert, wohingegen mit der Entwicklung besserer Kunststoffe die heute üblichen Spendenbeutel eingeführt wurden.

1900	Entdeckung des AB0-Systems durch Karl Landsteiner
1919	erste Blutbank eröffnet in New York
1925	Handel mit Testseren beginnt
1928	Franz Oehlecker entwickelt die biologische Verträglichkeitsprobe
1930	Landsteiner erhält Nobelpreis für Entdeckung des AB0-Systems
1939	Entdeckung des Rh-Systems
1946	Entdeckung des Kell-Systems
1955	Entdeckung des Diego-Systems
1950	Einführung von Vakuumflaschen für die Blutspende



# Bedeutung der Transfusionsmedizin für die moderne Medizin

# 2

Die Bedeutung der Transfusionsmedizin für die moderne Medizin kann kaum hoch genug eingeschätzt werden. Auch wenn es andere Entwicklungen in der Medizin sind, die die Medien dominieren, hat wohl kaum eine andere Entdeckung im 20. Jahrhundert so zur Verlängerung der Lebenserwartung beigetragen wie die Entdeckung des ABO-Systems durch Karl Landsteiner im Jahre 1900.

Erst die Kenntnis der Blutgruppen und die Möglichkeit, bei Blutverlusten oder Bildungsstörungen Sauerstoffträger zu ersetzen, hat es ermöglicht, komplexere chirurgische Eingriffe durchzuführen oder Chemotherapie und Bestrahlung als Standardtherapien bei onkologischen Erkrankungen zu etablieren.

Auf diese Weise hat die Transfusionsmedizin viele andere Zweige der Medizin befruchtet und darüber hinaus auch zu einem tief greifenderen Verständnis der Wirkungsweise des menschlichen Immunsystems beigetragen.

Mit der weiteren Entwicklung der Transfusionsmedizin und neuen Erkenntnissen der Hämotherapie war es ab der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts möglich, immer mehr und speziellere Blutprodukte herzustellen.

Durch Einzelfaktorenkonzentrate ist es gelungen, Patienten mit angeborenen oder erworbenen Gerinnungsstörungen ein normales Leben zu ermöglichen.

Mit den verschiedenen Zellkonzentraten besteht heute die Möglichkeit bei Patienten, spezifisch die benötigten Zellen zu ersetzen, ohne den Körper mit Vollblutkonserven zu überlasten.

Durch Verfahren wie der Virusinaktivierung bei Plasma, das sorgfältige Screening auf Infektionserreger, Bestrahlung oder Waschschriffe, ist die Sicherheit der Blutprodukte heute so groß wie niemals zuvor.

Um auch weiterhin eine hochqualitative Versorgung der Patienten mit Blutprodukten zu gewährleisten, ist auch die Ausbildung qualifizierten Personals vonnöten. Dabei spielt nicht nur die Qualifikation des ärztlichen Personals, sondern vor allem auch die des nichtärztlichen medizinischen Personals eine wichtige Rolle.

Diese Qualifikation zu unterstützen, habe ich mir in diesem Buch zum Ziel gesetzt.



# Ausblick in die Zukunft der Transfusionsmedizin

# 3

Kaum eine Entdeckung hat die moderne Medizin im vergangenen Jahrhundert so verändert wie die Entdeckung der Blutgruppen. Erst durch die Option der Blutübertragung wurde es möglich, komplexere chirurgische Eingriffe durchzuführen. Die Müttersterblichkeit konnte ebenfalls unter anderem erst durch die Erkenntnisse der Transfusionsmedizin stark gesenkt werden. Viele Menschen mit angeborenen oder erworbenen Gerinnungsstörungen verdanken ihr Leben den aus Humanplasma hergestellten Plasmoderivaten.

Obwohl das Wissen über die verschiedenen menschlichen Blutgruppensysteme, die dahinter stehenden molekularen Mechanismen und die Herstellung von Blutprodukten seit der Entdeckung des ABO-Systems vor knapp 120 Jahren bereits enorm zugenommen hat, sieht sich die Transfusionsmedizin auch im 21. Jahrhundert großen Herausforderungen gegenüber.

Vor allem in den entwickelten Nationen Europas verbraucht eine rasch alternde Bevölkerung große Mengen an Blutprodukten, während gleichzeitig auch das Spenderkollektiv altert und infolgedessen kleiner wird.

Aus diesem Grund könnte die Entwicklung künstlicher Sauerstoffträger, die unabhängig von menschlichen Spendern in großen Mengen hergestellt werden können, dem drohenden Mangel an Blutprodukten entgegenwirken.

Auch für Entwicklungsländer könnte dies die Lösung vieler Probleme darstellen, da die Erfassung der Spender, Aufbereitung

der Spende und korrekte Lagerung der Produkte sowie der Transport in zum Teil entlegene Gegenden, einen hohen administrativen, personellen und technischen Aufwand erfordert, der dort oft nicht gewährleistet ist.

Obwohl künstliche Sauerstoffträger bisher noch nicht in der Therapie eingesetzt werden können, gibt es bereits verschiedene Studien zu diesem Thema, so dass manche Transfusionsmediziner davon ausgehen, dass sie in einigen Jahrzehnten zur Anwendung kommen könnten.

Auch Blutzellen in Zellkulturen herzustellen, wurde bereits in Erwägung gezogen.

Allerdings sind auch hier noch keine Durchbrüche erzielt worden.

Es ist inzwischen möglich, einzelne Gerinnungsfaktoren oder Plasmaproteine gentechnologisch in Bakterien herzustellen, und auf diese Weise die Versorgungssicherheit und den Infektionsschutz von Patienten, die unter angeborenen oder erworbenen Gerinnungsstörungen leiden, erheblich zu verbessern.