

Aus der Laborarztpraxis  
Prof. Dr. med. H. Schenk / Dr. med. Th. Ansorge, Magdeburg  
und dem  
Institut für Transfusionsmedizin und Immunhämatologie mit Blutbank  
(Direktor Prof. Dr. med. M. Heim)  
der Medizinischen Fakultät  
der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

**Die Verteilung der AB0-, Rhesus- und Kell-Merkmale im Großraum Magdeburg.  
Beurteilung der Bereitstellung immunologisch möglichst kompatibler Konserven  
unter Berücksichtigung der aktuellen Hämotherapierichtlinien.**

## **D i s s e r t a t i o n**

**zur Erlangung des Doktorgrades**

**Dr.med.**

**(doctor medicinae)**

an der Medizinischen Fakultät  
der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

vorgelegt von  
aus  
Magdeburg

Sven Rönnebeck  
Neindorf  
2002

## **Dokumentationsblatt**

Rönnebeck, Sven

Die Verteilung der AB0-, Rhesus- und Kell-Merkmale im Großraum Magdeburg. Beurteilung der Bereitstellung immunologisch möglichst kompatibler Konserven unter Berücksichtigung der aktuellen Hämotherapierichtlinien.

Dissertation; 68 Blatt; 2 Abbildungen; 16 Tabellen; Anhang (30 Blatt - Rohdaten)

Gemeinschaftspraxis Prof. Dr. med. H. Schenk und Dr. med. Th. Ansorge in Zusammenarbeit mit dem Institut für Transfusionsmedizin und Immunhämatologie mit Blutbank (Direktor: Prof. Dr. med. Marcell U. Heim) der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg 2002

Die permanente Zunahme von Blutübertragungen ohne Berücksichtigung der vollständigen Rh-Formel und des Kell-Faktors führt zu einem stetigen Anstieg von irregulären, vorwiegend Rh-Antikörpern. Aus diesem Grund wurde im Jahr 2000 eine weitere Novellierung der „Richtlinien zur Gewinnung von Blut und Blutbestandteilen und zur Anwendung von Blutprodukten“ [Wissenschaftlicher Beirat der Bundesärzte-kammer und des Paul-Ehrlich-Institut] verabschiedet, die bei einigen Patientengruppen eine Änderung bei der Transfusionsvorbereitung hinsichtlich der Bereitstellung kompatibler Konserven zur Folge hat.

Anhand von 24.809 im Labor von Prof. Dr. med. H. Schenk und Dr. med. Th. Ansorge analysierten und in denkbare Empfänger und Spender klassifizierten Blutproben, wurde unter Berücksichtigung der AB0-, Rh- und Kell-Kompatibilität untersucht, ob es bei der Bereitstellung verträglicher Konserven für bestimmte Empfängerblutgruppen zu Engpässen kommt.

Die Untersuchungsergebnisse zeigten, daß bei AB0-identischer Transfusion nicht alle Blutgruppenkonstellationen von einer Kombinationsmöglichkeit im Rh- und Kell-System profitieren; durch Hinzunahme der „Universalspende“ bei der Mehrzahl der Patienten aber abhängig vom Konservenpool einer Blut-bank keine Probleme bei der Bereitstellung mit ausreichend verträglichen Konserven auftreten. Dennoch ist bei 4 Blutgruppen weiterhin mit großen Schwierigkeiten zu rechnen.

Daher sollte die „Universalspende“ noch vor einer möglichen „abgestuft“ kompatiblen Transfusion erfolgen; zumal aus serologischer Sicht keine Bedenken gegen dieses Vorgehen bestehen. Bei dieser Methode wird unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Immunogenität der Antigene im Rh-System nur teilweise kompatibel transfundiert. Hierbei sollten möglichst dann zuerst die potenten Antigene (hauptsächlich K, c und E), welche häufiger als die übrigen eine Antikörperbildung verursachen, bei der Transfusion berücksichtigt bzw. nicht verabreicht werden.

Als Quintessenz ist zu diskutieren, ob seltene Blutgruppen, für welche nicht genügend kompatible Konserven verfügbar sind, kryokonserviert werden sollten. Dies betrifft unabhängig vom AB0- und Kell-System besonders die Varianten CC D. EE, CC dd EE, CC dd ee sowie cc dd EE.

## **Schlüsselwörter**

Rh-kompatible Transfusion, Kell-Faktor verträgliche Transfusion, irreguläre Antikörper, Rh-Antikörper, Blutspender/Blutempfänger, Universalspende, Blutgruppe, Blutgruppenhäufigkeit

## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	0
Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen .....	1
1. Allgemeine Einleitung und Problemstellung .....	2
2. Stand der Wissenschaft .....	5
3. Die Bluttransfusion im Wandel der Zeit .....	8
4. Transfusionsmedizinische Bedeutung der Blutgruppen .....	10
4.1. Das AB0-System .....	13
4.2. Das Rhesus-System .....	14
4.3. Das Kell-System .....	15
4.4. Antikörper .....	15
4.5. Antikörperfrequenz .....	17
5. Zielstellung der Arbeit .....	21
6. Material und Methode .....	22
6.1. Untersuchungsmethodik und Materialgewinnung .....	22
6.2. AB0-Blutgruppenbestimmung und Faktor D .....	23
6.3. Kontrolle durch Untersuchung der Serum-Gegenseite .....	23
6.4. Bestimmung Rh-Formel und Kell-Merkmal .....	23
6.5. D <sup>weak</sup> -Bestimmung .....	24
6.6. Vorteil (Benefit) durch Ausnutzung der Kompatibilität der Blutgruppen .....	24
6.7. Verwendete technische Hilfsmittel .....	25
7. Ergebnisse .....	26
7.1. Verteilung der Blutgruppeneigenschaften .....	26
7.2. Verträgliche Konserven bei AB0-identischer Transfusion unter Ausnutzung der Kombinationsmöglichkeit im Rh- und Kell-System .....	31
7.3. Verträgliche Konserven bei AB0-ungleicher, -kompatibler Transfusion .....	39
7.4. Antigenverteilung, Expositionsgefahr und Antikörperbildung .....	42
7.5. „Idealspender“ .....	43
7.6. „Problematische“ Blutgruppen .....	44
8. Diskussion .....	45
8.1. Rh- und Kell-Kompatibilität bei AB0-identischer Transfusion .....	45
8.2. Rh- und Kell-Kompatibilität unter Einbeziehung der „Universalspende“ .....	49
8.3. „Problematische“ Blutgruppen .....	52
8.4. „Idealspender“ .....	53
8.5. Antigenverteilung und Expositionsgefahr bei inkompatibler Transfusion .....	55
9. Zusammenfassung und Schlußfolgerung .....	57
10. Verzeichnis der Tabellen .....	58
11. Verzeichnis der Abbildungen .....	59
12. Literaturverzeichnis .....	60

Danksagung

Erklärung

Tabellarischer Lebenslauf

Anhang

## Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

Abb.	Abbildung
Ak	Antikörper
BG	Blutgruppe
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CPD	Citrat, Phosphat, Dextrose (Stabilisatorlösung)
CPD-A	Citrat, Phosphat, Dextrose-Adenin (Stabilisatorlösung)
DRK	Deutsches Rotes Kreuz
EK	Erythrozytenkonzentrat
Mhn	Morbus hämolyticus neonatorum
PAGGS-M	Phosphat-Adenin-Guanosin-Glucose-Saline-Mannitol (Stabilisatorlösung)
PEI	Paul-Ehrlich-Institut
Rh	Rhesus
sec.	Sekunde
sog.	sogenannte
U/min	Umdrehungen in der Minute
UKE	Universitätskrankenhaus Eppendorf
u.	und
vs.	versus
z.B.	zum Beispiel

## 1. Allgemeine Einleitung und Problemstellung

Die Versorgung mit Blut und Blutprodukten ist eine wichtige Voraussetzung für eine differenzierte Hochleistungsmedizin in sowohl operativen als auch nicht operativen Fachgebieten. Ohne eine leistungsfähige transfusionsmedizinische Mitbetreuung ist die Versorgung von polytraumatisierten Patienten, die Behandlung von Patienten mit hämatologischen Systemerkrankungen sowie die Beherrschung schwerer Blutungskomplikationen bei hämorrhagischen Diathesen nicht möglich.

Jährlich werden in der Bundesrepublik Deutschland circa 4 Millionen Blutspenden zur Gewinnung von Blutkomponenten und Plasmaderivaten von bis zu 2 Millionen Spendern entnommen. Demgegenüber stehen ca. 3 Millionen Transfusionen im Jahr [Bender 1997, Michaelis 1998]. Dabei kann man davon ausgehen, daß circa 70% aller Bundesbürger mindestens einmal in ihrem Leben Blut oder Blutprodukte benötigen. Die permanente Zunahme von Blutübertragungen mit einem hohen Anteil mehrfach oder häufig transfundierter Patienten führt dabei durch den Kontakt mit körperfremden Blutgruppenmerkmalen, die bei der Auswahl des Transfusionsblutes nicht berücksichtigt werden, zur vermehrten Entstehung irregulärer Antikörper. Blutgruppenserologen nehmen schon seit langem mit Besorgnis diese stetige Zunahme von Sensibilisierungen der Blutempfänger gegen erythrozytäre Blutgruppenmerkmale wahr. Es ist daher verständlich, daß die von der Bundesärztekammer in Zusammenarbeit mit dem Paul-Ehrlich-Institut (PEI) herausgegebenen „Richtlinien zur Gewinnung von Blut und Blutbestandteilen und zur Anwendung von Blutprodukten“ weitreichende Empfehlungen beinhalten, welche dem Stand der Wissenschaft folgend regelmäßig novelliert werden müssen. Diese Richtlinien sind als ein präformiertes Gutachten anerkannt, auf welche der transfusionstätige Arzt in Zweifelsfällen zurückgreifen kann und „werden von der Rechtsprechung als verbindlich angesehen“ [Biermann 1993].

Wie die zum Teil stürmische Entwicklung der Transfusionsmedizin Änderungen der Empfehlungen nach sich zieht, zeigt der Passus zum Faktor D aus den amtlichen Richtlinien 1949 eindrucksvoll: „Immerhin müssen wir dem Rh-Faktor unsere Aufmerksamkeit schenken, und Vorsicht ist geboten. Es ist daher empfehlenswert und ein anzustrebendes Ziel, daß rh-Empfänger, besonders Mädchen und Frauen, soweit es die Umstände erlauben, rh-Blut gespendet erhalten. Aus diesem Grunde dürfte es zweckmäßig sein, daß Blutspendezentralen rh-Spender zur Verfügung haben“ [Oehlecker 1949]. Hier wird deutlich, wie groß der Sprung in der Anforderung für die Vorbereitung von Bluttransfusionen war. Bis zur überarbeiteten Fassung 1996 wurde daraufhin bei allen Patienten zunächst nur Rhesus D/dd kompatibel transfundiert. In diesen Richtlinien wurde dann außerdem empfohlen, Patienten mit voraussehbar langzeitiger Transfusionsbehandlung Rh-Formel- und Kell- ausgewählt bzw. übereinstimmend zu transfundieren. Außerdem sollte auch „bei Mädchen sowie gebärfähigen Frauen eine Immunisierung gegen die Merkmale Kell und c vermieden werden“ [Wissenschaftliche Beirat der Bundesärztekammer 1995].

In den aktuellen Richtlinien werden nun die Patientengruppen, die sowohl AB0-gleich als auch kompatibel im gesamten Rhesus- und Kell-System transfundiert werden sollten, erweitert. Explizit wird gefordert, daß nun auch „Mädchen sowie Frauen im gebärfähigen Alter keine Erythrozytenkonzentrate erhalten sollten, die zu einer Immunisierung gegen Antigene des Rh-Systems oder den Kell-Faktor führen können“ [Wissenschaftliche Beirat der Bundesärztekammer und PEI 2000].

Die Anforderungen an die Blutgruppenbestimmung vor Transfusionen in anderen Ländern sind ebenfalls abhängig von nationalen Vorschriften und Richtlinien. In Europa dient dabei die 6. Auflage der gesamteuropäischen Leitlinien des Council of Europe 2000 für Blutprodukte als Basis. Hier wird die Übereinstimmung zwischen Empfänger und Spender im AB0-System sowie Rh D/dd verlangt. Erst beim Auftreten irregulärer Antikörper sollte kompatibel zu den weiteren Rhesus-Merkmalen transfundiert werden [Council of Europe 2000].

So wird beispielsweise in den Niederlanden zur Prävention der Antikörper c, E und K geraten, Mädchen und Frauen bis 45 Jahre sowie Patienten mit hämatologischen Erkrankungen und dadurch bedingten Polytransfusionen Kell-negatives Blut zu applizieren; ferner sollte bei diesen Personen Antigen c und E bestimmt und dann kompatibel zu diesen transfundiert werden.

In den Guidelines des British Committee for Standard in Heamatology von 1996 wird empfohlen, Patienten mit Sichelzellanämie aufgrund einer erhöhten Inzidenz von irregulären Antikörpern bei zu erwartender Multitransfusion, wenn möglich Rhesus- und Kell-kompatibles Blut zu verabreichen. Bei anderen chronisch zu transfundierenden Patienten wird wegen des im Gegensatz zur Sichelzellanämie geringeren Risikos der Immunisierung eine vollständige Phänotypisierung für nicht notwendig erachtet [British Committee for Standard in Heamatology 1996].

Seit einigen Jahren wird auch in Frankreich versucht, möglichst kompatibel im Rh- und Kell-System zu transfundieren. In der Regel handelt es sich dabei um Bemühungen, die noch auf einige Regionen (z.B. Paris) beschränkt sind. Allerdings gibt es keine gesetzlichen Vorschriften für eine solche Praxis. Einer der Gründe hierfür besteht darin, daß an die Qualität der Blutbereitstellung, vor allem hinsichtlich der Lieferung entsprechend vollständig typisierter Erythrozytenkonzentrate hohe Anforderungen gestellt werden. Diese können nicht in allen Regionen erfüllt werden. Daneben bringen solche Vorschriften natürlich zusätzliche Kosten für die Krankenhäuser und Blutbanken mit sich [Overbeeke und Dudok de Wit 1994].

Durch Berücksichtigung aller Rh- und Kell-Merkmale kann eine Antikörperinduktion vermieden werden. Eine rhesusgruppengleiche Transfusion, das heißt, Übereinstimmung aller sechs Faktoren bei Empfänger und Spender, ist aufgrund der großen Kombinationsmöglichkeit praktisch nur selten möglich und im Routineprogramm undurchführbar. Um eine Immunisierung im Rh- und Kell-System zu vermeiden, muß die Transfusion aber verträglich erfolgen, wobei unter verträglich die Vermeidung der Transfusion körperfremder Blutgruppenmerkmale zu verstehen ist. So kann z. B. ein Empfänger mit dem Phänotyp Cc dd ee Blut erhalten, dessen Rhesus-Formel sowohl CC, Cc und cc beinhaltet ohne eine Antikörperinduktion zu provozieren, da er beide Antigene besitzt.

Dadurch erhöht sich die Anzahl möglicher verträglicher Spender und eine Bereitstellung von geeigneten Konserven für eventuelle Transfusionen wird erleichtert („Benefit“). Andererseits darf ein Patient mit cc in seiner Rh-Formel nur cc-antigenhaltiges Blut erhalten, da es sonst bei Applikation von Cc oder CC zu einer Bildung von Anti-C kommen könnte. Den größten Vorteil haben unabhängig vom ABO-System demnach Patienten, die alle 6 möglichen Faktoren in ihrer Rhesusformel aufweisen.

Die Berücksichtigung der Kompatibilität garantiert dabei zwar das „Überleben“ der transfundierten Spendererythrozyten im Empfängerkreislauf, ist aber keine Gewähr für das Ausbleiben allergischer Transfusionsreaktionen, wie sie durch Eiweißunverträglichkeit und kontaminierende Leukozyten auftreten können. Durch die generelle Einführung der Leukozytendepletion (Reduktion des Leukozytenanteils) seit Oktober 2001, welche vor Beginn der Konservenlagerung erfolgt und die Qualität der Konserven erhöht, ist aber eine Verringerung dieser Ereignisse zu erwarten. Dies ist allerdings mit Mehrkosten von schätzungsweise 20-30 Millionen Euro verbunden [PEI 2000].

Ziel der aktuellen Richtlinien ist es, eine Antikörperbildung, die bei späteren Schwangerschaften bzw. inkompatiblen Transfusionen zu einer Antigen-Antikörper-Reaktion mit all ihren Komplikationen führen kann, zu vermeiden. Diese Empfehlungen werden in vielen Fällen eine Umstellung der bisherigen Organisation der Transfusionsvorbereitung notwendig machen.

Wenn es aber organisatorisch gelingt kompatibel zu transfundieren, ist zu erwarten, daß die Zahl der irregulären Antikörper und damit die Frequenz der hämolytischen Transfusionsreaktionen und des Morbus hämolyticus neonatorum (Mhn) reduziert werden kann.

## 2. Stand der Wissenschaft

Durch das am 7.7.1998 in Kraft getretene Transfusionsgesetz war es nötig geworden, die Hämotherapierichtlinien aus dem Jahre 1996 intensiv zu überarbeiten und dem neuesten Stand der Wissenschaft und Technik anzupassen. Da für eine risikoarme Übertragung von Erythrozytenkonzentraten (EK) deren Auswahl unter Berücksichtigung der blutgruppenserologischen Befunde Voraussetzung ist, soll bei Erst- und Zweitspendern die Blutgruppe vollständig bestimmt werden (AB0-Blutgruppenmerkmale, Serumeigenschaften, Rh-Formel [C, c, D, E, e, Kell-Merkmal]). Blutspender, die ein schwach oder partiell ausgeprägtes Rh-Antigen D besitzen ( $D^{\text{weak}}$  früher  $D^{\text{n}}$ ), werden als Rh-positiv eingeordnet. Patienten mit dieser Blutgruppe können mit Rhesus-positiven EK transfundiert werden.

Bei einem positiven Antikörpersuchtest ist die Spezifität unverzüglich festzustellen und diese bei einer Transfusion zu berücksichtigen.

Die Transfusion sollte ordnungsgemäß laut den neuen Richtlinien nur bei Blutgruppengleichheit von Spender und Empfänger in bezug auf das AB0-System erfolgen. Ausnahmen von dieser Regel, also Transfusionen nach dem altbekannten „Universalspender“-Schema, dürften nur in Not-situationen und nur bei Übertragung von Erythrozytenkonzentraten gemacht werden. Hierbei kann zum Beispiel ein Empfänger der Blutgruppe (BG) A zusätzlich Erythrozyten der BG 0 erhalten. Gleiches gilt für Individuen mit der Blutgruppe B, denen ebenfalls Konserven der 0-Blutgruppe transfundiert werden können. Patienten mit der Blutgruppeneigenschaft AB sind die „Universal“-Empfänger; sie können Konserven aller 3 anderen Blutgruppen (A, B und 0) erhalten. Dagegen sind Personen mit dem Blutgruppenmerkmal 0 „Universal“-Spender. Sie kommen bei allen 3 anderen Blutgruppen (AB, A und B) als Spender in Frage; nachteilig ist aber, daß keine andere als die eigene Blutgruppe transfundiert werden darf (Tabelle 1).

Tabelle 1: Blutgruppenkompatible Transfusion

Patient	Kompatibles Erythrozytenkonzentrat
AB	AB, A, B oder 0
A	A oder 0
B	B oder 0
0	0

Transfundiert man „nur“ AB0-kompatibel, d.h. nicht identisch im AB0-System, so wird mit der Blutkonserve immer eine begrenzte Menge von inkompatiblen A-/B-Antikörpern übertragen. Diese werden in der Empfängerzirkulation dermaßen verdünnt, daß die im Überschuß vorhandenen Empfängererythrozyten nur minimal mit ihnen beladen werden.

Da nur EK mit einem geringen Plasmaanteil verwendet werden, können sie im Bedarfsfall also unter Berücksichtigung der Majorkompatibilität im AB0-System wie AB0-gleiche EK übertragen werden. Aus serologischer Sicht bestehen keine Bedenken bei dieser Verfahrensweise. Der Wechsel der Blutgruppe ist jedoch nur für Erythrozytenkonzentrate zulässig. Plasma muß, mit Ausnahme der Blutgruppe AB, wegen des hohen Gehaltes an Isoagglutininen AB0-identisch transfundiert werden. Weist ein Empfänger die Blutgruppe AB auf, sollten bei Bedarf zunächst EK mit der BG A übertragen werden, um den obligat kleinen Konservenpool der B-Blutgruppe zu „schonen“.

Der Funktionserhalt der Erythrozyten in der Blutkonserve ist abhängig von der Zusammensetzung der Konservierungsflüssigkeit. Damit die Erythrozyten ihre Aufgabe, Sauerstoff in das Gewebe zu transportieren, erfüllen können, muß die Blutkonservierung das „Funktionieren“ möglichst vieler Erythrozyten gewährleisten. Wenn mindestens 70% der Erythrozyten 24 Stunden nach Transfusion in der Patientenzirkulation noch funktionstüchtig sind, kann von einer angemessenen „Überlebensrate“ der Erythrozyten gesprochen werden [Metaxas-Bühler 1994]. Die gebräuchlichsten Stabilisatoren sind heute CPD (Citrat, Phosphat, Dextrose) und CPD-A (CPD mit Zusatz von Adenin). Die Dextrose als Energielieferant verlangt die Lagerung bei +2 bis 6 °C, da diese sonst durch Enzymwirkung glycosyliert wird. Durch den Adeninzusatz verbessert sich die Membranstabilität der Erythrozyten und die herabgesetzte osmotische Resistenz wird kompensiert.

Die Blutprodukte werden grundsätzlich im Blutdepot gelagert. Dabei ist die Vorratshaltung beim Anwender laut Richtlinien auf ein definiertes Minimum zu beschränken, da die Präparate im Regelfall für die unmittelbare Anwendung am Patienten bestimmt sind. Die Aufbewahrung erfolgt dabei in Kühleinrichtungen, welche mit geeigneten Temperaturmesseinrichtungen inklusive angemessener Registrierungs- und Alarmeinrichtung ausgerüstet sein müssen. Die konventionelle Lagerung von Erythrozytenkonzentraten ist bei der Verwendung des Stabilisators CPD-A 1 auf 35 Tage, bei Zugabe einer Additivlösung (z.B. PAGGS-M) auf 49 Tage begrenzt. Eine Ausnahme bilden kryokonservierte Erythrozytenkonzentrate, z.B. mit seltenen Blutgruppenmerkmalen, welche unter geeigneten Bedingungen in wenigen nationalen und internationalen Blutbanken länger als 10 Jahre gelagert werden können.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt stützt sich das Blut- und Plasmaspendewesen im Wesentlichen auf 3 Säulen:

- Blutspendedienste des Deutschen Roten Kreuzes
- Blut- und Plasmaspendedienste der Länder ( z.B. an Universitäten ) und der Gemeinden
- Plasmapheresezentren der pharmazeutischen Industrie.

Desweiteren bestehen Blutspendedienste der Bundeswehr sowie privatrechtlich organisierte Plasmapheresenzentren.

In der ehemaligen DDR bestanden zum Zeitpunkt der Vereinigung 15 sogenannter Bezirksinstitute, 5 Bezirksblutspendezentralen, 19 Gebietsblutspendezentralen und mindestens 1 Blutkonservendepot in jedem transfundierenden Krankenhaus [Brandstädter 1992]. Zur Zeit unterhält das DRK insgesamt 12 Blutspendedienste mit 38 Spendezentralen und -instituten. Die Zahl der gemeinnützigen staatlichen und kommunalen Blutspendedienste beträgt 71 (Stand September 1998). Hinzu kommen noch sowohl staatlich als auch privat betriebene Plasmapheresenzentren.

### 3. Die Bluttransfusion im Wandel der Zeit

Die Voraussetzung für eine zielbewußte Blutübertragung ergab sich aus der wissenschaftlichen Erkenntnis, daß das Blut in einem Kreislauf fließt. Es war der englische Arzt und Physiologe William Harvey (1587-1657), der den großen Blutkreislauf entdeckte und darüber 1628 in seinem Forschungsbericht „Anatomische Untersuchung über die Bewegung des Herzens und des Blutes bei Tieren“ berichtete. Im Jahr 1666 führte der Engländer Richard Lower (1631-1691) erstmals ohne jegliche Komplikationen eine Austauschtransfusion von Hund zu Hund durch [Benedum 1993]. Bereits ein Jahr später nahm der Mathematiker und spätere königliche Leibarzt Jean Baptiste Denis (1640-1704) in Paris die erste Bluttransfusion von einem Schaf auf einen von Fieber geschwächten 15jährigen Patienten vor. Weitere Experimente dieser Art sowie Bluttransfusionen von Mensch zu Mensch führte jedoch in der Folgezeit zu ernststen Komplikationen, nicht selten mit Todesfolge.

In Frankreich wurde schließlich 1668 die Bluttransfusion durch einen Urteilsspruch verboten. Zehn Jahre danach erklärte das englische Parlament Blutübertragungen für gesetzeswidrig; auch die Regierung in Rom untersagte dieses Verfahren. Die Wiederaufnahme der experimentellen Studien über Transfusionen bei Tieren und Menschen erfolgte erst wieder im 18. und 19. Jahrhundert, als bewiesen werden konnte, daß einem drohenden Verblutungstod schon mit einer kleinen Menge transfundiertem Blut begegnet werden kann [Farr 1980]. Aufsehen erregte diesbezüglich der Engländer James Blundell (1790-1877), ein in London arbeitender Geburtshelfer [Jorns 1958, Myhre 1995], der als Vater der modernen Transfusionsmedizin angesehen werden kann. Wenn es auch noch zu Zwischenfällen kam, war doch die Transfusion von humanem Blut als Therapiemaßnahme bei akutem Blutverlust fortan unstrittig.

Die erste dokumentierte erfolgreiche Menschenbluttransfusion in Deutschland führte der Heilbronner Stadtarzt G.A.E. Klett 1834 bei einer stark blutenden Schwangeren durch [Benedum 1993]. Aufgrund noch fehlender Kenntnisse auf den Gebieten der Hygiene, Blutgruppenlehre und Gerinnungshemmung war die Transfusion aber weiterhin mit Risiken behaftet. Der in Wien geborene Serologe Karl Landsteiner (1868-1943) konnte aufklären, daß die Komplikationen bei Blutübertragungen in unterschiedlichen Blutarten von Spender und Empfänger liegen [Grundmann 1993]. Bei seinen zahlreichen Blutuntersuchungen und Verträglichkeitsproben beobachtete er, daß sich das Zusammenbringen von Blut verschiedener Individuen manchmal störungsfrei vollzog, ein anderes mal aber die roten Blutkörperchen agglutinierten. Genauere Analysen führten ihn schließlich zu der Postulierung dreier unterschiedlicher Blutgruppen, für deren Entdeckung er 1930 den Nobelpreis erhielt [Farr 1979]. 1901 konnte Landsteiner die Existenz der Blutgruppen A, B und 0 bekannt geben [Benedum 1996].

Seine Schüler Decastello und Sturli entdeckten wenige Monate später eine weitere, vierte Blutgruppe (AB) [Benedum 1996]. Mit der Entdeckung der antigenträgenden Eigenschaften des Blutes wurde schlagartig klar, daß zur Vermeidung von Zwischenfällen bei Blutübertragungen grundsätzlich nur gruppengleiches Blut übertragen werden darf.

Auch die wichtige Entdeckung der Rhesusgruppen geht auf Landsteiner zurück. Praktische Bedeutung erlangte diese Erkenntnis jedoch nicht nur im Bluttransfusionswesen, sondern vor allem in der Gynäkologie, Geburtshilfe und Neonatologie. Im Jahr 1941 konnte Levine den Zusammenhang zwischen dem Morbus hämolyticus neonatorum und dem Rhesusfaktor D beweisen [Metaxas-Bühler 1994]. Bald nach der Entdeckung des D-Merkmals wurden in den 40er Jahren die weiteren wichtigsten Antigene und korrespondierenden Antikörper C, c, E, e sowie das D<sup>weak</sup> (damals als D<sup>u</sup> bezeichnet) nachgewiesen. Die Einführung des Antihumanglobulin-(AHG)-Tests im Jahre 1945 durch Coombs stellte eine weitere entscheidende Voraussetzung für die nachfolgende Auffindung zahlreicher Blutgruppen-merkmale dar [Dahr 1996]. In neuerer Zeit sind die Möglichkeiten zum Nachweis von Blutgruppenantigenen durch die Entwicklung automatisierter Methoden, empfindlicher Techniken (Low-ionic-strength- [LISS] Methoden, Radio- und Enzymlinked-Antiglobulin-tests) sowie die Anwendung von Lektinen und monoklonalen Antikörpern weiter verbessert und erweitert worden.

Die Entdeckung der Gerinnungshemmung durch Natriumzitrat durch Albert Hustin (1882-1967) zeigte entscheidende Wirkung auf die Blutkonservierung [Stangl 1996], so daß Blut erstmals tagelang in einer Kühleinrichtung aufbewahrt werden konnte. Die weitere Entwicklung in der Transfusionsmedizin wurde dann, wie häufig in der Geschichte, durch die Notwendigkeit in den beiden Weltkriegen vorangetrieben. Robertson konnte 1918 über 10-26 Tage konserviertes Blut mit Erfolg den Verwundeten auf den Schlachtfeldern Frankreichs übertragen und Loutit und Mollison entwickelten als Reaktion auf den gesteigerten Bedarf von Blutkonserven während des 2. Weltkrieges den Stabilisator ACD [Greenwalt 1997].

Die Notwendigkeit zum steigenden Blutersatz hat in der Folgezeit in vielen Ländern zur Einrichtung von Blutspendezentren geführt. Vorreiter waren die russischen Metropolen Moskau und St.Petersburg, in denen bereits 1926/27 große Transfusionsinstitute aufgebaut worden waren. 1926 gründete Fantus [Eberhardt E. und Eberhardt M. 1997] in Chicago die erste Blutbank in den USA, während in Westeuropa Blutkonserven nur in beschränktem Maße eingesetzt wurden. Noch bis zum Ende des 2. Weltkrieges hielt man an der Direktübertragung vom Spender zum Empfänger fest. Kleine Transfusionsdienste mit dazugehörigen blutgruppenserologischen Laboratorien entstanden erst nach dem Krieg. Nach einem eindringlichen Hinweis der Niederrheinischen Chirurgenvereinigung 1948 auf die immer bedrohlicher werdenden Lücken in der Blutversorgung in Deutschland, hat sich dann das Deutsche Rote Kreuz der Aufgabe einer flächendeckenden Blutversorgung gewidmet. 1951 wurde in Düsseldorf der erste DRK-Blutspendedienst gegründet.

Der „AIDS-Skandal“ mit seinen Auswirkungen auf das Blutspendewesen hat deutlich gemacht, daß der Umgang mit Blut weiterhin einen besonders hohen Stellenwert in der öffentlichen Meinung einnimmt.

#### 4. Transfusionsmedizinische Bedeutung der Blutgruppen

Zur Zeit werden 23 genetisch unabhängige Blutgruppensysteme beim Menschen beschrieben. [Anstee 1995, Michaelis 1998]. Von den über 600 serologisch definierten Erythrozytenantigenen [Tippett 1995] haben für den täglichen transfusionsmedizinischen Gebrauch nur wenige eine klinische Bedeutung. Einige Blutgruppeneigenschaften sind auch in der Transplantationsmedizin relevant. Die verschiedenen Blutgruppenantigene kommen jedoch in unterschiedlicher Frequenz in der Bevölkerung vor und zeigen in der Verteilung sowohl geographische als auch ethnische Unterschiede [Schneeweis und Lange 1961, Scheil und Strunz 1996, Vichinsky et al. 2001]. Die Vererbung der einzelnen immunogenen Merkmale erfolgt dabei nach strengen genetischen Gesetzmäßigkeiten.

Die Vielgestaltigkeit der Antigenmerkmale stellt die Transfusionsmedizin vor ein Problem, da die Übertragung von Blut oder Blutprodukten durch hämolytische Transfusionsreaktionen gefährdet ist oder auch einen Morbus hämolyticus neonatorum hervorrufen kann. Die Ursache eines Transfusionszwischenfalls muß geklärt werden. Häufiger Grund ist immer noch die AB0-Inkompatibilität infolge einer Verwechslung [Sazama 1990, British Committee for Standards in Haematology 1999].

Der Grund für die Immunhämolyse ist in der Regel eine Antigen-Antikörper-Reaktion mit oder ohne Aktivierung des Komplementsystems. Eine akute, vitale Bedrohung des Empfängers geht vor allem von der akuten hämolytischen Transfusionsreaktion aus. Jedoch können auch verzögert auftretende Immunreaktionen den Patienten gefährden oder den therapeutischen Effekt der Transfusion zunichte machen.

Die transfusionsmedizinische Bedeutsamkeit der verschiedenen Antikörper gegen Erythrozytenantigene ist unterschiedlich und hängt unter anderem von folgenden Faktoren ab:

- der Konzentration (Antigendosis)
- der Häufigkeit der Antigene, gegen die sie gerichtet sind (Antigenfrequenz), da es von ihnen abhängt, wie häufig die Konstellation auftritt, das antigenpositive Blut auf einen antigen-negativen Empfänger übertragen wird
- ihrer hämolytischen Aktivität, z.B. Bindung an Makrophagen, Temperaturoptimum, Komplementaktivierung
- der Immunisierbarkeit des Antigenempfängers
- der Immunogenität des Antigens, womit die Fähigkeit zur Induktion der Antikörperbildung gemeint ist
- ihrer Plazentagängigkeit und der Expression der korrespondierenden Antigene auf fetalen Erythrozyten
- der Nachweisbarkeit der Ak und korrespondierender Antigene unter Routinebedingungen.

Die mit Abstand wichtigsten Antikörper, die zu einer Sofortreaktion führen, sind Anti-A und Anti-B. Diese sind vor allem wegen ihrer hohen hämolytischen Aktivität besonders gefährlich und machen den Hauptteil der tödlich verlaufenden akuten hämolytischen Transfusionsreaktionen aus.

Die verzögerten Transfusionsreaktionen werden insbesondere durch Rh-Antikörper ausgelöst. Sie stellen eine schwere, selten auch tödlich, verlaufende Komplikation der Bluttransfusion dar. Da Frauen während der Schwangerschaft und polytransfundierte Patienten bevorzugt immunisiert werden können, sind diese besonders gefährdet.

Bei der Bildung von Immunantikörpern gegen Erythrozytenantigene unterscheidet man die primäre und die sekundäre Reaktion. Die primäre Immunreaktion ist dabei weitgehend abhängig von der Antigendosis. Die sekundäre Immunreaktion ist eher dosisunabhängig und im Gegensatz zur primären prompt und intensiv. Nur selten wird die Überlebenszeit der Erythrozyten, die eine Primärimmunisierung verursachen, verkürzt, da die Antikörperproduktion in der Regel erst nach einer Latenzzeit von ca. 3 Monaten in Gang kommt.

Das Vorliegen von Blutgruppenantikörpern hat aber für spätere Transfusionen unter anderem folgende Risiken und Nachteile:

- Zeitverzögerung aktuell anstehender Transfusionen wegen der notwendigen Abklärung (mitunter ist eine Transfusion erst nach längerer Spendersuche durchführbar).
- Versorgungsprobleme (keine ausreichende Verfügbarkeit kompatibler EK), insbesondere, wenn mehrere Antikörper zugleich oder gegen höherfrequente Antigene vorliegen. Hierfür steht zum Beispiel der „International Panel of Rare Blood Donors“ (BGRL) in Oxford zur Verfügung, in welchem Spender mit seltener Antigenkonstellation verwaltet werden.
- das Risiko verzögerter hämolytischer Transfusionsreaktionen, wenn die Immunsisierung aktuell aufgrund zu geringer Antikörperkonzentration nicht nachweisbar ist und die Antikörper durch die Transfusion geboostert werden (bereits nach einem Jahr können fast ein Drittel und nach 10 Jahren die Hälfte der Antikörper nicht mehr nachgewiesen werden) [Nordhagen und Wolthius 1990, Schabel et al. 1994, Schonewille et al. 2000]. Daher ist selbst bei negativem Antikörpersuchtest ein Vorhandensein dieser nicht ausgeschlossen und eine Prävention sehr schwierig.
- das Auftreten akuter hämolytischer Transfusionsreaktionen, wenn die Antikörper unberücksichtigt bleiben (Verwechslungen, methodische Mängel).

In einer Studie von Schabel et al. [1994] konnte 12 Monate nach Immunisierung bei 45,5% der Patienten das Anti-K nicht mehr nachgewiesen werden. Eine weitere Arbeit zeigte einen „Verlust“ von Antikörpern in einem Follow-up über 60 Monate von 29% bei klinisch relevanten Antikörpern. Davon fielen unter die Nachweisgrenze: 45% der Anti-C, 8% der Anti-c, 33% der Anti-E, 40% der Anti-e, 14% der Anti-D und 22% der Anti-K [Ramsey und Larson 1988]. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen auch Schonewille et al. [2000] in einer über einen Zeitraum von 20 Jahren durchgeführten Studie.

Ein Beispiel aus der Literatur verdeutlicht die Problematik hinsichtlich der Verzögerung von Transfusionen bei vorliegenden irregulären Antikörpern. So wurden aufgrund einer Immunisierung durch inkompatible Blutübertragungen bei einer Patientin die irregulären Ak c, K und Lu(b) gebildet [Waldschmidt und Mueller 1977]. Da die kombinierte Frequenz der entsprechenden Antigene bei 99,9% liegt, konnte erst durch das Australische Rote Kreuz kryokonserviertes Blut bereitgestellt werden. Über einen ähnlichen Fall berichten auch Uhlig und Mitarbeiter [1994].

Bei Schwangeren kann insbesondere durch irreguläre Antikörper ein Mhn ausgelöst werden, wenn eine wirksame Dosis von Antikörpern (IgG) gegen Erythrozytenantigene des Feten die Plazenta passiert. Seit Beginn der prä- und postpartalen Anti-D-Prophylaxe ist der durch Anti-D hervorgerufene Mhn sehr selten geworden. Nach Einführung dieser Maßnahmen konnte die Inzidenz der Immunisierung Rhesus-negativer Schwangerer von 8% auf 0,08% in Deutschland gesenkt werden [Mueller-Eckhardt et al. 1996]. Dadurch hat die relative Häufigkeit eines Mhn durch andere Rhesusantikörper, aufgrund häufigerer Bluttransfusionen ohne Berücksichtigung der vollständigen Rhesus-Formel, zugenommen [Bowmann 1990]. Der klinisch bedeutendste Antikörper ist dabei Anti-c, der schwere, dem Anti-D vergleichbare Erythroblastosen verursachen kann [Kornstad 1983, Hoch et al. 1992, Hundic-Haspl et al. 1994].

Die durch Anti-C und Anti-E bedingten Mhn verlaufen mit wenigen Ausnahmen meist milde; eine durch Anti-e ausgelöste Erythroblastose tritt selten auf. Es wurden aber auch schwere Verläufe bei einem durch Anti-C verursachten Mhn beschrieben, bei denen eine Austauschtransfusion nötig war [Hundic-Haspl et al. 1994, Mitchell und James 1999]

Außerhalb des AB0- und Rh-Systems kann vor allem das Anti-K bei vorausgegangener Transfusion inkompatiblen Blutes einen in Einzelfällen auch schwer verlaufenden Mhn auslösen. Antikörper gegen das Kell-Merkmal stehen, was ihre Häufigkeit bezüglich der Gefährdung von Schwangerschaften anbelangt, an dritter Stelle hinter den Rhesusantikörpern D und CD. Hierbei führen Bluttransfusionen signifikant häufiger zur Kell-Immunisierung als Schwangerschaften mit Kell-Inkompatibilität. Prokop und Schleyer veröffentlichten 1951 den ersten Fall einer Kell-Erythroblastose in Europa. Anschließend erschienen weitere Übersichtsarbeiten, die sich mit der Häufigkeit von Anti-Kell bei Schwangeren befassten [Polesky 1967, Smith et al. 1967, Queenan et al. 1969].

Das Hauptproblem des Anti-Kell-bedingten Mhn liegt darin, daß er entweder nicht oder zu spät erkannt wird und die Kinder intrauterin absterben. Eine weitere Studie konnte zeigen, daß sich durch die kompatible Transfusion 9/10 aller Kell-Sensibilisierungen bei gebärfähigen Frauen vermeiden lassen [Schönitzer 1987].

Im Sinne einer Prophylaxe sollte neben einer sorgfältigen Arbeitsweise, um Verwechslungen bei Transfusionen zu vermeiden, demnach bei der Auswahl der Konserven auch darauf geachtet werden, daß mit den Erythrozyten dem Empfänger keine Antigene übertragen werden, gegen die er im weiteren Verlauf mit großer Wahrscheinlichkeit Antikörper bilden kann. Dies betrifft insbesondere die Antigene des Rhesus- und Kell-Systems.

Durch den Vergleich anderer Blutgruppenantigene sind Aussagen über deren Immunogenität und damit relativen „Gefährlichkeit“ möglich. Bekannt ist, daß die Antigene A und B gefolgt von D die höchste Antigenität besitzen. Anhand der Frequenz beobachteter Immunantikörper konnten Schlußfolgerungen hinsichtlich der Immunogenität der anderen Antigene gezogen werden.

So führt zum Beispiel die Transfusion einer D-positiven Konserve auf einen negativen Empfänger in ca. 50-80% (unter der Geburt 6-33%) zur Bildung von Anti-D, der meistens erst nach 2-5 Monaten nachweisbar ist [Metaxas-Bühler 1994]. Ausgenommen sind hierbei die etwa 15-20% non-responder, welche auch nach wiederholten inkompatiblen Transfusionen kein Anti-D bilden [Dahr 1996, Kretschmer und Sonneborn 1998].

Die Immunogenität der anderen Antigene ist geringer (K 5%; c 2%; E 1,7%; k 1,5%; e 0,6%; C 0,1%) [Metaxas-Bühler 1994 Overbeeke und Dudok de Wit 1994, Dahr 1996]. Aus diesem Grunde ist man nach der Entdeckung des D-Antigen dazu übergegangen, in der Transfusionspraxis die D/dd inkompatible Übertragung zu vermeiden. Da bisher kein Anti-dd in der Literatur beschrieben wurde, bedeutet dies, daß D-positive Patienten sowohl Rhesus-positives als auch -negatives Blut erhalten können, während Rhesus-negativen Individuen nur Rh-negatives Blut transfundiert werden darf.

#### **4.1. Das AB0-System**

Die besondere transfusionsmedizinische Relevanz dieses Systems wird durch die hohe Antigenität der Merkmale sowie das physiologische Vorkommen der AB0-Antikörper in hoher Konzentration bestimmt. Diese Eigenschaften und die Fähigkeit, das Komplementsystem zu aktivieren, führen bei Transfusionsinkompatibilität zur Hämolyse. Die AB0-Kohlenhydratantigene sind dabei nicht nur auf die Erythrozyten beschränkt, sondern finden sich auch auf anderen Körperzellen wie zum Beispiel Thrombozyten und Leukozyten.

Durch das Zusammenspiel mehrerer genetisch determinierter Transferasen entstehen auf der Erythrozytenmembran sequentiell aufgebaute Kohlenhydratstrukturen, die die individuellen Merkmale im AB0-Blutgruppensystem bestimmen. Personen, die nur eine bestimmte Transferase bilden, zeigen die Blutgruppe A bzw. B; die entsprechend beide Enzyme aufweisen, die Blutgruppe AB. Die Blutgruppenantigene A und B entwickeln sich erst in den ersten beiden Lebensjahren zu ihrer vollen Stärke. Individuen, die nur eine enzymatisch inaktive AB0-Transferase bilden, gehören zur Blutgruppe 0.

Durch unterschiedliche Transferasen mit verminderter Enzymaktivität entstehen diverse vorwiegend quantitativ aber auch qualitativ veränderte A- und B-Antigene ( $A_1$ ,  $A_2$  ...) [Dahr 1996].

## 4.2. Das Rhesus-System

Die Untersuchungen von Levine und Stetson führten zu der Erkenntnis, daß das Rh-System eine große Bedeutung für die Bluttransfusion, den Mhn und die autoimmunhämolytischen Anämien vom Wärmetyt besitzt.

Die Rhesusantigene, nicht auf Leukozyten und Thrombozyten zu finden, sind sehr früh im fetalen Leben nachweisbar. Zwei dicht nebeneinander liegende Gene steuern die Expression der fünf wichtigen Antigene D, C, c, E und e, die als Rh-Formel zusammengefaßt und entsprechend dem serologisch ermittelten Phänotyp dokumentiert werden. Im Wesentlichen werden mit D-positiven und dd-negativen zwei Serotypen unterschieden. Alle Menschen, von extrem seltenen Ausnahmen abgesehen, exprimieren weiter C- oder c- und E- oder e-Antigene auf den Erythrozyten. Die Zahl der Antigene des Rh-Systems liegt dabei normalerweise bei circa 10 000-40 000 pro Erythrozyt. Beim  $D^{\text{weak}}$ -Phänotyp beträgt die Antigenzahl zum Teil weniger als 1 000 pro Erythrozyt, während sie bei den Varianten -D- und 'D' stark erhöht ist (mehr als 200 000 pro Erythrozyt) [Dahr 1996].

Abgesehen von den 5 Hauptantigenen sind die Varianten des D-Antigens von größerer praktischer Bedeutung. Schwache Formen des D-Antigens ohne nachweisbare qualitative Veränderungen werden heute als  $D^{\text{weak}}$  (früher  $D^u$ ) bezeichnet [Issitt 1993, Sonneborn et al. 1993]. Dabei liegt die Häufigkeit des  $D^{\text{weak}}$  in der Bevölkerung unter 1% [Metaxas-Bühler 1994]. Die Immunisierungsgefahr dieser D-Antigene gegenüber Erythrozyten mit normaler Ausprägung von D ist äußerst gering [Dahr 1996]. Daher gibt es keinen Grund, Personen mit  $D^{\text{weak}}$  als Rh-negativ zu bezeichnen [Kretschmer et al 1998, Wissenschaftlicher Beirat der Bundesärztekammer 2001].

Von den  $D^{\text{weak}}$ -Antigenen müssen noch 10 weitere D-Kategorien abgegrenzt werden [Dahr 1996]. Die größte Bedeutung hat hierbei das am häufigsten vorkommende  $D^{\text{VI}}$  (0,02-0,03%) [Wagner et al. 1995, Kretschmar und Sonneborn 1998]. Das  $D^{\text{VI}}$  weist die geringste Anzahl an Epitopen auf. Diese stellen den Bereich eines Antigens dar, welche die Spezifität des Antikörpers bestimmen.

Aus diesem Grunde können Personen mit dieser Variante leichter als solche mit anderen schwachen D-Merkmalen irreguläre Antikörper gegenüber den ihnen fehlenden Epitopen des D-Antigen bilden. Personen mit D<sup>VI</sup> sind daher als Empfänger Rh-negativ und als Blutspender als Rh-positiv zu klassifizieren [Wissenschaftlicher Beirat der Bundesärztekammer 2001].

Vorwiegend im Rahmen der prätransfusionellen Diagnostik kommt es darauf an, Empfänger mit schwachen D-Formen (außer D<sup>VI</sup>) möglichst als D<sup>weak</sup>-positiv und die mit D<sup>VI</sup> als Rh-negativ zu definieren. So können die betreffenden Patienten transfusionsmedizinisch entsprechend betreut werden. Bei Blutspendern soll ebenfalls der Nachweis schwacher D-Varianten erfolgen, wobei hier eine Unterscheidung zwischen D<sup>weak</sup> und D<sup>VI</sup> nicht erforderlich ist.

Aus diesem Grund soll laut aktuellen Richtlinien die Bestimmung des Rh-Merkmales D bei Empfängern und Spendern auf unterschiedliche Weise durchgeführt werden. Um bei den Blutspendern auch jedes schwache oder nur partiell ausgeprägte D-Antigen zuverlässig zu erfassen, werden geeignete polyklonale oder oligoklonale Reagenzien im indirekten Antihumanglobulintest eingesetzt. Blutspender, die ein schwach ausgeprägtes Antigen D besitzen, werden als Rh positiv (D<sup>weak</sup>-positiv) eingestuft. Für die Analyse des Rh-Merkmales D bei Empfängern wird die Anwendung von monoklonalen Antikörpern der IgM-Klasse, welche die Kategorie D<sup>VI</sup> nicht erfassen, empfohlen.

### **4.3. Das Kell-System**

Neben dem AB0- und Rhesus-System ist für die Bluttransfusion das Kell-System am bedeutendsten, da der relativ häufig vorkommende Antikörper gegen das Merkmal K wie auch das seltene Anti-k schwere Zwischenfälle bei Transfusionen und Schwangerschaften verursachen können. Die Antigene des Kell-Systems sind bereits bei der Geburt voll ausgeprägt [Dahr 1996]. Dabei unterscheiden sich die beiden Antigene K und k lediglich durch den Austausch einer Aminosäure. Das Kell-Antigen gehört zu den stärkeren Immonogenen und führt bei bis zu 10% [Michaelis 1998, Schabel et al. 1994] der K-negativen Patienten nach Transfusion von K-positivem Blut zur Antikörperbildung. Daher wird auch schon in der Bundesrepublik Deutschland seit längerem empfohlen, Kell-negativen Mädchen und Frauen im gebärfähigen Alter möglichst kein Kell-positives Blut zu verabreichen.

### **4.4 Antikörper**

Die AB0-Blutgruppen sind das einzige Hauptsystem, bei dem obligat natürliche Antikörper, die Isoagglutinine, vorkommen. Bei intaktem Immunsystem beginnt die Bildung der Antikörper im Laufe des ersten Lebensjahres und hält lebenslang an. Aus diesem Grund muß dieses System bei Transfusionen immer berücksichtigt werden. Dabei wird die Entstehung von Anti-A und Anti-B auf bakterielle Induktion, z. B. Escherischia coli, zurückgeführt. Es handelt sich um Kälteantikörper deren Temperaturamplitude aber bis über 37°C reicht.

Die höchsten AB0-Antikörpertiter werden zwischen dem 5.-10. Lebensjahr erreicht; anschließend nimmt die Konzentration wieder deutlich ab [Kretschmer und Sonneborn 1998].

Unter den irregulären Antikörpern sind für die Klinik diejenigen wichtig, deren Wirkungsgrad im Bereich der Körpertemperatur liegt. Das sind neben den angeborenen, also regulären Antikörpern im AB0-System im Wesentlichen die irregulären Antikörper (Immunantikörper). Die Angaben zur Prävalenz der irregulären Antikörper in der Bevölkerung schwanken zwischen 1% und 5% [McPherson und Christiansen 1960, Spielmann und Seidel 1974, Waldschmidt und Mueller-Eckhardt 1977], wobei etwa 50% transfusionsmedizinische Bedeutung besitzen [Michaelis 1998].

Da irreguläre Antikörper nach Exposition gegen Blutgruppenantigene entstehen, welche die entsprechende Person nicht besitzt, kann die Bildung dieser zum einen während einer Schwangerschaft oder nach nichtkompatiblen Bluttransfusion und durch absichtliche Injektion kleiner Blutmengen zur Gewinnung von D-Antikörpern für die Rh-Prophylaxe induziert werden. Aufgrund des Entstehungsmechanismus finden wir insbesondere bei gebärfähigen Frauen und mehrfach transfundierten Patienten vermehrt irreguläre Immunantikörper. Diese werden, da ihr Reaktionsoptimum bei 37°C liegt, als Wärmeantikörper bezeichnet.

Daneben gibt es eine Reihe von Kälteantikörpern, die im Allgemeinen keine klinische Bedeutung für die Transfusionspraxis haben. Ein Teil dieser Antikörper kann aber durch wiederholte Übertragung von Erythrozyten mit dem entsprechenden gegen diesen Antikörper gerichteten Antigen doch die Gefährlichkeit eines Immunantikörpers erwerben [Busch et al. 1970].

Das Anti-D war vor Einführung der Anti-D-Prophylaxe 1967 in Deutschland (DDR 1970/71) aufgrund der starken Antigenität der häufigste und, da er zum Morbus hämolyticus neonatorum führen kann, auch der wichtigste Immunantikörper überhaupt. Dabei ist Anti-D häufig von Anti-C (33% der Fälle), selten von Anti-E (2%) begleitet. Das hinsichtlich einer hämolytischen Reaktion schwach wirksame Anti-E tritt als einzelner Antikörper nach Anti-D am häufigsten auf.

Der c-Antikörper kommt aufgrund der hohen Antigenfrequenz (ca. 80% der Bevölkerung besitzen mindestens ein c-Antigen) relativ selten vor. Die Häufigkeit des Antigens hat aber zur Folge, daß bei Vorliegen eines Anti-c bei transfusionsbedürftigen Patienten Versorgungsprobleme auftreten können. Das Auftreten eines Anti-e ist aufgrund der sehr hohen Antigenfrequenz (nur 2-3% der Bevölkerung fehlt das e-Antigen) ebenfalls sehr selten. Bei der Bereitstellung verträglicher Erythrozytenkonzentrate kommt es dann aber zu Engpässen, da nur ca. 3 von 100 Spendern eine kompatible Blutgruppe (Phänotyp EE) aufweisen.

Die Blutgruppenantikörper gehören vorzugsweise der Immunklasse IgG und IgM an. Üblicherweise entstehen nach Primärimmunisierung zunächst IgM Antikörper. Diese sind im Allgemeinen noch nicht nachweisbar. Nach ausreichend starker Immunisierung werden 3 Wochen bis 3 Monate später IgG-Antikörper gegenüber diesem Antigen gebildet.

Die IgG Antikörper können indessen unter bestimmten Bedingungen die Komplementkaskade aktivieren. Die Komplementaktivierung, die hier auf dem klassischen Weg erfolgt, kann dabei entweder in einem frühen Stadium (bei C3) stoppen oder bis zum Schluß (Aktivierung von C9) ablaufen [Roelcke 1996].

Die Antikörper des Kell-Systems gehören zum großen Teil der IgG-Klasse an und können, da sie häufig Komplement aktivieren und damit hämolytisch aktiv werden, eine schwere hämolytische Transfusionsreaktion bzw. einen Morbus hämolyticus neonatorum auslösen. Sie sind meist Folge einer Kell-inkompatiblen Transfusion und seltener einer Schwangerschaft. Das Anti-K ist außerhalb des Rh-Systems der häufigste irreguläre Antikörper. Beim Vorliegen von Anti-K muß Kell-negatives Blut transfundiert werden, was aufgrund der Tatsache, daß circa 91% der Bevölkerung Kell-negativ sind, kein Problem bereitet. Aus dem gleichen Grund sind k-Antikörper sehr selten, da nur wenige Personen immunisiert werden können. Metaxas-Bühler [1994] beschreibt in ihrer Arbeit, daß nur 2 ‰ der Bevölkerung den Genotypus KK, der Voraussetzung für die Bildung eines Anti-k ist, besitzen. Dieser Umstand führt dazu, daß das Auffinden eines solchen Antikörpers ein besonderes Ereignis darstellt. Wenn ein Anti-k eruiert wurde und der Patient Blut benötigt, kommt es bei der Bereitstellung von verträglichen Konserven aufgrund der Seltenheit des Genotypus KK zu großen Problemen. Diese können nur durch Zusammenarbeit verschiedener überregionaler Spendedienste, zum Teil unter Verwendung von kryokonservierten Erythrozytenkonzentraten, bewältigt werden.

#### **4.5. Antikörperfrequenz**

Die Medline Recherche analysierte zahlreiche Veröffentlichungen, die sich mit der Antikörperfrequenz und seinen Problemen bei Transfusionen befassen. Hardy und Napier [Kornstad 1983] beobachteten beispielsweise über einem Zeitraum von 30 Jahren eine deutliche Progression von irregulären Antikörpern als Folge der Zunahme von Bluttransfusionen.

Bereits in den 70er Jahren machten mehrere Arbeiten auf die Gefahr einer Immunisierung durch eine inkompatible Transfusion aufmerksam [Busch et al. 1970, Maurer und Büttner 1975, Schrickler et al. 1976]. Schon hier wurden organisatorische Konsequenzen im Blutspendedienst gefordert. Die weiteren Analysen zeigten, daß es bei Nichtberücksichtigung der gesamten Rh-Formel und des Kell-Merkmales vor allem zu einer Zunahme der Antikörper E und K kam [Serrano 1990]. Daraufhin empfahlen sie, um eine Immunisierung innerhalb des Rh- und Kell-Systems zu vermeiden, die routinemäßige Blutgruppenbestimmung über das ABO-System und den D-Faktor zu erweitern. Zum damaligen Zeitpunkt war dies aufgrund logistischer und finanzieller Probleme nur an großen Kliniken möglich gewesen.

Eine Untersuchung aus dem Jahr 1985 von Schönitzer et al. belegt ebenfalls die Zunahme der irregulären Antikörper über einen Zeitraum von 7 Jahren (Abbildung 1). Bei Frauen wurden, wie in allen anderen Arbeiten auch, aufgrund der Sensibilisierungsgefahr während der Schwangerschaft etwa doppelt so viele Antikörper nachgewiesen als bei Männern [Hoeltge et al. 1995].

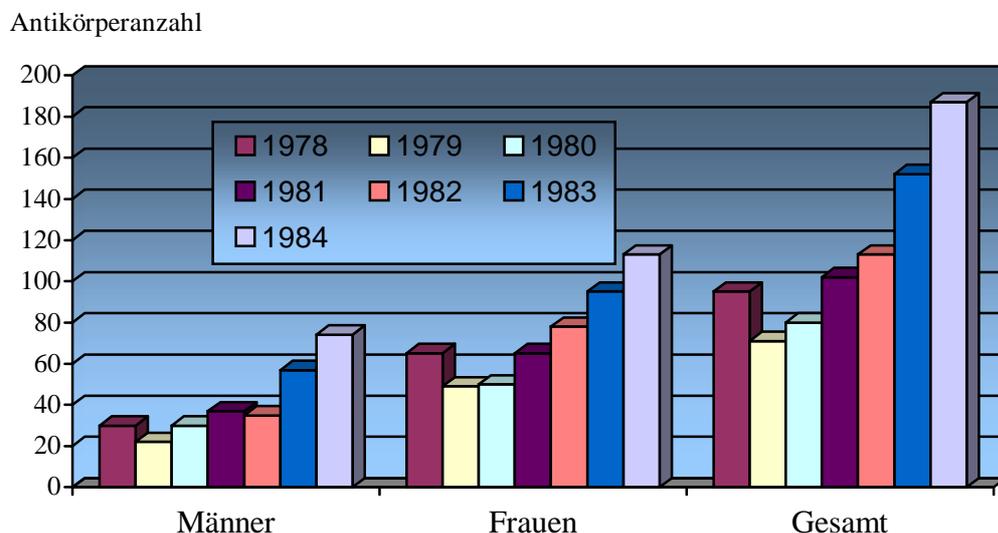


Abbildung 1: Vergleich der Antikörperprävalenz über eine Zeitspanne von 7 Jahren im Universitätskrankenhaus Eppendorf [ Schönitzer et al. 1985]

Die weitere Differenzierung ergab, daß 54% aller irregulären Antikörper Rhesus-Antikörper waren, gefolgt von Anti-K mit 13,7% und Anti-Le(a) mit 10,9%.

Auch andere Arbeiten konnten bei Patienten, die im Laufe ihrer Anamnese polytransfundierte wurden, eine gegenüber der Normalpopulation deutliche Erhöhung der Inzidenz verschiedener irregulärer Antikörper nachweisen [Coles et al. 1981, Nordhagen und Wolthuis 1990, Hoeltge et al. 1995, Rakic et al. 1999]. Eine Untersuchung aus dem Jahr 1994 beispielsweise zeigt eine Inzidenzerhöhung der klinisch relevanten Antikörper von circa 1% in der Normalbevölkerung auf 17,6% bei Patienten mit hämatologischen Erkrankungen [Hundic-Haspl et al. 1994]. Auch hier waren Anti-K und Anti-E am häufigsten vertreten, gefolgt von Anti-D, -C und -c. Da sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen Zunahme der Antikörper und Anzahl der Transfusionen zeigte, wurde auch hier die Empfehlung zur kompatiblen Transfusion im Rhesus- und Kell-System ausgesprochen [Fluit et al. 1990]. In einer weiteren Studie an 2 Gruppen von Polytransfundenen mit hämatologischen Erkrankungen (Sichelzellanämie und Thalassämia major) konnten bei ca. 24% der Patienten irreguläre Antikörper nachgewiesen werden [Coles et al. 1983]. Orlina et al. [1978] stellte gar bei 36% multitransfundierter Patienten mit Sichelzellanämie Immuntikörper fest.

Verschiedene Untersuchungen konnten eine signifikante Risikoreduktion für die Induktion von irregulären Antikörpern bei polytransfunden Patienten durch die Rh- und Kell-kompatible Transfusion nachweisen [Lazerevski et al. 2000, Leo und Beigi 2000 und Gader et al. 2000].

Eine Studie im Universitätskrankenhaus Eppendorf (UKE) zeigte beispielsweise, daß die relative Häufigkeit der Rh-Antikörper, abgesehen von Anti-E wo es keine wesentlichen Veränderungen gab, um 25% abnahm [Wittkopf et al. 1990]. Hingegen stieg die Anzahl anderer irregulärer Antikörper (Abbildung 2).

Antikörperhäufigkeit in %

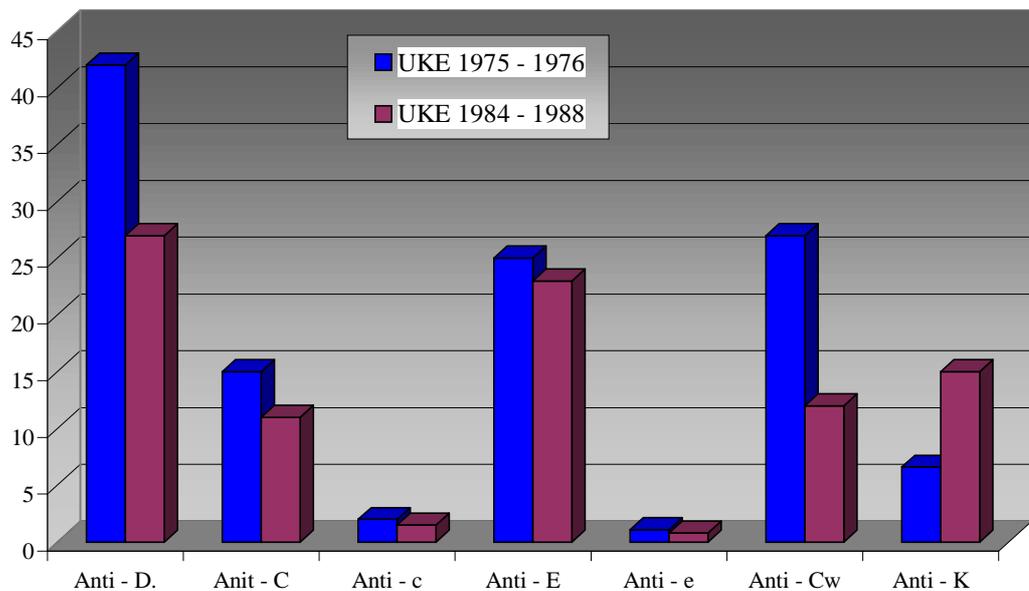


Abbildung 2: Häufigkeit der Rh- und Kell-Antikörper in % im Universitätskrankenhaus Eppendorf im Vergleich 1975-1976 versus 1984-1988 [Wittkopf et al. 1990]

Für dieses Ergebnis dürfte neben der konsequent durchgeführten Anti-D Prophylaxe auch die beharrliche Ausführung der Rh-verträglichen Transfusion gewesen sein [Poschmann und Fischer 1986]. Analysen im Blutspendedienst Hessen aus den Jahren 1982-1985 [Spielmann und Seidel 1989] zeigen ähnliche Ergebnisse. Auch hier war, ebenfalls als Folge der Rh-verträglichen Transfusion wie im UKE, eine deutlich geringere Anti-c Frequenz und etwas höhere Anti-E Häufigkeit nachweisbar [Wittkopf et al. 1990]. Dagegen kam es zu einem Anstieg der K-Antikörper im UKE. Ähnliches war auch in der Universitätsklinik Göttingen zu beobachten [Lynen et al. 1989]. Als Grund hierfür wurde zum einen eine höhere Sensitivität der Testmethoden bei starker Antigenität des Merkmals K und die Sensibilisierung durch Kell-unverträgliche Transfusionen in anderen Kliniken vermutet.

Durch eine konsequent durchgeführte Rh- und Kell-kompatible Transfusion konnten Vichinsky und Mitarbeiter [2001] ebenfalls eine Reduktion der klinisch relevanten Antikörper von 60% auf 8% bei Patienten mit Sichelzellanämie nachweisen. Damit verbunden war eine Abnahme der hämolytischen Transfusionsreaktionen um 90%. Die weiteren Analysen zeigten eine Verminderung der Immunisierungsrate pro verabreichten EK von 3% auf 0,5%.

Obwohl weitere Statistiken über die Häufigkeit erythrozytärer Antikörper in ihren Angaben sehr variieren [Kornstad 1957, Kissmeyer-Nielsen 1965, Spielmann und Seidl 1974, Schrickler et al. 1975, Speiser und Pausch 1980, Speiser et al. 1980, Kornstad 1983, Casthilo et al. 2000], kommen alle Untersuchungen zu dem gemeinsamen Ergebnis, daß mit einer steigenden Zahl der Bluttransfusionen auch mit einer Zunahme der irregulären Antikörper gerechnet werden muß. Aus diesen Gründen ist es richtig, daß heute gemäß den Richtlinien der Bundesärztekammer eine Immunisierung innerhalb des Rh-Systems und gegen den Faktor Kell bei bestimmten Patientenkollektiven durch Rh- und Kell-kompatible Transfusionen vermieden werden soll.

## 5. Zielstellung der Arbeit

Ziel der vorliegenden Dissertation ist der Nachweis eines möglichen Benefit (Erhöhung der Anzahl verträglicher Erythrozytenkonzentrate pro Empfänger) bei Transfusionspatienten durch Kombination der einzelnen Blutgruppenmerkmale unter Berücksichtigung der Kompatibilität im AB0-, Rh- und Kell-System. Die Untersuchung erfolgte unter besonderer Beachtung der aktuellen Hämotherapierichtlinien. Dabei wurde auch die Möglichkeit der Transfusion von Rhesus-negativem Blut auf einen Rh-positiven Empfänger mit einbezogen.

Hierbei prüften wir die Auswirkungen auf die Steigerung der möglichen Spenderanzahl pro Empfängerblutgruppe unter Ausnutzung der Kompatibilität im Rh und Kell-System bei:

- Anwendung der AB0-identischen Transfusion und
- Anwendung der AB0-ungleichen aber kompatiblen („majorkompatiblen“) Transfusion im Rahmen der „Universalspende“.

Diese Studie wurde anhand der Verteilung der Blutgruppenphänotypen im AB0-, gesamten Rhesus- und Kell-System im Großraum Magdeburg durchgeführt.

Anhand eines von uns ermittelten Quotienten aus den Gesamtspendern und kompatiblen Spendern für jede einzelne Empfängerblutgruppe kann abgeschätzt werden, ob eine Blutbank die benötigten Erythrozytenkonzentrate (EK) vorrätig hat. Sollen beispielsweise 6 EK einer Blutgruppe bereitgestellt werden, deren Quotient 250 beträgt (1 von 250 EK weist eine kompatible Blutgruppe auf und kann, ohne eine Antikörperbildung im Rh- und/oder Kell-System zu provozieren, transfundiert werden), müßte eine Blutbank mindestens 1 500 AB0-Erythrozytenkonzentrate vorrätig haben. Dann ist die Wahrscheinlichkeit hoch, daß alle 6 EK durch diese Einrichtung geliefert werden können. Analog dazu kann die Anzahl der maximal zur Verfügung stehenden verträglichen Konserven für eine bestimmte Blutgruppe kalkuliert werden. Eine Blutbank mit ca. 1 000 EK könnte beispielsweise nur 2 Präparate einer Blutgruppe bereitstellen, deren Quotient 500 beträgt. Liegt dieser über 1 000, so muß damit gerechnet werden, daß in dieser Blutbank keine geeignete Konserve vorrätig ist. Es müßten also mehrere Einrichtungen gleichzeitig mit der Suche beauftragt werden.

Ausgangspunkt der Überlegungen ist die Tatsache, daß es bei strenger Berücksichtigung der Hämotherapierichtlinien zu Engpässen bei der Bereitstellung ausreichend kompatibler Blutkonserven kommen kann. Mit den vorliegenden Ergebnissen soll geklärt werden, für welche Blutgruppen dies zutrifft. Dadurch kann die Voraussetzung für eine optimale Versorgung mit Erythrozytenkonzentraten durch Blutdepots, auch unter Berücksichtigung der Kosten, geschaffen werden. Eine solche Untersuchung war bisher noch nicht durchgeführt worden.

## **6. Material und Methode**

### **6.1. Untersuchungsmethodik und Materialgewinnung**

In dieser Arbeit wurden Blutgruppen von 24 809 Personen hinsichtlich ihrer Kompatibilität im AB0-, Rh- und Kell-System verglichen. Zu diesem Zweck sind alle Blutgruppen einerseits als potentiellen Spendern zugehörig betrachtet worden, sowie andererseits auch als den Empfängern zugehörig eingestuft worden. Anschließend konnte mittels dieser Daten die Anzahl der zur Verfügung stehenden verträglichen Spender für eine bestimmte Empfängerblutgruppe bestimmt werden. Hierbei stand zunächst das Erreichen eines maximalen Benefit (Erhöhung der Konserven- bzw. Spenderanzahl) allein durch die Kombination im Rh- und Kell-System bei gleicher AB0-Blutgruppe im Vordergrund. Anschließend ist zusätzlich die Möglichkeit der sogenannten „Universalspende“ mit einbezogen worden (alle Empfänger könnten auch Blut der Blutgruppe 0 erhalten - die BG AB zusätzlich Blut der Blutgruppe A und B). Mit Hilfe der Daten wurde dann ermittelt, wieviel Spender benötigt werden, um eine verträgliche Blutgruppe für eine bestimmte Empfängervariante zu erhalten. Bei den Berechnungen sind wir davon ausgegangen, daß die Verteilung der in unserem Labor festgestellten Phänotypen sowohl denen der potentiellen Blutspender als auch der Empfänger gleicht.

Alle Blutproben stammten aus Arztpraxen unterschiedlicher Fachrichtungen im Großraum Magdeburg. Diese wurden zur Blutgruppenbestimmung in das Labor von Prof. Schenk / Dr. Ansorge, Magdeburg eingeschickt. Mit insgesamt 10 602 Proben waren 42,7% des Materials von Schwangeren durch Fachärzte für Gynäkologie und Geburtshilfe (Vorsorgeuntersuchung) eingereicht worden.

Die Blutgruppenanalyse umfaßte die Bestimmung der AB0-Antigene, der gesamten Rhesus-Formel sowie des Kell-Merkmals. Ergänzt wurde sie durch den Antikörpersuchtest auf irreguläre Antikörper gegen Erythrozyten. Die Ergebnisse der Antikörperuntersuchung wurden nicht betrachtet, da sie nicht Gegenstand dieser Arbeit waren.

Für die Bestimmung der Blutgruppen nutzten wir das Prinzip des Agglutinationstestes in isotoner NaCl-Lösung. Es wurden polyklonale Testantikörper der Firma Ortho Diagnostic Systems GmbH verwendet. Dies entsprach der Methode, wie sie für die Analyse der Blutgruppen bei Blutspendern empfohlen wird.

Circa 50% der Bestimmungen der Blutgruppenmerkmale wurden manuell ausgeführt. Im weiteren Verlauf der Studie kam das vollautomatische Ortho-Auto Vue-System der Firma Ortho Diagnostic Systems GmbH zum Einsatz, welches nach dem gleichen Prinzip die Merkmale analysierte.

## **6.2. AB0-Blutgruppenbestimmung und Faktor D**

Es wurden AB0/Rh-Blutgruppenkarten (Anti-A/Anti-B/Anti A,B/Anti-D/Anti-CDE und Control) der Firma Ortho Diagnostic Systems GmbH verwendet.

Die Karten wurden mit den Patientendaten beschriftet. Aus den mittels Venenpunktion in einem EDTA-Röhrchen gewonnenen Proben wurden 3-5%-ige Erythrozytenaufschwemmungen mit isotoner Kochsalzlösung hergestellt. Anschließend ist der Kartenverschluß über den 6 einzelnen Säulen mit Hilfe eines speziellen Adapters durchstoßen worden. Dieser Adapter verblieb in der Karte. Über diesen wurden nachfolgend je 10 µl Patientenerythrozytenaufschwemmung in jede der insgesamt 6 Säulen pipettiert. Danach sind die Karten mit der Ortho BioVue Zentrifuge der Firma Ortho Diagnostic Systems GmbH 120 sec. bei 800 U/min und anschließend 180 sec. bei 1 800 U/min zentrifugiert worden. Im Anschluß daran konnte das Ergebnis abgelesen und protokolliert werden.

## **6.3. Kontrolle durch Untersuchung der Serum-Gegenseite**

Nach Ergebnisdokumentation wurde das Resultat durch eine Serumgegenprobe überprüft. Hierzu wurde das Patientenserum mit gebrauchsfertigen Testerythrozyten A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, B und 0 gemischt. Diese wurden von der Firma Ortho Diagnostic Systems GmbH bereitgestellt. Wir benutzten die Revers Diluent Karte dieser Firma. Diese wurde beschriftet und anschließend der Verschluß von 4 Säulen geöffnet. Die Säulen wurden den Testerythrozyten entsprechend mit A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, B und 0 etikettiert. Danach sind je 10 µl Testerythrozyten in die passende Säule und 40 µl Patientenserum pipettiert worden. Anschließend wurde die Karte mit den Proben 120 sec. bei 800 U/min und 180 sec. bei 1 800 U/min mit der Ortho BioVue Zentrifuge zentrifugiert. Das Ergebnis wurde nach Ablesen protokolliert und mit dem Resultat der ersten Untersuchung verglichen.

## **6.4. Bestimmung Rh-Formel und Kell-Merkmal**

Wir verwendeten die Rh-Untergruppenkarten Anti-C/Anti-E/Anti-c/Anti-e/Anti-K und Control der Firma Ortho Diagnostic System GmbH.

Die Bestimmungen der übrigen Rh-Merkmale und des Kell-Merkmales erfolgten parallel und analog zur AB0-Untersuchung. Es wurde eine 3-5 %-ige Aufschwemmung mit isotoner Kochsalzlösung aus den Erythrozyten angefertigt. Anschließend sind die Karten beschriftet worden. Der Kartenverschluß wurde mit einem Adapter durchstoßen. Über diesen wurden dann in die entsprechenden 6 Säulen je 10 µl Erythrozytenaufschwemmung pipettiert. Das gesamte Karten-System ist dann 120 sec. bei 800 U/min und 180 sec. bei 1 800 U/min in der Ortho BioVue Zentrifuge zentrifugiert worden. Im Anschluß daran wurde das Ergebnis abgelesen und protokolliert.

## 6.5. D<sup>weak</sup>-Bestimmung

Bei Ergebnisdiskrepanz in der AB0/Rh-Karte zwischen den CDE- und D-Säulen wurde zur weiteren Differenzierung die D<sup>weak</sup>-Bestimmung, respektive Abklärung durchgeführt.

Zur Differenzierung eines D<sup>weak</sup> wurden die Antikörpersuchtestkarten/Coombskarten (Anti-IgG, -C3d, polyspecific) der Firma Ortho Diagnostic System GmbH verwendet. Nach Kennzeichnung der Karten sind 2 der 6 Säulen geöffnet worden. Anschließend konnten je 50 µl BLISS sowie nachfolgend je 10 µl in 3-5%-iger NaCl-Lösung aufgeschwemmte Patientenerythrozyten in die beiden Säulen pipettiert werden. Danach wurde der ersten Probe 40 µl BioClone Anti-D und der zweiten Probe 40 µl BioClone Rh-Ctrl hinzugefügt. Alle verwendeten Reagenzien lieferte die Firma Ortho Diagnostic System GmbH. Durch leichtes Klopfen an der Rückwand sind die Proben durchmischt und dann bei 37°C für 15 Minuten im BioVue Heatblock inkubiert worden. Im Anschluß daran wurden die Karten 120 sec. bei 800 U/min und 180 sec. bei 1 800 U/min in der Ortho BioVue Zentrifuge zentrifugiert und das Ergebnis abgelesen und protokolliert.

Eine weitere Unterteilung der einzelnen schwachen D-Varianten, vor allem die Abgrenzung eines D<sup>VI</sup>, war nicht möglich. Da aber Träger dieser D-Variante durch ein voll ausgeprägtes Rh-Merkmal D immunisiert werden können, klassifizierten wir alle festgestellten D<sup>weak</sup>-Blutgruppen als Spender Rh-positiv und Empfänger Rh-negativ. Dadurch kann für Empfänger die größtmögliche Sicherheit erzielt werden, da eine denkbare Anti-D Bildung vermieden wird.

## 6.6. Vorteil (Benefit) durch Ausnutzung der Kompatibilität der Blutgruppen

Die von uns bestimmten Blutgruppen sind als denkbare Empfänger und Spender betrachtet worden. Zur Beurteilung des Benefit (Steigerung der verfügbaren, respektive kompatiblen Konservenzahl) wurde anschließend jede Empfängerblutgruppe mit den Blutgruppen aller möglichen Spender hinsichtlich der Kompatibilität verglichen. Aus diesen Daten wurde ein Quotient (Gesamtspender/kompatible Spender) ermittelt. Dieser gibt darüber Auskunft, wieviel Spender erforderlich sind, um für eine entsprechende Empfängerblutgruppe mindestens eine geeignete Konserven bereitstellen zu können bzw. wieviel Konserven im statistischen Mittel untersucht werden müßten, um eine verträgliche Blutgruppe zu erhalten.

Diese Betrachtung wurde einmal bei AB0-identischer (nur innerhalb der gleichen AB0-Blutgruppe) und zum anderen unter Berücksichtigung AB0-ungleicher aber verträglicher /kompatibler Transfusionen vorgenommen. Die detaillierte Analyse der Gegenüberstellung Empfänger/Spender (Anhang) nach diesen beiden Betrachtungen läßt die unterschiedliche Anzahl von Spendern für einen jeweiligen Empfänger sehr gut darstellen.

## **6.7. Verwendete technische Hilfsmittel**

Zur Textverarbeitung kam das Programm Microsoft Word für Windows 97 (Microsoft Corporation, USA) zur Anwendung.

Für die Auswertung wurde das Programm Microsoft Excel für Windows 97 (Microsoft Corporation, USA) benutzt.

Die Literaturrecherche erfolgte zum einen via Internet bei DIMDI und Medline sowie in der Medizinischen Zentralbibliothek der Otto-von-Guericke-Universität. Eine nur in niederländisch veröffentlichte Arbeit wurde zum Teil durch das Fachübersetzungsbüro Textra/Hamburg in die deutsche Sprache übertragen

## 7. Ergebnisse

### 7.1. Verteilung der Blutgruppeneigenschaften

Wir untersuchten insgesamt 24 809 Personen aus dem Großraum Magdeburg. Das entsprach ca. 0,9% der Gesamtbevölkerung Sachsen-Anhalts und bezogen auf die Landeshauptstadt Magdeburg, dem Hauptuntersuchungsgebiet, ca. 10%. Davon waren 82,2% Frauen und 17,8% Männer.

Bezüglich der Verteilung der Blutgruppen im AB0-, Rh- und Kell-System zeigt die folgende Tabelle 2 die absolute und relative Häufigkeit der Blutgruppenmerkmale.

Tabelle 2: Blutgruppenverteilung im Großraum Magdeburg (n=24 809) unter Berücksichtigung der AB0-, Rhesus- und Kell-Merkmale

<b>Blutgruppen</b>	<b>absolut</b>	<b>relativ</b>
AB	1 . 4 6 1	5 , 8 9 %
A	1 0 . 9 8 6	4 4 , 2 8 %
B	3 . 4 6 2	1 3 , 9 5 %
0	8 . 9 0 0	3 5 , 8 7 %
<b>Summe</b>	<b>2 4 . 8 0 9</b>	<b>1 0 0 , 0 0 %</b>
Kell pos.	1 . 9 5 0	7 , 8 6 %
kell neg.	2 2 . 8 5 9	9 2 , 1 4 %
<b>Summe</b>	<b>2 4 . 8 0 9</b>	<b>1 0 0 , 0 0 %</b>
Rhesus D.	2 0 . 6 6 4	8 3 , 2 9 %
Rhesus dd	4 . 1 4 5	1 6 , 7 1 %
<b>Summe</b>	<b>2 4 . 8 0 9</b>	<b>1 0 0 , 0 0 %</b>
cc	8 . 0 1 1	3 2 , 2 9 %
Cc	1 2 . 2 0 1	4 9 , 1 8 %
CC	4 . 5 9 7	1 8 , 5 3 %
<b>Summe</b>	<b>2 4 . 8 0 9</b>	<b>1 0 0 , 0 0 %</b>
ee	1 7 . 9 3 2	7 2 , 2 8 %
Ee	6 . 2 9 0	2 5 , 3 5 %
EE	5 8 7	2 , 3 7 %
<b>Summe</b>	<b>2 4 . 8 0 9</b>	<b>1 0 0 , 0 0 %</b>

Die Blutgruppe AB wurde in der Gesamtpopulation erwartungsgemäß am seltensten eruiert. Der Anteil der Personen mit dieser Blutgruppeneigenschaft betrug nur 5,89%. Dies ist auch der Grund, warum nur insgesamt 17 Rh-Kell-Untergruppen festgestellt wurden. Hiervon waren 10 Kell-negativ und 7 Kell-positiv. Dabei entfielen circa 91,5% der Individuen auf die Kell-negativen Varianten und 8,5% der Personen gehörten den Kell-positiven Blutgruppen an. Ein D<sup>weak</sup> wurde in dieser BG nicht ermittelt. Die folgende Tabelle 3 gibt die präzise Aufteilung der Blutgruppe AB in die einzelnen Rh-Kell-Varianten wieder.

Tabelle 3: Aufteilung der Blutgruppe AB im Großraum Magdeburg (n=1 461) unter Berücksichtigung der Rhesus- und Kell-Merkmale

Anzahl absolut	Anzahl relativ in %	AB0	Rhesus	Kell
480	1,934	AB	Cc D. ee	k neg.
231	0,931	AB	CC D. ee	k neg.
206	0,831	AB	cc dd ee	k neg.
187	0,754	AB	cc D. Ee	k neg.
174	0,701	AB	Cc D. Ee	k neg.
63	0,254	AB	Cc D. ee	K pos.
22	0,088	AB	cc D. ee	k neg.
22	0,088	AB	cc D. Ee	K pos.
22	0,088	AB	cc D. EE	k neg.
13	0,052	AB	CC D. ee	K pos.
12	0,048	AB	cc dd ee	K pos.
11	0,044	AB	Cc D. Ee	K pos.
11	0,044	AB	Cc dd ee	k neg.
3	0,012	AB	cc dd Ee	k neg.
2	0,008	AB	cc D. ee	K pos.
1	0,004	AB	cc D. EE	K pos.
1	0,004	AB	CC D. Ee	k neg.
1.461	5,885			

Kell-positive Blutgruppen sind grün unterlegt

Kell-negative Blutgruppen sind blau unterlegt

Anzahl relativ in % bezieht sich auf die Gesamtzahl der Blutgruppen n=24 809

Der größte Anteil der untersuchten Personen (44,3%) wies erwartungsgemäß die Blutgruppe A auf. Unter Einbeziehung der Rhesus- und Kell-Merkmale konnten insgesamt 23 Phänotypen nachgewiesen werden. Die weitere Aufschlüsselung zeigte, daß dabei 10 Kell-positiv und 13 Kell-negativ waren. Die einzelnen Individuen waren allerdings unterschiedlich auf diese Kell-Merkmale verteilt, so daß bei Berücksichtigung der Absolutzahlen das erwartete Verhältnis (92,1% Kell-negativ vs. 7,9% Kell-positiv) nachweisbar war. Ähnlich verhielt es sich bei den D<sup>weak</sup>-Blutgruppen, von denen insgesamt 5 eruiert wurden. Dabei waren 0,3% aller getesteten Personen diesen Rh-Varianten zugehörig. Die Tabelle 4 zeigt die detaillierte Aufteilung der Blutgruppe A.

Tabelle 4: Aufteilung der Blutgruppe A im Großraum Magdeburg (n=10 986) unter Berücksichtigung der Rhesus- und Kell-Merkmale

Anzahl absolut	Anzahl relativ in %	AB0	Rhesus	Kell
3.527	14,216	A	Cc D. ee	k neg.
1.928	7,771	A	CC D. ee	k neg.
1.600	6,449	A	cc dd ee	k neg.
1.314	5,296	A	Cc D. Ee	k neg.
1.211	4,881	A	cc D. Ee	k neg.
323	1,301	A	Cc D. ee	K pos.
215	0,866	A	cc D. EE	k neg.
208	0,838	A	cc D. ee	k neg.
173	0,697	A	CC D. ee	K pos.
115	0,463	A	cc dd ee	K pos.
108	0,435	A	cc D. Ee	K pos.
107	0,431	A	Cc D. Ee	K pos.
87	0,351	A	Cc dd ee	k neg.
19	0,076	A	cc D. EE	K pos.
14	0,056	A	cc D. ee	K pos.
11	0,044	A	cc Dw Ee	k neg.
11	0,044	A	Cc Dw ee	k neg.
4	0,016	A	CC Dw ee	k neg.
3	0,012	A	cc dd Ee	k neg.
3	0,012	A	Cc dd ee	K pos.
2	0,008	A	CC dd ee	k neg.
2	0,008	A	cc Dw Ee	K pos.
1	0,004	A	Cc Dw ee	K pos.
10.986	44,275			

Kell-positive Blutgruppen sind grün unterlegt

Kell-negative Blutgruppen sind blau unterlegt

D<sup>weak</sup>-Blutgruppen sind grau unterlegt

Anzahl relativ in % bezieht sich auf die Gesamtzahl der Blutgruppen n=24 809

Die Blutgruppe B konnte bei 13,9% der Individuen eruiert werden. Auch dies entsprach hinsichtlich der Häufigkeitsverteilung den Erwartungen. Insgesamt konnten 21 Rh-Kell-Phänotypen ermittelt werden. Die Aufschlüsselung ergab dabei 12 Kell-negative und 10 Kell-positive Varianten. Dabei zeigte die weitere Analyse in dieser Blutgruppe, daß aufgrund der differentiellen Verteilung der Kell-Merkmale in der Bevölkerung 92,6% Personen Kell-negativ und 7,4% Kell-positiv waren. Mit 0,3% war wie in der BG A der gleiche Anteil an D<sup>weak</sup> Individuen nachweisbar. Es konnten insgesamt 3 Phänotypen ermittelt werden, die ein D<sup>weak</sup> in ihrer Rhesus-Formel aufwiesen. Die genaue Aufschlüsselung der Blutgruppe B ist in der Tabelle 5 wiedergegeben.

Tabelle 5: Aufteilung der Blutgruppe B im Großraum Magdeburg (n=3 462) unter Berücksichtigung der Rhesus- und Kell-Merkmale

Anzahl absolut	Anzahl relativ in %	AB0	Rhesus	Kell
1.103	4,446	B	Cc D. ee	k neg.
583	2,349	B	CC D. ee	k neg.
478	1,927	B	cc dd ee	k neg.
469	1,891	B	Cc D. Ee	k neg.
401	1,616	B	cc D. Ee	k neg.
90	0,363	B	Cc D. ee	K pos.
87	0,351	B	cc D. EE	k neg.
48	0,193	B	CC D. ee	K pos.
47	0,189	B	cc D. ee	k neg.
40	0,161	B	cc D. Ee	K pos.
37	0,149	B	Cc D. Ee	K pos.
27	0,108	B	cc dd ee	K pos.
22	0,088	B	Cc dd ee	k neg.
6	0,024	B	cc D. ee	K pos.
6	0,024	B	cc dd Ee	k neg.
6	0,024	B	Cc Dw ee	k neg.
5	0,020	B	cc D. EE	K pos.
4	0,016	B	cc Dw Ee	k neg.
1	0,004	B	Cc dd ee	K pos.
1	0,004	B	CC dd ee	k neg.
1	0,004	B	cc Dw Ee	K pos.
3.462	13,951			

Kell-positive Blutgruppen sind grün unterlegt

Kell-negative Blutgruppen sind blau unterlegt

D<sup>weak</sup>-Blutgruppen sind grau unterlegt

Anzahl relativ in % bezieht sich auf die Gesamtzahl der Blutgruppen n=24 809

Am zweithäufigsten war naturgemäß die Blutgruppe 0 mit 35,87% der Personen bestimmt worden. In der weiteren Analyse konnten 27 Rh-Kell-Untergruppen, davon 17 Kell-negativ und 10 Kell-positiv, nachgewiesen werden. Insgesamt 92,1% der potentiellen Spender waren dabei auf die Kell-negativen Varianten verteilt, während 7,9% Kell-positiv waren. Circa 0,2% der Untersuchten gehörten den 5 nachgewiesenen Blutgruppen mit einem D<sup>weak</sup> in der Rh-Formel an. Tabelle 6 zeigt die Verteilung der Personen mit der Eigenschaft Blutgruppe 0 auf die einzelnen Rh-Kell-Varianten.

Tabelle 6: Aufteilung der Blutgruppe 0 im Großraum Magdeburg (n=8 900) unter Berücksichtigung der Rhesus- und Kell-Merkmale

Anzahl absolut	Anzahl relativ	AB0	Rhesus	Kell
2.911	11,734	0	Cc D. ee	k neg.
1.498	6,038	0	CC D. ee	k neg.
1.343	5,413	0	cc dd ee	k neg.
998	4,023	0	Cc D. Ee	k neg.
944	3,805	0	cc D. Ee	k neg.
248	1,000	0	Cc D. ee	K pos.
192	0,774	0	cc D. EE	k neg.
164	0,661	0	cc D. ee	k neg.
120	0,484	0	cc dd ee	K pos.
114	0,460	0	CC D. ee	K pos.
96	0,387	0	cc D. Ee	K pos.
94	0,379	0	Cc D. Ee	K pos.
63	0,254	0	Cc dd ee	k neg.
31	0,125	0	cc dd Ee	k neg.
28	0,113	0	Cc D. EE	k neg.
17	0,069	0	cc D. EE	K pos.
9	0,036	0	cc D. ee	K pos.
9	0,036	0	Cc Dw ee	k neg.
6	0,024	0	cc Dw Ee	k neg.
4	0,016	0	Cc dd ee	K pos.
4	0,016	0	Cc dd Ee	k neg.
2	0,008	0	Cc dd Ee	K pos.
1	0,004	0	CC D. Ee	k neg.
1	0,004	0	cc dd Ee	K pos.
1	0,004	0	cc Dw ee	k neg.
1	0,004	0	cc Dw Ee	K pos.
1	0,004	0	cc Dw EE	k neg.
8.900	35,874			

Kell-positive Blutgruppen sind grün unterlegt

Kell-negative Blutgruppen sind blau unterlegt

D<sup>weak</sup>-Blutgruppen sind grau unterlegt

Anzahl relativ in % bezieht sich auf die Gesamtzahl der Blutgruppen n=24 809

## 7.2. Verträgliche Konserven bei AB0-identischer Transfusion unter Ausnutzung der Kombinationsmöglichkeit im Rh- und Kell-System

Ausgehend von der Forderung, daß bestimmte Patientengruppen keine Erythrozytenkonzentrate erhalten sollten, die zu einer Immunisierung gegen Antigene im Rh-System und den Kell-Faktor führen können, stellten wir den möglichen Empfängern verträgliche potentielle Spender gegenüber. Da eine rhesusgruppenidentische Transfusion, das heißt, die Übereinstimmung aller sechs Faktoren bei Spender und Empfänger aus organisatorischen Gründen im Routineprogramm praktisch undurchführbar ist, untersuchten wir die Kombinationsmöglichkeiten in diesem System.

In den Tabellen 7-10 wurden die potentiellen Empfänger der jeweiligen AB0-Blutgruppe mit möglichen kompatiblen Spendern der gleichen AB0-Blutgruppe verglichen. Dabei sind sowohl die rhesusgruppenidentische Transfusion (Übereinstimmung aller Faktoren) als auch die Kombination im Rh- und Kell-System betrachtet worden. Aus den Daten wurde ein Quotient (Spender/kompatible Spender) ermittelt, der darüber informiert, wieviel potentielle Spender für eine entsprechende Empfängervariante erforderlich sind, um eine verträgliche Konserve zu erhalten. Bei den grau unterlegten Blutgruppen konnte dabei durch die Kombinationsmöglichkeit eine Reduktion der erforderlichen Spender, die man für die Bereitstellung einer verträglichen Konserve benötigt, erzielt werden (Benefit). In den Tabellen I-IV im Anhang ist die detaillierte Analyse der für jede Empfängervariante in Frage kommenden Spenderblutgruppe dargestellt.

Wie bereits oben beschrieben, erfolgte die Bewertung der  $D^{\text{weak}}$ -Varianten aufgrund der unterschiedlichen Bestimmungsmethoden bei Blutspendern und Empfängern auf differente Weise. Wir unterschieden, um ein größtmögliches Maß an Sicherheit für den Patienten gewährleisten zu können,  $D^{\text{weak}}$ -Gruppen als Empfänger Rh-negativ und als Spender Rh-positiv. Dadurch vermieden wir bei Übersehen eines  $D^{\text{VI}}$  eine mögliche Immunisierung gegen das D-Antigen. Daher kam es zu einer Verschiebung der Merkmale D/dd bei den Empfängern. Die Anzahl der Empfängerblutgruppen, die nur Rh-negative EK erhalten dürfen, erhöhte sich. Bei den Spenderblutgruppen gab es keine Veränderungen.

Aufgrund dieser differenzierten Betrachtungsweise waren für eine Blutgruppe (A CC  $D^{\text{weak}}$  ee k) weniger Spender als Empfänger vorhanden. Für die Variante 0 cc  $D^{\text{weak}}$  EE k konnte sogar keine verträgliche Blutgruppe eruiert werden. Wenn Patienten mit diesen Blutgruppeneigenschaften aber nun Blut benötigen, ergeben sich dadurch zum Teil große Probleme, denn auch eine Transfusion mit der identischen Rh-Formel ist normalerweise nicht statthaft. Die Zahlen in Klammern gelten daher nur, wenn Empfänger und Spender die gleiche Person sind (Eigenblutspende), da sonst unter Berücksichtigung der  $D^{\text{weak}}$ -Charakteristik kein Spender verfügbar wäre.

In der Blutgruppe AB profitierten 11 der 17 ermittelten Varianten von der Kombinationsmöglichkeit im Rh- und Kell-System. Insgesamt konnten dadurch 3-mal mehr mögliche, respektive verträgliche/kompatible Spender eruiert werden als bei der Rh-Kell-identischen Transfusion (4 363 vs. 1 461). Auf jeden Empfänger entfielen durchschnittlich 3 verträgliche Spender, wobei es jedoch prägnante Unterschiede zwischen den einzelnen Rh-Kell-Varianten gab.

In der Tabelle 7 wurden die untersuchten Personen mit der BG AB als potentielle Empfänger betrachtet. Die Anzahl potentieller Spender für die jeweiligen Rh-Kell-Varianten setzte sich aus der gleichen Gesamtzahl aller untersuchten Personen mit BG AB zusammen. Die möglichen Empfänger wurden mit potentiellen Spendern kompatibler AB-Blutgruppen verglichen. Bei der anschließenden Bestimmung des Quotienten wurden nur Personen mit der BG AB (n=1 461) berücksichtigt.

Die detaillierte Aufarbeitung der für jede Empfängerblutgruppe in Frage kommenden kompatiblen Spendervarianten zeigt die Tabelle I im Anhang.

Tabelle 7: Quotient Gesamtsender/kompatible Spender der Blutgruppe AB  
n = Anzahl erforderlicher Spender, um eine kompatible Konserve zu erhalten

Rang	Blutgruppen Empfänger	n Spender bei Transfusion mit Blutgruppe AB und identischer Rh- und Kell-Formel	n Spender bei Transfusion mit Blutgruppe AB und kompatibel im Rh- und Kell-System
1	AB Cc D. ee k	4	2
2	AB CC D. ee k	7	7
3	AB cc dd ee k	8	8
4	AB cc D. Ee k	8	4
5	AB Cc D. Ee k	9	2
6	AB Cc D. ee K	24	17
7	AB cc D. ee k	67	7
8	AB cc D. Ee K	67	40
9	AB cc D. EE k	67	67
10	AB CC D. ee K	113	113
11	AB cc dd ee K	122	122
12	AB Cc D. Ee K	133	12
13	AB Cc dd ee k	133	7
14	AB cc dd Ee k	488	7
15	AB cc D. ee K	731	105
16	AB cc D. EE K	1.461	1.461
17	AB CC D. Ee k	1.461	7

grau unterlegt sind die BG, die von der Kombinationsmöglichkeit im Rh- und Kell-System profitieren (Benefit)

In der Tabelle 8 wurden die untersuchten Personen mit der BG A als potentielle Empfänger betrachtet. Die Anzahl möglicher Spender für die jeweiligen Rh-Kell-Varianten rekrutierte sich aus der gleichen Gesamtzahl aller untersuchten Personen mit BG A. Beide Personengruppen wurden hinsichtlich der Kompatibilität der Blutgruppen untereinander verglichen. Bei der Bestimmung des Quotienten für die einzelnen Varianten der BG A, wurden nur die Spender mit der Blutgruppeneigenschaft A (n=10 986) berücksichtigt.

Eine detaillierte Aufgliederung der für die jeweilige Empfängervariante in Frage kommenden Spenderblutgruppen wird in Tabelle II im Anhang dargestellt.

Tabelle 8: Quotient Gesamtspender/kompatible Spender der Blutgruppe A  
n = Anzahl erforderlicher Spender, um eine kompatible Konserve zu erhalten

Rang	Blutgruppen Empfänger	n Spender bei Transfusion mit Blutgruppe A und identischer Rh- und Kell-Formel	n Spender bei Transfusion mit Blutgruppe A und kompatibel im Rh- und Kell-System
1	A Cc D. ee k	4	2
2	A CC D. ee k	6	6
3	A cc dd ee k	7	7
4	A Cc D. Ee k	9	2
5	A cc D. Ee k	10	4
6	A Cc D. ee K	34	18
7	A cc D. EE k	51	51
8	A cc D. ee k	53	7
9	A CC D. ee K	64	64
10	A cc dd ee K	96	96
11	A cc D. Ee K	102	43
12	A Cc D. Ee K	103	13
13	A Cc dd ee k	127	7
14	A cc D. EE K	579	579
15	A cc D. ee K	785	86
16	A Cc Dw ee k	(999)	7
17	A cc Dw Ee k	(999)	7
18	A CC Dw ee k	(2.747)	5.493
19	A cc dd Ee k	3.662	7
20	A Cc dd ee K	3.662	94
21	A cc Dw Ee K	(5.493)	96
22	A CC dd ee k	5.493	5.493
23	A Cc Dw ee K	(10.986)	93

grau unterlegt sind die BG, die von der Kombinationsmöglichkeit im Rh- und Kell-System profitieren (Benefit)  
( ) Empfänger und Spender identisch

In der Blutgruppe A profitierten 15 von 23 potentiellen Empfängerblutgruppen von der Kombinationsmöglichkeit im Rh- und Kell-System. Damit verbunden war eine Zunahme der möglichen Spenderanzahl. Durch die Berücksichtigung der Rh-Kell-Kompatibilität bei Transfusionen standen in dieser Blutgruppe ca. 3-mal mehr mögliche, respektive verträgliche/kompatible Spender zur Verfügung als bei einer Rh-Kell-identischen Transfusion (35 420 versus 10 986). Dabei zeigten sich auch hier, abhängig vom jeweiligen Phänotyp, beträchtliche Unterschiede in der Anzahl der Spender mit verträglichen Blutgruppen.

Aufgrund der diffizilen  $D^{\text{weak}}$ -Beurteilung waren in der Blutgruppe A CC  $D^{\text{weak}}$  ee k (Rang 18) sogar weniger Spender als Empfänger vorhanden. Dies wird durch die Vergrößerung des Quotienten von 2 747 bei Rh-Kell-identischer Transfusion auf 5 493 bei Ausnutzung der Kombinationsmöglichkeit in diesem System deutlich. Nun würde nur jeder 5 493. anstatt 2 747. Spender eine kompatible Blutgruppe aufweisen. Allerdings muß dabei berücksichtigt werden, daß infolge unserer  $D^{\text{weak}}$ -Betrachtung bei der Rh-Kell-identischen Transfusion nur dann eine verträgliche Blutgruppe verfügbar war, wenn Empfänger und Spender die gleiche Person sind (Eigenblutspende).

In der Tabelle 9 wurden die untersuchten Personen mit der BG B als potentielle Empfänger betrachtet. Die Anzahl potentieller Spender für die jeweiligen Rh-Kell-Varianten rekrutierte sich aus der gleichen Gesamtzahl aller untersuchten Personen mit BG B. Wir stellten die potentiellen Empfänger der Blutgruppe B möglichen verträglichen Spendern der gleichen Blutgruppe gegenüber. Bei der Bestimmung der potentiellen Spender und des daraus resultierenden Quotienten sind nur die Individuen mit der Blutgruppe B (n=3 462) berücksichtigt worden

In der Tabelle III im Anhang ist die differenzierte Aufgliederung der potentiellen Spenderblutgruppen für jede Empfängervariante dargestellt.

Tabelle 9: Quotient Gesamtspender/kompatible Spender der Blutgruppe B  
n = Anzahl erforderlicher Spender, um eine kompatible Konserve zu erhalten

Rang	Blutgruppen Empfänger	n Spender bei Transfusion mit Blutgruppe B und identischer Rh- und Kell-Formel	n Spender bei Transfusion mit Blutgruppe B und kompatibel im Rh- und Kell-System
1	B Cc D. ee k	4	2
2	B CC D. ee k	6	6
3	B cc dd ee k	8	8
4	B Cc D. Ee k	8	2
5	B cc D. Ee k	9	4
6	B Cc D. ee K	39	21
7	B cc D. EE k	40	40
8	B CC D. ee K	73	73
9	B cc D. ee k	74	7
10	B cc D. Ee K	87	44
11	B Cc D. Ee K	94	14
12	B cc dd ee K	129	129
13	B Cc dd ee k	158	7
14	B cc D. ee K	577	105
15	B cc dd Ee k	577	8
16	B Cc Dw ee k	(577)	7
17	B cc D. EE K	630	630
18	B cc Dw Ee k	(866)	7
19	B Cc dd ee K	3.462	124
20	B CC dd ee k	3.462	3.462
21	B cc Dw Ee K	(3.462)	128

grau unterlegt sind die BG, die von der Kombinationsmöglichkeit im Rh- und Kell-System profitieren (Benefit)  
( ) Empfänger und Spender identisch

In dieser Blutgruppe profitierten 14 der ermittelten 21 Rh-Kell-Varianten von der Kombinationsmöglichkeit innerhalb des Rh- und Kell-Systems. Hiermit verbunden war eine Steigerung der möglichen Spenderanzahl. Durch Berücksichtigung der Kompatibilität standen ca. 3-mal mehr mögliche, respektive verträgliche/kompatible Spender zur Verfügung als bei Rh-Kell-identischer Transfusion (10 789 versus 3 462). Auch hier gab es Blutgruppen, die von der Kombinationsmöglichkeit enorm profitierten; während sich bei anderen Empfängervarianten nur ein geringer teilweise sogar kein Vorteil erzielen ließ.

In der Tabelle 10 wurden alle untersuchten Personen mit der Blutgruppeneigenschaft 0 als potentielle Empfänger betrachtet. Die Anzahl potentieller Spender für die jeweiligen Rh-Kell-Varianten setzte sich aus der gleichen Gesamtzahl aller untersuchten Personen mit BG 0 zusammen. Den möglichen Empfängern wurden zunächst potentielle Spender mit kompatiblen 0-Varianten gegenübergestellt. Bei der anschließenden Berechnung des Quotienten berücksichtigten wir daher nur Spender mit der BG 0 (n=8 900).

Tabelle 10: Quotient Gesamtsender/kompatible Spender der Blutgruppe 0  
n = Anzahl erforderlicher Spender, um eine kompatible Konserve zu erhalten

Rang	Blutgruppen Empfänger	n Spender bei Transfusion mit Blutgruppe 0 und identischer Rh- und Kell-Formel	n Spender bei Transfusion mit Blutgruppe 0 und kompatibel im Rh- und Kell-System
1	0 Cc D. ee k	4	2
2	0 CC D. ee k	6	6
3	0 cc dd ee k	7	7
4	0 Cc D. Ee k	9	2
5	0 cc D. Ee k	10	4
6	0 Cc D. ee K	36	18
7	0 cc D. EE k	47	47
8	0 cc D. ee k	55	6
9	0 cc dd ee K	75	75
10	0 CC D. ee K	79	79
11	0 cc D. Ee K	93	37
12	0 Cc D. Ee K	95	13
13	0 Cc dd ee k	142	7
14	0 cc dd Ee k	288	7
15	0 Cc D. EE k	318	41
16	0 cc D. EE K	524	524
17	0 cc D. ee K	989	69
18	0 Cc Dw ee k	(989)	7
19	0 cc Dw Ee k	(1.484)	7
20	0 Cc dd ee K	2.225	72
21	0 Cc dd Ee k	2.225	7
22	0 Cc dd Ee K	4.450	71
23	0 CC D. Ee k	8.900	6
24	0 cc dd Ee K	8.900	74
25	0 cc Dw ee k	(8.900)	7
26	0 cc Dw Ee K	(8.900)	74
27	0 cc Dw EE k	(8.900)	(8.900)

grau unterlegt sind die BG, die von der Kombinationsmöglichkeit im Rh- und Kell-System profitieren (Benefit)  
( ) Empfänger und Spender identisch

In der Tabelle IV im Anhang ist die detaillierte Gegenüberstellung der für jede Empfängerblutgruppe in Frage kommenden Spenderblutgruppen innerhalb der Blutgruppe 0 analysiert worden.

In der Blutgruppe 0 profitierten 20 der 27 detektierten Rh-Kell-Varianten von der Kombinationsmöglichkeit im Rh- und Kell-System. Auch in dieser Blutgruppe zeigte sich, daß dadurch ca. 4-mal mehr mögliche, respektive verträgliche/kompatible Spender vorhanden waren als bei einer Rh-Kell-identischen Transfusion (33 726 versus 8 900). Dabei sind aber wiederum beträchtliche Unterschiede zwischen den einzelnen Empfängervarianten hinsichtlich der Spenderanzahl erkennbar gewesen.

Aufgrund der kritischen Betrachtung der  $D^{\text{weak}}$ -Varianten (als Spender Rh-positiv und Empfänger Rh-negativ) in unserer Untersuchung kam es wie in der Blutgruppe A bei einer Variante zu einer seltenen Situation. Für die BG 0 cc  $D^{\text{weak}}$  EE k konnte unter strenger Berücksichtigung dieser Strategie bei unseren 24 809 untersuchten Personen nämlich keine verträgliche Rh-negative Spenderblutgruppe eruiert werden. Hier entsteht also ein Engpaß, der nur durch die Gabe von  $D^{\text{weak}}$ - oder gar Rh-positivem Blut behoben werden könnte. Wenn es sich allerdings bei der Empfängerblutgruppe um ein  $D^{\text{VI}}$  handelt, müßte man dieses entweder exakt bestimmen oder eine mögliche Immunisierung gegen das D-Antigen in Kauf nehmen. Die Zahl in Klammern (Tabelle 10) gilt daher nur, wenn Empfänger und Spender die gleiche Person sind (Eigenblutspende).

### 7.3. Verträgliche Konserven bei AB0-ungleicher, -kompatibler Transfusion

Eine weitere Erhöhung der möglichen kompatiblen Spenderanzahl und damit verbunden Erythrozytenkonzentrate (EK) läßt sich - ausgenommen die Blutgruppe 0 - durch die Anwendung der „Universalspende“ erzielen. Die Tabellen 11-13 zeigen eindrucksvoll die Progression kompatibler Spender pro Empfängerblutgruppe durch die Anwendung dieser Methode. Um die Daten besser vergleichen zu können, waren jeweils die Gesamtspender (n=24 809) Grundlage zur Berechnung. Aus den Ergebnissen wurde ein Quotient (Gesamtspender/kompatible Spender) gebildet, der darüber Auskunft gibt, wieviel Spender notwendig sind bzw. wieviel Konserven eine Blutbank vorhalten muß, um ein kompatibles und damit für eine entsprechende Empfängervariante geeignetes EK bereitstellen zu können. Grau unterlegt sind dabei die Blutgruppen, die von der Anwendung der „Universalspende“ profitierten.

Auch bei diesen Berechnungen wurde die differenzierte Beurteilung der D<sup>weak</sup>-Blutgruppen (Spender Rh-positiv und Empfänger Rh-negativ) mit einbezogen.

In der Tabelle 11 wurde die Anwendung der AB0-gleichen Transfusion (nur Blutgruppe AB) mit der möglichen Universalspende (Blutgruppe AB, A, B und 0) verglichen.

Tabelle 11: Quotient Gesamtspender/kompatible Spender unter Berücksichtigung der möglichen Kombination im Rh- und Kell-System  
Vergleich der AB0-gleichen Transfusion (Blutgruppe AB) -  
Universalspende (Blutgruppe AB, A, B und 0)

Rang	Blutgruppen Empfänger	n Spender Blutgruppe AB	n Spender Blutgruppe AB, A, B, 0
1	AB Cc D. ee k	27	2
2	AB CC D. ee k	108	7
3	AB cc dd ee k	121	7
4	AB cc D. Ee k	57	4
5	AB Cc D. Ee k	19	2
6	AB Cc D. ee K	276	18
7	AB cc D. ee k	109	7
8	AB cc D. Ee K	671	42
9	AB cc D. EE k	1.128	48
10	AB CC D. ee K	1.909	72
11	AB cc dd ee K	2.068	91
12	AB Cc D. Ee K	201	13
13	AB Cc dd ee k	115	7
14	AB cc dd Ee k	119	7
15	AB cc D. ee K	1.773	82
16	AB cc D. EE K	24.809	591
17	AB CC D. Ee k	107	6

grau unterlegt sind die von der Anwendung der Universalspende (BG AB, A, B, und 0) profitierenden Blutgruppen  
n = Anzahl erforderlicher Spender, um eine kompatible Konserve zu erhalten

In der Tabelle V im Anhang sind die für jede AB-Empfängerblutgruppe in Frage kommenden Spenderblutgruppen (AB, A, B und 0) detailliert dargestellt.

In der Tabelle 12 sind die Anwendung der AB0-gleichen Transfusion (Blutgruppe A) mit der möglichen „Universalspende“ (Blutgruppe A und 0) verglichen worden. Die Tabelle VI im Anhang zeigt die detaillierte Analyse der für jede A-Variante in Frage kommenden A- und 0-Spenderblutgruppen.

Tabelle 12: Quotient Gesamtspender/kompatible Spender unter Berücksichtigung der möglichen Kombination im Rh- und Kell-System  
Vergleich der AB0-gleichen Transfusion (Blutgruppe A) - Universalspende (Blutgruppe A u. 0)

Rang	Blutgruppen Empfänger	n Spender Blutgruppe A	n Spender Blutgruppe A und 0
1	A Cc D. ee k	4	2
2	A CC D. ee k	13	8
3	A cc dd ee k	16	9
4	A Cc D. Ee k	3	2
5	A cc D. Ee k	8	5
6	A Cc D. ee K	40	23
7	A cc D. EE k	116	61
8	A cc D. ee k	14	8
9	A CC D. ee K	144	87
10	A cc dd ee K	216	106
11	A cc D. Ee K	97	52
12	A Cc D. Ee K	29	16
13	A Cc dd ee k	15	9
14	A cc D. EE K	1.306	690
15	A cc D. ee K	193	97
16	A Cc Dw ee k	15	8
17	A cc Dw Ee k	16	9
18	A CC Dw ee k	12.405	12.405
19	A cc dd Ee k	16	9
20	A Cc dd ee K	217	103
21	A cc Dw Ee K	216	105
22	A CC dd ee k	12.405	12.405
23	A Cc Dw ee K	210	103

grau unterlegt sind die von der Anwendung der Universalspende (BG A und 0) profitierenden Blutgruppen  
n = Anzahl erforderlicher Spender, um eine kompatible Konserve zu erhalten

Die Tabelle 13 zeigt den Vergleich zwischen der AB0-gleichen Transfusion (Blutgruppe B) mit der möglichen Universalspende (Blutgruppe B und 0). Im Anhang ist in der Tabelle VII die genaue Aufgliederung der verträglichen Spenderblutgruppen B und 0 für jede Empfänger-blutgruppe dargestellt.

Tabelle 13 : Quotient Gesamtpender/kompatible Spender unter Berücksichtigung der möglichen Kombination im Rh- und Kell-System  
Vergleich der AB0-gleichen Transfusion (Blutgruppe B) - Universalspende (Blutgruppe B u. 0)

Rang	Blutgruppen Empfänger	n Spender Blutgruppe B	n Spender Blutgruppe B und 0
1	B Cc D. ee k	12	3
2	B CC D. ee k	43	12
3	B cc dd ee k	52	14
4	B Cc D. Ee k	8	3
5	B cc D. Ee k	25	7
6	B Cc D. ee K	145	38
7	B cc D. EE k	285	89
8	B CC D. ee K	517	154
9	B cc D. ee k	48	13
10	B cc D. Ee K	315	82
11	B Cc D. Ee K	98	26
12	B cc dd ee K	919	169
13	B Cc dd ee k	50	14
14	B cc D. ee K	752	154
15	B cc dd Ee k	52	14
16	B Cc Dw ee k	50	13
17	B cc D. EE K	4.962	1.128
18	B cc Dw Ee k	51	13
19	B Cc dd ee K	887	164
20	B CC dd ee k	24.809	24.809
21	B cc Dw Ee K	919	168

grau unterlegt sind die von der Anwendung der Universalspende (BG B und 0) profitierenden Blutgruppen  
n = Anzahl erforderlicher Spender, um eine kompatible Konserve zu erhalten

#### 7.4. Antigenverteilung, Expositionsgefahr und Antikörperbildung

Die Ermittlung der Antigenverteilung ermöglichte die Berechnung einer Expositionsgefahr für inkompatible Transfusionen bei Nichtberücksichtigung der vollständigen Rhesus-Formel. In Zusammenhang mit der bekannten antigenen Potenz konnte so, wie in der Tabelle 14 ausgeführt, die Wahrscheinlichkeit einer möglichen Antikörperbildung nach einer bestimmten Anzahl inkompatibler Transfusionen berechnet werden.

Tabelle 14: Expositionsgefahr bei nichtausgewählten Transfusionen und mögliche Anzahl der Antikörper nach 100 000 Blutübertragungen unter Berücksichtigung der immunogenen Potenz der einzelnen Antigene [Overbeeke und Dudok de Wit 1994]

Spender	Risiko einer Immunisierung	Expositionsgefahr für Inkompatibilität	n Antikörper bei 100.000 Transfusionen
D	50-80%	14,11 %	7.000-11.200
K	5-10%	7,36%	370-740
c	2%	15%	300
E	1,70%	20%	340
e	0,50%	2,25%	11
C	0,10%	21%	21

## 7.5. „Idealspender“

Anhand der Ergebnisse wurde weiterhin untersucht, welche Personen (mit bestimmten Blutgruppeneigenschaften) bevorzugt als Spender in Frage kommen. Die Kombinationsmöglichkeit im Rh- und Kell-System allein oder in Verbindung mit der „Universalspende“ führt dazu, daß einige Blutgruppen häufiger für eine verträgliche Transfusion angefordert werden könnten. Individuen mit der Blutgruppe 0 cc dd ee k waren dabei z.B. bei AB0-identischer Transfusion 11 mal als Spender für andere Varianten verträglich; bei Anwendung der „Universalspende“ sogar 36 mal.

In der Tabelle 15 sind die für eine kompatible Transfusion bevorzugt in Frage kommenden Blutgruppen dargestellt.

Tabelle 15: Anzahl verträglicher Empfänger für die am häufigsten als Spender in Frage kommenden Blutgruppen im Großraum Magdeburg  
Vergleich AB0-identische Transfusion versus Universalspende

Rang	Blutgruppen Spender	Spenderhäufigkeit bei AB0-identischer Transfusion	Spenderhäufigkeit bei AB0-kompatibler Transfusion
1	0 cc dd ee k	11	36
2	0 cc dd ee K	9	29
3	B cc dd ee k	9	16
4	A cc dd ee k	9	16
5	A cc dd ee K	7	12
6	A CC dd ee k	7	12
7	AB cc dd ee k	7	7
8	B cc dd ee K	6	11
9	B CC dd ee k	6	11
10	B cc D. ee k	6	10
11	A cc D. ee k	6	10
12	0 Cc dd ee k	5	16
13	0 cc dd Ee k	5	16
14	0 cc dd Ee k	5	13
15	AB cc dd ee K	5	5
16	A cc D. ee K	4	8

grau unterlegt sind die Blutgruppen, bei denen durch Universalspende eine weitere Steigerung der Spenderhäufigkeit erzielt wird

## 7.6. „Problematische“ Blutgruppen

Weitere Analysen, konnten zeigen, daß es auch unter zusätzlicher Anwendung der AB0-ungleichen aber kompatiblen Transfusion („Universalspende“) bei einigen Empfänger-blutgruppen zu keiner oder nur zu einer geringen Steigerung der verträglichen Blutgruppen kommt.

Die Tabelle 16 zeigt diejenigen Blutgruppen, bei denen mehr als 500 potentielle Spender bei Anwendung der AB0-gleichen Transfusion erforderlich sind, um unter Ausnutzung der Kompatibilität im Rh- und Kell-System eine geeignete kompatible Konserve zu erhalten. Für die gleichen Blutgruppen erfolgte dann die Berechnung bei zusätzlicher Anwendung der „Universalspende“.

Tabelle 16: Blutgruppen, bei denen mit erheblichen Problemen bei Konservenbereitstellung zu rechnen ist  
 Quotient Gesamtsender/kompatible Spender unter Ausnutzung der Rh- und Kell-Kompatibilität in der eigenen Blutgruppe und Hinzunahme der Universalspende  
 n = Anzahl erforderlicher Spender, um eine kompatible Konserve zu erhalten

Rang	Blutgruppe Empfänger	n Spender bei AB0-gleicher Transfusion	n Spender bei Universalspende
1	B CC dd ee k	24.809	24.809
2	AB cc D. EE K	24.809	591
3	0 cc Dw EE k	(24.809)	(24.809)
4	A CC dd ee k	12.405	12.405
5	A CC Dw ee k	12.405	12.405
6	B cc D. EE K	4.962	1.128
7	AB cc dd ee K	2.068	91
8	AB CC D. ee K	1.909	72
9	AB cc D. ee K	1.773	82
10	0 cc D. EE K	1.460	1.460
11	A cc D. EE K	1.306	690
12	AB cc D. EE k	1.128	48
13	B cc dd ee K	919	169
14	B cc Dw Ee K	919	168
15	B Cc dd ee K	887	164
16	B cc D. ee K	752	154
17	AB cc D. Ee K	671	42
18	B CC D. ee K	517	154

grau unterlegt sind die Blutgruppen, die von der zusätzlichen Anwendung der „Universalspende“ profitieren  
 ( ) Empfänger und Spender identisch

## 8. Diskussion

### 8.1. Rh- und Kell-Kompatibilität bei AB0-identischer Transfusion

Durch die Kombination innerhalb des Rh- und Kell-Systems konnte eine Vergrößerung des verträglichen Blutgruppenpools und damit verbunden eine Steigerung der kompatiblen Erythrozytenkonzentrate (EK) für eine bestimmte Blutgruppe (BG) erreicht werden. Das bedeutet, daß die Anzahl der kompatiblen und damit verfügbaren EK prägnant anstieg. Es sind dadurch für eine bestimmte Blutgruppe mehr Spender verfügbar als bei einer Rh-Kell-identischen Transfusion. Abhängig vom AB0-System war beim Großteil der Empfängerblutgruppen mitunter eine deutliche Steigerung geeigneter Erythrozytenkonzentrate nachweisbar, so daß hier keine Versorgungsprobleme auftreten. Deutlich wird dies auch durch die Verringerung der Anzahl an Spendern die erforderlich sind, um eine passende Konserve zu erhalten.

Aber nicht alle Empfänger können bei AB0-identischer Transfusion von dieser Kombinationsmöglichkeit profitieren. Dies betrifft überwiegend die Varianten mit geringer Variabilität innerhalb der Rh-Formel, also mit einem identischem Antigenpaar; entweder CC, cc oder EE, ee. Wenn aber, um eine Antikörperbildung zu vermeiden, kompatibel transfundiert werden soll, kann es dadurch mitunter zu Problemen bei der Bereitstellung von Konserven mit verträglichen Blutgruppen kommen.

Anhand der ermittelten Quotienten (Gesamtspender/kompatible Spender) konnte beurteilt werden, wieviel Spender benötigt werden, um für einen bestimmten Empfänger eine verträgliche Blutgruppe zu erhalten bzw. wieviel EK eine Blutbank vorhalten muß, um mindestens ein kompatibles Präparat liefern zu können. Bei Kenntnis der registrierten Spenderzahl bzw. des Konservenpools in einer Blutbank kann somit auch abgeschätzt werden, ob die Blutbank in der Lage ist, ausreichend kompatible Blutkonserven bereitzustellen, oder ob mehrere Einrichtungen gleichzeitig mit der Suche beauftragt werden müssen.

Aufgrund ihrer relativen Seltenheit profitierte die Blutgruppe AB am wenigstens von der Kompatibilität im Rh- und Kell-System (Tabelle 7). Bei 11 (65%) der ermittelten 17 Rh-Kell-Varianten konnte dadurch aber eine Steigerung der verträglichen Spender erzielt werden. Damit verbunden war eine Erhöhung der Anzahl verträglicher Erythrozytenkonzentrate für die jeweilige Empfängervariante.

Von den insgesamt 6 AB-Blutgruppen, die von der Kombinationsmöglichkeit im Rh- und Kell-System nicht profitieren konnten, dürfte es aufgrund der relativ häufigen Frequenz bei den BG AB CC D. ee k (Rang 2) sowie AB cc dd ee k (Rang 3) keine Probleme bei der Bereitstellung ausreichend geeigneter Erythrozytenkonzentrate geben.

Die deutlichste Steigerung bezüglich verträglicher Spender konnte in der BG AB CC D. Ee k (Rang 17) nachgewiesen werden. Bei der Transfusion von EK mit identischer Rh-Kell Formel war nur jeder 1 461. AB-Spender geeignet. Durch die Kombinationsmöglichkeit war nun jedes 7. EK mit der BG AB für eine kompatible Transfusion verwendbar.

Bei den Blutgruppen, die von der Kombinationsmöglichkeit im Rh- und Kell-System nicht profitierten, sind auch hier Varianten betroffen, bei denen es aufgrund ihrer geringen Frequenz bei der Bereitstellung ausreichend geeigneter Konserven zu Engpässen kommen könnte. Dies betraf hauptsächlich die Blutgruppen AB CC D. ee K (Rang 10) und AB cc dd ee K (Rang 11). Hier war nur jeder 113. bzw. 122. AB-Spender geeignet; bzw. in einer Blutbank müßte wenigstens 113 bzw. 122 AB-Konserven vorrätig haben, damit mindestens 1 verträgliches EK geliefert werden kann. Gravierender ist das Problem bei Empfängern mit der Blutgruppe AB cc D. EE K (Rang 16), wo für die Bereitstellung einer kompatiblen Konserve in einer Blutbank mindestens 1 461 AB-Konserven vorhanden sein müßten. Das heißt, daß es bei dringlicher Transfusion abhängig vom Kontingent der Blutbank Schwierigkeiten bei der Versorgung mit kompatiblen EK für diese Blutgruppe geben kann. Damit für 13 der 17 ermittelten AB-Empfängervarianten aber zumindest ein verträgliches EK bereitgestellt werden kann, würde es ausreichen, wenn in einer Blutbank wenigstens 67 AB-Konserven verfügbar sind.

In der BG A ließ sich zwar bei den Phänotypen A CC D. ee k (Rang 10) und A cc dd ee k (Rang 13) keine Steigerung der Spender- und damit verbunden Konservenzahl durch Ausnutzung der Kompatibilität nur im Rh- und Kell-System erreichen; aufgrund der hohen Frequenz dieser beiden Blutgruppen waren allerdings nur 6 bzw. 7 zufällig ausgewählte Spender mit der BG A erforderlich, um eine verträgliche Konserve zu erhalten (Tabelle 8). In einer Blutbank wäre also jede 6. bzw. 7. A-Konserve mit diesen Phänotypen kompatibel. In der häufigsten Rh-Kell-Variante konnte durch dieses Verfahren eine Reduktion der benötigten Spender von 4 auf 2 erzielt werden.

Es waren aber auch Varianten nachweisbar, die von der Kombinationsmöglichkeit im Rh- und Kell-System nicht profitierten. Hier konnte keine Erhöhung verträglicher Konserven verzeichnet werden, da nur Blut mit identischer Rh-Kell-Formel transfundiert werden kann. Relevant ist dies besonders bei den Phänotypen A cc D. EE K (Rang 14) und A CC dd ee k (Rang 22), da es aufgrund ihrer relativen Seltenheit zu Engpässen in der Versorgung mit ausreichend Erythrozytenkonzentraten kommen kann. Nur jede 579. bzw. 5 493. Person mit der BG A wäre als Spender geeignet. Ähnlich verhält es sich bei der BG A CC D<sup>weak</sup> ee k (Rang 18).

Bei Patienten mit letztgenannter BG kommt es bei der Bereitstellung ausreichend kompatibler EK zu erheblichen Problemen, da eine Transfusion mit identischer Rh-Kell-Formel oder gar Rh-positiven Präparaten aufgrund unserer Beurteilung der D<sup>weak</sup>-Blutgruppen nicht erlaubt ist. Es stehen also nur kompatible Rh-negative Spender zur Verfügung. Deshalb würde nur jeder 5 493. Spender eine verträgliche Blutgruppe aufweisen.

Insgesamt profitierten aber 15 der von uns 23 ermittelten A-Blutgruppen (65%) von der Kombination innerhalb des Rh- und Kell-Systems. Abgesehen von den 3 genannten Blutgruppen (A cc D. EE K, A CC dd ee k und A CC D<sup>weak</sup> ee k) waren dadurch ausreichend kompatible Spender verfügbar und eine mögliche Immunisierung durch eine inkompatible Transfusion kann vermieden werden. Um alle übrigen Empfängervarianten mit mindestens einer verträglichen Blutkonserve zu versorgen, müsste eine Blutbank wenigstens 96 A-Konserven vorrätig haben.

Innerhalb der Blutgruppe B war bei 14 der 21 ermittelten potentiellen Empfängervarianten (67%) durch Ausnutzung der Kompatibilität im Rh- und Kell-System eine Steigerung der verträglichen BG nachweisbar.

Nur 7 Blutgruppen profitierten nicht von dieser Kombinationsmöglichkeit. Bei 5 Varianten dürfte es aufgrund ihrer relativ häufigen Frequenz (in der Rangfolge an 2., 3., 7., 8. und 12. Stelle) keine Probleme bei der Bereitstellung ausreichend verträglicher Konserven geben (Tabelle 9). Größere Schwierigkeiten sind hingegen bei den BG B cc D. EE K (Rang 17) und B CC dd ee k (Rang 20) zu erwarten. Da sie von der Kombinationsmöglichkeit im Rh- und Kell-System nicht profitierten, konnte die Anzahl verträglicher EK nicht gesteigert werden. Wegen ihrer Seltenheit wäre nur jede 630. bzw. 3 462. B-Konserve kompatibel und könnte ohne Bedenken hinsichtlich einer möglichen Antikörperbildung transfundiert werden. Bei dringlichem Bedarf an ausreichend verträglichen Erythrozytenkonzentraten wird es bei diesen Blutgruppen - abhängig vom Konservenpool der Blutbank - mit großer Wahrscheinlichkeit zu Versorgungsproblemen kommen.

Damit alle übrigen Empfänger mit der Blutgruppeneigenschaft B mit mindestens einem kompatiblen EK versorgt werden können, müssten in einer Blutbank wenigstens 129 B-Konserven vorhanden sein.

In der Blutgruppe 0 stehen mit einer Ausnahme für jede Variante durch Ausnutzung der Kompatibilität im Rh- und Kell-System ausreichend verträgliche Spender und damit Konserven zur Verfügung. Dabei profitierten 20 der 27 ermittelten Rh-Kell-Varianten (74%) im Großraum Magdeburg von der Anwendung kompatibler Blutgruppen. Fünf der Rh-Kell-Varianten, bei denen dadurch keine Steigerung der verträglichen Blutgruppen nachweisbar war, gehörten dabei zu den 10 häufigsten Phänotypen (Tabelle 10). Daher ist bei Versorgung mit ausreichend kompatiblen Konserven für Empfänger der BG 0 bis auf diese eine Ausnahme (0 cc D<sup>weak</sup> EE k - Rang 27) nicht mit Engpässen zu rechnen. Um alle übrigen Rh-Kell-Varianten mit mindestens einem verträglichen EK versorgen zu können, müßten anstatt der 8 900 (bei Rh- und Kell-identischer Transfusion) nun mindestens „nur“ 524 0-Konserven in einer Blutbank vorrätig sein.

Ausgenommen hiervon ist die bereits erwähnte BG 0 cc D<sup>weak</sup> EE k. Durch die von uns angewandte Beurteilung der D<sup>weak</sup>-Blutgruppen konnte für Empfänger mit dieser Blutgruppeneigenschaft keine kompatible Blutgruppe ermittelt werden. Die Transfusion der gleichen BG wäre auch nur dann gestattet, wenn Empfänger und Spender identisch sind (Eigenblutspende). Dieses Dilemma könnte behoben werden, wenn hier eine weitere Differenzierung erfolgt und eine D<sup>VI</sup>-Variante ausgeschlossen werden kann. Dann ist die Transfusion von D<sup>weak</sup>- bzw. Rh-positivem Blut möglich. Dadurch würde sich die Situation entspannen.

Eine weiterer Ausweg bestünde in der Suche nach eventuell kompatiblen Rh-negativen Konserven inklusive kryokonservierter Präparate in anderen Blutbanken. Auf jeden Fall sollte die Möglichkeit einer Eigenblutspende in Betracht gezogen werden. Da es sich um eine sehr seltene Blut-gruppe handelt, ist die Wahrscheinlichkeit, daß ausgerechnet ein Patient mit diesen Eigenschaften Blut benötigt glücklicherweise aber relativ gering.

Ob nun im Notfall ein D<sup>weak</sup>-Patient mit D<sup>weak</sup>- oder sogar Rh-positivem Blut versorgt werden kann, war nicht Gegenstand der Arbeit.

Insgesamt konnte festgestellt werden, daß es bei Ausnutzung der Kompatibilität im Rh- und Kell-System allein bereits zu eine deutlichen Zunahme verträglicher Spender pro Empfänger kommt. Daher sollte aufgrund einer denkbaren Antikörperbildung, wenn möglich, auch kompatibel im Rh-System und dem Kell-Faktor folgend transfundiert werden.

Bei seltenen Blutgruppen kann dies nicht immer gewährleistet werden. Eine generelle Empfehlung für die Bewältigung dieser schwierigen Situation kann nicht gegeben werden, da sie von verschiedenen Faktoren beeinflusst wird. Wie dringlich muß zum Beispiel transfundiert werden und wieviel EK werden benötigt? Ist die Blutbank in der Lage, alle benötigten Konserven bereitzustellen? Weiterhin ist zu beachten, ob der Patient sich eventuell einer Multitransfusionsbehandlung unterzieht. Ferner sollte das Geschlecht und das biologische Alter mit einbezogen werden. Der Terminus „gebärfähig“ ist in diesem Zusammenhang differenziert zu beurteilen, da auch Frauen mit 50 Jahren durchaus noch schwanger werden können. Hier muß individuell entschieden werden.

Wenn nun eine Rh- und Kell-kompatible Transfusion nicht durchgeführt werden kann, bestehen verschiedene Möglichkeiten, das Problem zu lösen. Ein Ausweg wäre die nichtkompatible Transfusion, wobei hier mit einer Antikörperbildung und dadurch bedingt mit späteren hämolytischen Transfusionsreaktionen bei erneuter Blutübertragung bzw. mit einem Mhn gerechnet werden muß. Hier sollte, wenn realisierbar, die unterschiedliche Immunogenität berücksichtigend, „abgestuft“ kompatibel transfundiert werden. Dabei sollten nur partiell verträgliche EK verabreicht werden, die möglichst wenig Antikörper induzieren.

Der antigenen Potenz folgend wird seit den 50er Jahren der Faktor D bei Transfusionen berücksichtigt. Aufgrund der möglichen Induktion für eine Antikörperbildung und der Expositionsgefahr bei Nichtberücksichtigung der vollständigen Rhesus-Formel, sollte gleiches mindestens für die Antigene K, c und E gelten (Tabelle 14).

Das heißt, daß die inkompatible Transfusion von Kell positivem Blut auf einen Kell negativen Empfänger vermieden werden sollte (ebenso keine Transfusion von Blut mit Antigen c auf Phänotyp CC bzw. Antigen E auf Phänotyp ee). Verschiedene Autoren kommen zu dem gleichen Schluß [Busch et al. 1970, Maurer und Büttner 1975, Schrickler et al. 1976, Fluit et al. 1990, Serrano 1990, Casthilo et al. 2000].

Da die Antigene C und e eine geringe Immunogenität besitzen und die Expositionswahrscheinlichkeit einer nichtkompatiblen Transfusion eher gering ist, kommt es daher seltener zur Antikörperbildung. Dennoch können dann auch diese eine hämolytische Transfusionsreaktionen bzw. Mhn auslösen. Obwohl eine durch ein Anti-C verursachte Erythroblastose meist blande verläuft, werden in der Literatur auch schwere Fälle eines Mhn beschrieben. Daher sollten, wenn möglich, auch diese Antigene bei Transfusionen berücksichtigt werden.

Ähnliches gilt für das Cellano-Antigen (k-Antigen). Auch wenn es nur sehr selten zur Bildung eines Anti-k kommt [Achtelig et al. 1984, Ramsey und Larson 1988, Metaxas-Bühler 1994], sollte auch hier übereinstimmend transfundiert werden. Wenn ein Cellano-Antikörper festgestellt wurde, dann kann nur Kell-positives Blut mit dem Genotyp KK (ca. 2‰ der Bevölkerung) transfundiert werden. Das ist zweifelsohne sehr problematisch; eine größere Blutbank sollte aber in seinem Spenderkollektiv über eine gewisse Anzahl bekannter KK-Spender verfügen.

Nur ca. 8% der Bevölkerung sind Kell-positiv. Somit wird es gelegentlich zu Engpässen bei der Bereitstellung verträglicher Konserven kommen. Daher wird mitunter die Transfusion Kell-negativer Erythrozytenkonzentrate auf Kell-positive Empfänger unumgänglich sein. Es muß dabei aber in Kauf genommen werden, daß unter den Kell-positiven Empfängern einer ist, der den Genotyp KK aufweist. Dann muß mit der Bildung eines Anti-k gerechnet werden.

## **8.2. Rh- und Kell-Kompatibilität unter Einbeziehung der „Universalspende“**

Wenn eine kompatible oder „abgestuft“ kompatible Transfusion im Rh- und Kell-System nicht realisierbar ist, eine Antikörperbildung dessen ungeachtet aber verhindert werden soll, besteht die Möglichkeit, das sog. AB0-„Universalspender“-Schema zu nutzen [Wissenschaftlicher Beirat der Bundesärztekammer 2001]. Damit ist die AB0-Blutgruppenungleiche aber -kompatible Übertragung von Erythrozytenkonzentraten gemeint.

In den Blutgruppen AB, A und B konnte nachgewiesen werden, daß durch Hinzunahme von majorkompatiblen EK die Anzahl der von der Kombinationsmöglichkeit im Rh- und Kell-System profitierenden Empfängervarianten zunahm. Dadurch stehen im Bedarfsfall ausreichend kompatible EK zur Verfügung.

Außerdem konnte eine Steigerung der kompatiblen Spender und damit verträglichen Konserven auch in den Blutgruppen nachgewiesen werden, bei denen auch ohne die „Universalspende“ ausreichend passende EK zur Verfügung standen. Ausgenommen davon ist die BG 0, welche als Spender nicht aber als Empfänger der anderen AB0-Blutgruppen fungieren kann.

So sank in den Blutgruppen A und B die Anzahl der Varianten, die von der Kombinationsmöglichkeit im Rh- und Kell-System bei AB0-identischer Transfusion nicht profitierten, auf 2 bzw. 1.

Den größten Vorteil von der Anwendung majorkompatibler Präparate hat zweifelsohne die „Universalempfängerblutgruppe“ AB (Tabelle 11). Durch die Anwendung der „Universalspende“ konnte in sämtlichen AB-Varianten eine deutliche Zunahme verträglicher Spender verzeichnet werden. Am eindrucksvollsten ließ sich dies in der BG AB cc D. EE K (Rang 16) beobachten. Hier wies jeder 591. Gesamtspender eine passende, kompatible Blutgruppe auf. Bei AB0-identischer Transfusion war für diesen Phänotyp nur 1 von 24 809 Spendern geeignet. Dies bedeutete eine Reduktion erforderlicher Spender um das 42-fache. Auch Empfänger mit der BG AB cc dd ee K (Rang 11) profitierten vom „Universalspender“-Schema. Jeder 91. - anstatt 2 068. - Spender wies eine verträgliche Blutgruppe auf.

Für die Transfusion bei Patienten mit den Blutgruppen AB Cc D. ee k (Rang 1) und AB Cc D. Ee k (Rang 5) war sogar jeder 2. Spender geeignet.

Um alle AB-Empfängerblutgruppen mit mindestens einer passenden Konserve versorgen zu können, müßte eine Blutbank mindestens 591 EK (AB, A, B und 0 zusammen) vorrätig haben. Bei Anwendung der „Universalspende“ dürften so keine Engpässe bei der Bereitstellung kompatibler Konserven auftreten.

Nur 2 Varianten der Blutgruppe A profitierten von der zusätzlichen Anwendung der „Universalspende“ nicht. Bei allen übrigen konnte mitunter eine deutliche Steigerung verträglicher EK nachgewiesen werden (Tabelle 12).

War zum Beispiel in der Blutgruppe A cc D. EE K (Rang 14) bei der AB0-identischen Transfusion nur jeder 1 306. Gesamtspender geeignet, konnte durch die „Universalspende“ die Anzahl erforderlicher Spender, die zum Auffinden einer kompatiblen Konserve nötig sind, auf 690 reduziert werden. Um also ein geeignetes, verträgliches EK für Patienten mit dieser Blutgruppe bereitstellen zu können, müßte die Blutbank mindestens 690 AB0-Konserven verfügbar haben. In den BG A Cc D. ee k (Rang 1) und A Cc D. Ee k (Rang 4) war sogar jeder 2. Spender verträglich. Hier gibt es bei der Versorgung mit ausreichend kompatiblen EK keine Probleme.

Es zeigte sich aber auch, daß es besonders in den Blutgruppen A CC dd ee k (Rang 22) und A CC D<sup>weak</sup> ee k (Rang 18) mit großer Wahrscheinlichkeit zu Engpässen bei der Bereitstellung kompatibler EK kommt. Hier konnte durch Anwendung der „Universalspende“ keine weitere Zunahme der verträglichen EK erzielt werden.

Für Empfänger mit diesen Phänotypen sind die Chancen, daß kompatible Präparate in ausreichendem Maße bereitgestellt werden können, äußerst gering. Nur jeder 12 405. Spender weist eine entsprechend verträgliche Blutgruppe auf. Daher werden vor allem kleinere Blutbanken große Schwierigkeiten bei der Bereitstellung kompatibler Konserven haben.

Werden Erythrozytenkonzentrate mit diesen Blutgruppeneigenschaften benötigt, sollten mehrere Einrichtungen, eventuell unter Hinzunahme von kryokonservierten Präparaten, parallel mit der Suche betraut werden. Handelt es sich um eine geplante Operation, ist diesen Patienten dringend die Eigenblutspende zu empfehlen.

Auch in der Blutgruppe B gab es eine Variante (CC dd ee k), die sowohl von der Kombinationsmöglichkeit im Rh- und Kell-System allein als auch von der zusätzlichen Anwendung der „Universalspende“ nicht profitieren konnte (Tabelle 13). Erschwerend kommt hinzu, daß diese BG außerdem noch sehr selten (1 mal unter 24 809) ist (Rang 20). Dementsprechend müßte eine Blutbank theoretisch über 24 809 Konserven verfügen, damit im Bedarfsfall mindestens ein verträgliches Erythrozytenkonzentrat - hier mit exakt der gleichen BG - bereitgestellt werden kann.

Die Hoffnung, daß eine Blutbank zufällig eine kompatible Konserve verfügbar hat, ist sehr gering. Ein Patient mit dieser Blutgruppeneigenschaft kann bei dringendem Transfusionsbedarf nicht mit ausreichend verträglichen EK versorgt werden. Die relative Seltenheit dieser BG hat aber auch zur Folge, daß die Wahrscheinlichkeit, daß ein Patient mit dieser Blutgruppeneigenschaft Blut benötigt, sehr gering ist.

Nicht ganz so problematisch dürfte die Versorgung von Patienten mit der BG B cc D. EE K (Rang 17) sein. Allerdings war hier auch mit „Universalspende“ nur jeder 1 128. Spender (ohne „Universalspende“ jede 4 962.) für eine kompatible Transfusion geeignet. Eine Blutbank müßte also mindestens 1 128 AB0-Konserven vorrätig haben, um hier mindestens ein passendes EK bereitstellen zu können. Werden z.B. 4 Konserven benötigt, treten sicher Probleme auf, da statistisch betrachtet dann mindestens 4 512 Präparate vorhanden sein müßten.

Dessen ungeachtet ist bei allen anderen Rh-Kell-Varianten eine deutliche Steigerung der kompatiblen Spender nachweisbar. Am deutlichsten ist das in der BG B cc dd ee K (Rang 12), wo durch die „Universalspende“ nun maximal 169 („ohne“ 919) Spender erforderlich sind bzw. 169 EK in der Blutbank deponiert sein sollten.

Ob nun das Fehlen kompatibler Konserven innerhalb einer Blutgruppe eine Notsituation darstellt und daher nach dem „Universalspender“-Schema transfundiert werden sollte, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Unseres Erachtens sollte aber das „Universalspender“-Schema großzügig angewandt werden, da die Probleme hinsichtlich der Verfügbarkeit ausreichend kompatibler EK deutlich vermindert werden können. Serologische Bedenken gegen ein frühes Anwenden dieser Methode bestehen nicht.

### 8.3. „Problematische“ Blutgruppen

Kann trotz „Universalspender“-Schema keine kompatible Konserve bereitgestellt werden oder verzichtet man auf die Möglichkeit einer „Universalspende“, bleibt noch die Kryokonservierung seltener Blutgruppen. Auf eventuell vorhandene kryokonservierte Präparate sollte dann zurückgegriffen werden, wenn die Wahrscheinlichkeit für eine bestimmte Blutgruppe ein verträgliches Erythrozytenkonzentrat (EK) zu finden, verschwindend klein ist.

In unserem Fall empfiehlt es sich, die BG A CC dd ee k, A CC D<sup>weak</sup> ee k und B CC dd ee k diesem Verfahren zuzuführen (Tabelle 16). Die Chance, für diese Blutgruppen ausreichend kompatible EK bereitstellen zu können, ist selbst bei Anwendung der „Universalspende“ äußerst gering. Inwieweit noch andere BG dieser Prozedur unterzogen werden sollten, hängt von der Größe der Blutbank und dem Spenderaufkommen ab.

Diffizil ist die Beurteilung bei der BG 0 cc D<sup>weak</sup> EE k. Hier konnte bei unserer Betrachtung des D<sup>weak</sup>-Merkmals, wie bereits erwähnt, kein kompatibler Phänotyp ermittelt werden. Daher sollte eventuell eine weitere Differenzierung bezüglich D<sup>VI</sup> erfolgen. Ansonsten müßte das eigene Blut kryokonserviert oder weiter nach kompatiblen Rh-negativen Konserven gesucht werden. Geht man davon aus, daß es sich nicht um ein D<sup>VI</sup> handelt, so muß bei Transfusion von Rh-positivem Blut auch nicht mit einer Immunisierung gerechnet werden und die Aussichten verträgliches Blut zu bekommen steigen. Dann wäre nämlich jeder 47. Spender mit der BG 0 kompatibel.

Die Ergebnisse zeigten, daß eine 100%-ige Versorgung mit geeigneten, kompatiblen Konserven auch unter Ausnutzung der Rh-Kell-Kompatibilität und Hinzunahme der „Universalspende“ nur möglich ist, wenn von jeder vorhandenen Blutgruppe Konserven in der Blutbank vorhanden sind. Dies ist aber aufgrund der relativ kurzen Lagerbarkeit (Verfügbarkeit) der Konserven praktisch unmöglich. Bis auf wenige Ausnahmen stehen aber für das Gros der Empfängervarianten ausreichend verträgliche EK zur Verfügung und eine mögliche Antikörperbildung kann bei Anwendung der kompatiblen Transfusion verhindert werden.

Dies ist aber zum Teil erst durch die Anwendung von majorkompatiblen Präparaten auch im AB0-System möglich. Daher sollte zumindest bei bestimmten Blutgruppen (Tabelle 16) von Beginn an das „Universalspender“-Schema zum Einsatz kommen, damit ohne Zeitverzögerung genügend verträgliche Erythrozytenkonzentrate bereitgestellt werden können. So kann auch der personelle und technische und damit verbunden finanzielle Aufwand verringert werden, da weniger Spender erforderlich sind, um eine kompatible Konserve zu erhalten. Die Lagerung von Blutkonserven kann so auf ein Minimum beschränkt werden.

Anhand des Quotienten Gesamtsponder/kompatible Spender für die beiden Methoden (ohne oder mit Anwendung der „Universalspende“) kann abgeschätzt werden, ob eine bestimmte Blutbank mit ihrem Konservenpool in der Lage ist, genügend verträgliche Konserven zu liefern oder ob es Probleme bei der Bereitstellung gibt. Kann dies allein durch Ausnutzung der Kompatibilität im Rh- und Kell-System oder erst unter Hinzunahme des „Universalspender“-Schemas geschehen, ist ebenfalls absehbar.

Bei Kenntnis dieses Quotienten für jede einzelne Empfängerblutgruppe kann wiederum der Konservenpool einer Blutbank kalkuliert werden, der mindestens nötig ist, damit der Großteil der Patienten mit ausreichend verträglichen EK versorgt werden kann.

Mit Engpässen oder größeren Schwierigkeiten bei der Versorgung mit ausreichend verträglichen Erythrozytenkonzentraten ist dann nur noch bei wenigen BG zu rechnen. Dies betrifft auch Varianten, die in unserer Untersuchung nicht festgestellt wurden, bei deren Auftreten es dann aber zu Problemen bei der Bereitstellung kompatibler Präparate kommen würde.

Da folgende Phänotypen unabhängig von der ABO-Blutgruppe und dem Kell-Faktor auch von der Möglichkeit der „Universalspende“ nicht oder nur wenig profitieren, sollte dann wie oben beschrieben „abgestuft“ kompatibel transfundiert bzw. die Möglichkeiten einer Eigenblutspende oder der Verwendung kryokonservierter Präparate mit in Betracht gezogen werden:

- CC D. EE
- CC dd EE
- CC dd ee
- cc dd EE
- cc D<sup>weak</sup> EE \*)
- CC D<sup>weak</sup> ee\*)
- CC D<sup>weak</sup> EE. \*)

\*) Bei Ausschluß der D-Variante D<sup>VI</sup> könnte hier Rh-positives Blut verabreicht werden.

#### 8.4. „Idealspender“

Jede Person sollte als Spender gewonnen werden. Unter ökonomischen Gesichtspunkten kann es für eine Blutbank aber vorteilhaft sein, wenn Erythrozytenkonzentrate mit bestimmten Blutgruppeneigenschaften (die relativ häufig für kompatible Transfusionen in Frage kommen) bevorzugt deponiert werden (Tabelle 15). Ein Überschreiten der Haltbarkeitsdauer bei EK mit diesen Eigenschaften ist eher unwahrscheinlich.

In unseren Analysen fiel dabei auf, daß Personen mit bestimmten Blutgruppeneigenschaften (geringe Variabilität innerhalb des Rh-Systems, z.B. cc dd ee) wesentlich häufiger als Spender für eine definierte Blutgruppe in Frage kommen als Individuen mit größerer Variabilität in der Rh-Formel (z.B. Cc D. Ee).

Personen mit der BG AB kommen dabei als Spender nur innerhalb der eigenen Gruppe in Frage. Die BG AB cc dd ee k ist z.B. mit 6 weiteren AB-Blutgruppen kompatibel. Ähnlich verhält es sich bei AB cc dd ee K, welche zusätzlich 4 anderen Empfängervarianten transfundiert werden kann, ohne daß mit einer Antikörperbildung gerechnet werden muß. Hingegen sind 2 Blutgruppen (AB Cc D. Ee k und AB Cc D. Ee K) nachweisbar, die mit keiner weiteren BG kompatibel sind und so für andere Empfänger nicht in Frage kommen.

Der Phänotyp A cc dd ee k ist innerhalb der Blutgruppe A mit 8 weiteren Rh-Kell-Varianten kompatibel, während A Cc D. Ee K keiner weiteren A-Blutgruppe transfundiert werden kann, ohne eine Antikörperbildung zu provozieren. Durch Hinzunahme der „Universalspende“ ist hinsichtlich der Spenderhäufigkeit eine weitere Steigerung nachweisbar. Die erst genannte Blutgruppe ist mit 7 AB-Blutgruppen kompatibel und könnte Patienten mit diesen Blutgruppeneigenschaften ohne serologische Bedenken transfundiert werden. Für A Cc D. Ee K konnte bei unseren Untersuchungen in der BG AB nur ein passender, kompatibler Empfänger eruiert werden.

Ähnlich verhielt es sich in der Blutgruppe B. Auch hier zeigt sich, daß diejenigen Rh-Kell-Varianten mit uniformen Antigenpaaren in der Rh-Formel potentiell häufiger als Spender eingesetzt werden können als jene mit Kombination aus zwei verschiedenen Antigenen. Hier ist die Variante B cc dd ee k innerhalb der BG B mit weiteren 8 und in der BG AB mit 7 Phänotypen kompatibel. Auch die BG B cc dd ee K und B CC dd ee k kommen bei je 5 weiteren B-Varianten als Spenderblutgruppe in Frage, ohne daß eine Immunisierung befürchtet werden muß. Unter Berücksichtigung der möglichen Transfusion auf Individuen mit der BG AB im Sinne der „Universalspende“ sind diese beiden Blutgruppen mit je 5 weiteren Phänotypen verträglich.

Für B Cc D. Ee K ließ sich dagegen innerhalb der B-Blutgruppe kein weiterer kompatibler Empfänger nachweisen. Durch die zusätzlicher Anwendung der „Universalspende“ ist allerdings auch nur 1 AB-Blutgruppe kompatibel und damit als zusätzlicher Empfänger geeignet.

Bestimmte 0-Varianten sind bei Anwendung der „Universalspende“ erwartungsgemäß häufiger als andere Blutgruppen für eine kompatible Transfusion geeignet. Mit insgesamt 36 verträglichen Empfängern (11 in der BG 0; 7 in der BG AB; 9 in der BG A und 9 in der BG B) ist dies besonders bei der BG 0 cc dd ee k ausgeprägt. Ähnlich verhält es sich mit der BG 0 cc dd ee K. Diese ist mit insgesamt 29 Empfängerblutgruppen kompatibel.

Es wurden aber auch hier 2 Phänotypen (0 Cc D. Ee k und 0 Cc D. Ee K) ermittelt, die jeweils nur einem Empfänger der BG AB, A und B transfundiert werden können, ohne eine eventuelle Antikörperbildung zu induzieren.

## 8.5. Antigenverteilung und Expositionsgefahr bei inkompatibler Transfusion

Anhand der ermittelten Antigenverteilung und der bekannten antigenen Potenz konnte abgeschätzt werden, ob es beim Auftreten eines bestimmten Antikörpers zu Engpässen in der Versorgung mit ausreichend verträglichen Konserven kommt. Außerdem analysierten wir das Expositionsrisiko für inkompatible Transfusionen bei Nichtberücksichtigung der gesamten Rh-Formel und damit die Gefahr einer Antikörperinduktion (Tabelle 14).

Handelt es sich z.B. um einen Antikörper mit „günstiger“ Antigenverteilung in der Bevölkerung, können kompatible Blutkonserven relativ schnell bereitgestellt werden (z.B. Anti-Kell - ca. 92% der Bevölkerung sind Kell-negativ und als Spender geeignet). Einige Erythrozytenmerkmale kommen aber in der Bevölkerung so relativ häufig vor (Tabelle 2), daß beim Auftreten eines irregulären Antikörpers gegen ein solches Merkmal geeignetes Blut wahrscheinlich nicht in ausreichender Menge zur Verfügung steht.

Ein Beispiel ist das Anti-e. Hier kommen unabhängig vom ABO- und Kell-System nur etwa 2,4% als Spender mit dem Phänotyp EE in Frage. Andererseits ist hierbei auch festzustellen, daß es unter anderem aufgrund dieser seltenen Konstellation vom Phänotyp EE unabhängig von der Antigenität nur sporadisch zu einer Anti-e-Bildung kommen wird. Da 97,6% der potentiellen Empfänger im Großraum Magdeburg ebenfalls mindestens ein Antigen e besitzen, liegt die Expositions Wahrscheinlichkeit des Phänotyps EE gegenüber einem Antigen e bei circa 2,2%. Von 100 nicht ausgewählten Transfusionspatienten würden folglich 2 Patienten mit dem Phänotyp EE Konserven mit mindestens einem Antigen e erhalten. Ob es nun zu einer Antikörperbildung kommt, hängt weiter von der Immunogenität des Antigens ab. Wie weiter oben bereits beschrieben, kommen verschiedene Arbeiten zu dem Schluß, daß das Antigen e eine relativ geringe immunogene Potenz besitzt und somit selten eine Antikörperbildung hervorruft. Dieses geringe Immunisationsrisiko (0,5%) und die günstige Antigenverteilung führen demzufolge dazu, daß ein Anti-e eine Rarität darstellt. Auch wenn das weitere Risiko eines Antigen-Antikörper-Kontaktes sehr gering ist, sollte dennoch möglichst eine kompatible Konserve bereitgestellt werden. So kann eine immunhämolytischen Reaktion bei nochmaliger inkompatibler Transfusion vermieden werden. Dabei kann die Organisation verträglicher EK unter Umständen sehr schwierig sein und eventuell eine Verzögerung der Transfusion bedeuten.

Das verhältnismäßig häufigere Auftreten eines Anti-E wird durch die relativ starke Immunogenität des Antigens - Immunisationsrisiko bei einer inkompatiblen Transfusion ca. 1,7% - und die Antigenverteilung bestimmt. Im Großraum Magdeburg weisen ca. 72,3% der Untersuchten die Antigenkombination ee auf. Daraus resultiert ein Expositionsrisiko gegenüber einem E-Antigen von ca. 20%. Das bedeutet, daß bei jeder 5. Transfusion ein Patient mit dem Phänotyp ee eine Konserve erhält, die mindestens ein E-Antigen enthält.

Diese Distribution hat aber auch den Vorteil, daß beim Auftreten eines Anti-E ausreichend kompatible EK verfügbar wären. Jeder 2. Spender, unabhängig vom AB0-System, wäre geeignet.

Obwohl das Antigen C von den Rhesus- und Kell-Merkmalen die geringste Immunogenität aufweist - nur 0,1% der Empfänger werden bei einer inkompatiblen Transfusion immunisiert und bilden einen Antikörper - bedingt die Antigenverteilung unter den potentiellen Empfängern (ca. 32% besitzen den Phänotyp cc) ein relativ häufiges Vorkommen eines Anti-C. Diese Verteilung führt dazu, daß das Expositionsrisiko gegenüber einem Antigen C bei einer nichtkompatiblen Transfusion bei 21% liegt. Bei fast jeder 5. Transfusion wird daher bei Nichtberücksichtigung der gesamten Rh-Formel eine Konserve mit einem C-Antigen einem Empfänger mit dem Phänotyp cc verabreicht. Dies wurde auch in zahlreichen Arbeiten belegt [Spielmann und Seidl 1967, Achtelig et al. 1985, Schönitzer et al. 1985]. Ist aber ein Anti-C nachgewiesen, so ist unabhängig von den übrigen Rhesusfaktoren ca. jede 3. Konserve kompatibel.

Bei einer Blutübertragung ohne Berücksichtigung des Faktors c kommt es bei inkompatibler Transfusion in ca. 2% der Fälle zu einer Antikörperbildung. Diese ausgeprägte immunogene Potenz führt trotz der relativ geringen Expositionsgefahr von 15% (etwa 18,5% der Bevölkerung im Großraum Magdeburg weisen den Phänotyp CC auf) zu einer verhältnismäßig hohen Frequenz des Antikörpers c.

Hinsichtlich der Blutgruppenverteilung im Großraum Magdeburg waren, verglichen mit anderen Arbeiten [Schneeweis und Lange 1961, Hocevar 1965, Peters et al. 1986, Scheil und Strunz 1996], nur minimale regionale Unterschiede nachweisbar [Hofmann et al. 1981, Wagner et al. 1995, Scheil und Strunz 1996]. Daher sind keine wesentlichen Unterschiede zwischen der Verteilung der im Labor von Prof. Schenk / Dr. Ansorge bestimmten Blutgruppen und der Distribution der Blutgruppeneigenschaften bei den tatsächlichen Spendern in der Bundesrepublik Deutschland anzunehmen.

Anzumerken ist noch, daß es sich bei den Ergebnissen nur um potentielle also theoretisch zur Verfügung stehende Spender handelt. Inwieweit diese Individuen für eine Blutspende rekrutiert werden können, bleibt offen.

## 9. Zusammenfassung und Schlußfolgerung

Aufgrund der Empfehlung in den aktuellen Hämotherapierichtlinien, daß Mädchen und Frauen im gebärfähigen Alter sowie Patienten mit vorhersehbar langzeitiger Transfusionsbehandlung nach Möglichkeit Rh-Formel und Kell-ausgewählt bzw. -übereinstimmend transfundiert werden sollen, stellte sich die Frage, ob dafür auch genügend verträgliche Konserven, welche möglichst wenig Antikörper induzieren, zur Verfügung stehen oder es zu Versorgungsengpässen kommt.

Wir untersuchten anhand von 24 809 Personen (ca. 10% der Bevölkerung der Landeshauptstadt) zunächst die Verteilung der Blutgruppenmerkmale im Großraum Magdeburg. Jede einzelne Blutgruppe wurde dann sowohl als potentieller Spender als auch Empfänger betrachtet. Anschließend analysierten wir, ob für jede denkbare Empfängerblutgruppe ausreichend verträgliche Spender verfügbar sind. Dabei wurde anfangs die Kombinationsmöglichkeit im Rh- und Kell-System allein berücksichtigt; anschließend wurde die Möglichkeit der „Universalspende“ (AB0- ungleiche aber kompatible Transfusion) mit einbezogen.

Die Ergebnisse zeigten, daß durch Ausnutzung der Rh-Kell-Kompatibilität allein für den Großteil der Patienten genügend kompatible Spender vorhanden sind. Da aber 19 Blutgruppen (BG) von der Kombinationsmöglichkeit nicht profitierten, ist bei diesen mit Problemen bei der Verfügbarkeit verträglicher Konserven zu rechnen.

Unter Hinzunahme der „Universalspende“ war aber ein weiterer deutlicher Zuwachs an verträglichen Spendern nachweisbar, so daß es nun nur noch bei 8 BG zu Engpässen bei der Bereitstellung ausreichend verträglicher Erythrozytenkonzentrate (EK) kommen könnte. Darunter sind allerdings 4 BG, bei denen die Wahrscheinlichkeit, eine kompatible Konserve zu finden, äußerst gering ist.

Als Quintessenz der Untersuchungen ist festzuhalten, daß bei AB0-identischer Transfusion nicht alle Blutgruppenkonstellationen von der Kombinationsmöglichkeit im Rh- und Kell-System profitieren; durch Hinzunahme der „Universalspende“ bei der Mehrzahl der Patienten aber keine Probleme bei der Bereitstellung mit ausreichend verträglichen EK auftreten.

Daher sollte die „Universalspende“ noch vor einer möglichen „abgestuft“ kompatiblen Transfusion erfolgen; zumal aus serologischer Sicht keine Bedenken gegen dieses Vorgehen bestehen. Bei dieser Methode wird unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Immunogenität der Antigene im Rh- und Kell-System nur teilweise kompatibel transfundiert. Hierbei sollten möglichst dann zuerst die potenten Antigene (hauptsächlich K, c und E), welche häufiger als die übrigen eine Antikörperbildung induzieren können, bei der Transfusion berücksichtigt bzw. nicht verabreicht werden.

Zu diskutieren ist, ob seltene Blutgruppen, für welche nicht genügend verträgliche Konserven verfügbar sind, kryokonserviert werden sollten. Dies betrifft unabhängig vom AB0- und Kell-System in erster Linie die Varianten CC D. EE, CC dd EE, CC dd ee sowie cc dd EE.

## 10. Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1: Blutgruppenkompatible Transfusion .....	5
Tabelle 2: Blutgruppenverteilung im Großraum Magdeburg (n=24 809) unter Berücksichtigung der AB0-, Rhesus- und Kell-Merkmale .....	26
Tabelle 3: Aufteilung der Blutgruppe AB im Großraum Magdeburg (n=1 461) unter Berücksichtigung der Rhesus- und Kell-Merkmale .....	27
Tabelle 4: Aufteilung der Blutgruppe A im Großraum Magdeburg (n=10 986) unter Berücksichtigung der Rhesus- und Kell-Merkmale .....	28
Tabelle 5: Aufteilung der Blutgruppe B im Großraum Magdeburg (n=3 462) unter Berücksichtigung der Rhesus- und Kell-Merkmale .....	29
Tabelle 6: Aufteilung der Blutgruppe 0 im Großraum Magdeburg (n=8 900) unter Berücksichtigung der Rhesus- und Kell-Merkmale .....	30
Tabelle 7: Quotient Gesamtspender/kompatible Spender der Blutgruppe AB .....	32
Tabelle 8: Quotient Gesamtspender/kompatible Spender der Blutgruppe A .....	33
Tabelle 9: Quotient Gesamtspender/kompatible Spender der Blutgruppe B .....	35
Tabelle 10: Quotient Gesamtspender/kompatible Spender der Blutgruppe 0 .....	37
Tabelle 11: Quotient Gesamtspender/kompatible Spender unter Berücksichtigung der möglichen Kombination im Rh- und Kell-System Vergleich AB0-gleiche Transfusion (Blutgruppe AB) – Universalspende (Blutgruppe AB, A, B und 0) .....	39
Tabelle 12: Quotient Gesamtspender/kompatible Spender unter Berücksichtigung der möglichen Kombination im Rh- und Kell-System Vergleich AB0-gleiche Transfusion (Blutgruppe A) – Universalspende (Blutgruppe A u.0) .....	40
Tabelle 13: Quotient Gesamtspender/kompatible Spender unter Berücksichtigung der möglichen Kombination im Rh- und Kell-System Vergleich AB0-gleiche Transfusion (Blutgruppe B) – Universalspende (Blutgruppe B u.0).....	41
Tabelle 14: Expositionsgefahr bei nichtausgewählten Transfusionen und mögliche Anzahl der Antikörper nach 100.000 Blutübertragungen unter Berücksichtigung immunogenen Potenz der einzelnen Antigene .....	42
Tabelle 15: Anzahl der verträglichen Empfänger für die am häufigsten als Spender in Frage kommenden Blutgruppen im Großraum Magdeburg Vergleich AB0-identische versus Universalspende .....	43
Tabelle 16: Blutgruppe, bei denen mit erheblichen Problemen bei Konservenbereitstellung zu rechnen ist .....	44

## **11. Verzeichnis der Abbildungen**

Abbildung 1: Vergleich der Antikörperprävalenz über eine Zeitspanne von 7 Jahren im Universitätskrankenhaus Eppendorf [Schönitzer et al. 1985] .....	18
Abbildung 2: Häufigkeit der Rh- und Kell-Antikörper in % im Universitätskrankenhaus Eppendorf im Vergleich 1975-1976 versus 1984-1988 [Wittkopf et al 1990] .....	19

## 12. Literaturverzeichnis

1. Achtelig Christina, Grünelt Elke, Surber Helga: Eine Auswertung des erythrozytären Antikörperkatasters der DDR (1978-1980). *Folia Haematol.* 1985; 112:456-462
2. Anstee DJ: Blood group antigens defined by the amino acid sequences of the red cell surface proteins. *Transf Med* 1995;5:1-13
3. Bender W: Der Entwurf eines Transfusionsgesetzes unter Einwilligungsgesichtspunkten: ein Zwischenruf. *Zeitschrift für Rechtspolitik* 1997; 30:353-356
4. Benedum J: Historische Entwicklung der Bluttransfusion. *Beitrag Infusionstherapie* 1993; 29: 1-16
5. Benedum J: Geschichte der Bluttransfusion. In: *Transfusionsmedizin 2. Auflage.* Mueller-Eckhardt C. (Hrsg), Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1996: 3-19
6. Biermann E: Forensische Gesichtspunkte der Bluttransfusion. *Anaesthesist* 1993; 42:187-202
7. Bowmann JM: Historical overview: Haemolytic diseases of the fetus and newborn. In: *Perinatal transfusion medicine.* Kennedy MS, Wilson S, Kelton JG (eds), American Association of Blood Bank Arlington 1990:1-52
8. British Committee for Standard in Haematology: Guidelines for pre-transfusion compatibility procedures in blood transfusion laboratories. *Transfusion Medicine* 1996; 6:273-283
9. British Committee for Standards in Haematology, Blood transfusion task force in collaboration with the Royal College of Nursing and the Royal College of Surgeons of England: The administration of blood and blood components and the management of transfused patients. *Transfusion Medicine* 1999; 9:227-238
10. Blutspendedienst der Landesverbände des DRK Niedersachsen, Sachsen-Anhalt, Oldenburg und Bremen g. G.m.b.H.: Kostenvergütungsliste für Krankenhäuser ab 1. April 2000
11. Bundesgesundheitsministerium: Fakten zur Blut- und Plasmaspende. Mitteilung des BMG-Arzneimittel / Medizinprodukte 11/1998:3-4
12. Bundesrepublik Deutschland: Gesetz zur Regelung des Transfusionswesens Transfusionsgesetz vom 1. Juli 1998 ( BGBl. I, S.1752 )
13. Busch H, v. Eisenhart Rothe B, Hochweller E: Häufigkeit irregulärer Antikörper bei Patienten- und Schwangerenuntersuchungen. *MMW* 1970; 112:341-351
14. Brandstädter W: Die Transfusionsmedizin in der DDR. *ellipse* 1992; 32:532-543
15. Casthilo SL, Azevedo FCM, Pecedgo MMN, Mirinda TCS, Amorim L: Red blood cell alloimmunization in sickle cell disease pregnant. *Vox sanguis* 2000; 79(1): P140
16. Council of Europe: Guide to the preparation, use and quality assurance of blood components. Concil of Europe Publisching 2000
17. Coles SM, Klein HG, Holland PV: Alloimmunization in two multitransfused patient populations. *Transfusion* 1981; 21:462-466
18. Dahr W: Blutgruppen von Erythrozyten. In: *Transfusionsmedizin 2. Auflage.* Mueller-Eckhardt C. (Hrsg), Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1996: 137-152

19. Eberhardt E, Eberhardt M: Die Bluttransfusion im Wandel der Zeit. *Krankenpflege Journal* 1997; 35:72-81
20. Farr AD: The blood group serology - the first four decades (1900-1939). *Med Hist* 1979; 23(2):215-225
21. Farr AD: The first human blood transfusion. *Med Hist* 1980; 24:143-162
22. Fluit CR, Kunst VA, Drenthe-Schonk AM: Incidence of red cell antibodies after multiple blood transfusion. *Transfusion* 1990; 30(6):532-525
23. Gader AMA, Al-Mohareb F, Al-Momen AK, Al-Fawaz I, Osman AM, Bahakin HM: Blood transfusion beetwenn races: is it really another hazard of blood transfusion thearpy. *Vox sanguis* 2000; 79(1):P 170
24. Greenwalt TJ: A short history of transfusion medicine. *Transfusion* 1997; 37(5): 550-563
25. Grundmann R: Bluttransfusion vor 100 Jahren. *Zentralblatt Chirurgie* 1993; 118(9):567-568
26. Peters W-H, Ritter I, Freistedt B, Göhler W: Populationsgenetische Studie in Äthiopien: Die Verteilung von Blutgruppenpolymorphismen in den Anhara/Tgrai-Ethnien. *Zeitschrift für die gesamte Innere Medizin und ihre Grenzgebiete* 1986;41(13): 366-372
27. Hocevar M: Die Verteilung der Blutgruppen in einem Zigeunerisolat. *Bibliotheca Heematologica* 1965;23: 312-319
28. Hoch H, Giers G, Bald R, Hanfland P: Spezifität und Häufigkeit erythrozytärer Antikörper bei Schwangeren mit intrauteriner Transfusion infolge fetaler Erythroblastose. *Beitrag Infusions-therapie* 1992; 30:53-60
29. Hoeltge GA, Domen RE, Rybicki LA, Schaffer PA: Multiple red cell transfusions and alloimmunization. Experience with 6996 antibodies detected in a total of 159,262 patients from 1985-1993. *Arch Pathol Lab Med* 1995; 119(1):42-45
30. Hofmann V, Du Chesne A, Göhler W, Dürwald W, Dörfel S, Jäckel C, Reimder W, Vogt E, Zschau U: Blutgruppenverteilung bei Männern und Frauen im Norden und Süden der DDR. *Dt. Gesundheitswesen* 1981;36:1582-1591
31. Hundic-Haspl Z, Jurakovic-Loncar N, Grgicevic D, Balija M: Alloimmunizations following blood transfusions. *Acta Med Croatica* 199448(4-5):193-197
32. Issitt PD: The red blood groups. In: *Immunobiology of transfusion medicine*. Garetty G (ed), Marcel Dekker Inc. New York 1993:111-147
33. Jorns G: Beitrag zur Geschichte der Blutübertragung im 19. Jahrhundert. *Munch Med Wochenschr.*1958; 22(100):878-880
34. Kissmeyer-Nielsen F: Irregular blood group antibodies in 200 000 individuals. *Scand J Heamatol* 1965; 2:331-342
35. Kornstad L: The frequency of formation of Kell antibodies in recipients of Kell positive blood. *Transact 6<sup>th</sup> Congr Europ Soc Haematol*, , Copenhagen, 1957:754
36. Kornstad L: New cases of irregular blood group antibodies other than anti-D in pregnancy. *Acta Obstetricia et Gynecologica Scandinavica* 1983; 62:431-436

37. Kretschmer Volker, Sonneborn Hans-Hermann: Blutgruppengene und -antikörper. In: Labor und Diagnose 5.Auflage. Lothar Thomas (Hrsg), TH-Books Verlagsgesellschaft mbH, Frankfurt/Main 1998:
38. Lazerevski K, Stefanovska V, Solerova L, Makarovska-Bojaxevieva T, Velkova E: Problem with providing most compatible blood for patients with multiple transfusions. Vox sanguis 2000; 79(1):P131
39. Leo A, Beigi M: The transfusion practice may influence the alloimmunization rate in patients with warm autoantibodies. Vox sanguis 2000; 79(1): P 167
40. Lynen R, Sindu E, Gallasch E: Neuere Untersuchungen über Häufigkeit von IgG-Allo-Antikörpern bei Transfusionsempfängern. Infusionstherapie 1989; 16:273-275
41. MacPherson CR, Christiansen M: Antibody identifikation in blood-bank-service. Ohio Stats Med J 1960:53-55
42. Maurer C, Büttner J: Die Häufigkeit irregulärer Erythrozyten-Antikörper. Dtsch. med. Wschr. 1975; 100:1567-1573
43. Metaxas-Bühler, Margit: Blutgruppen und Transfusion. 2.Auflage. Metaxas-Bühler, M (Hrsg.), Verlag Hans Huber, Bern 1994: 63-333
44. Michaelis C: Grundlagen des Transfusionswesens Teil 1: Allgemeine Transfusionskunde und die Behandlung mit Erythrozytenkonzentraten. Anästhesiol. Intensivmed. Schmerzther. 1998; 33: 177-198
45. Mitchell S, James A: Severe hemolytic disease from rhesus anti-C antibodies in a surrogate pregnancy after oocyte donation. A case report. J Reprod Med 1999; 44(4):388-390
46. Müller HT, Hallensleben M, Schunter F, Blasczyk R: Molekulargenetische Blutgruppendiagnostik. Deutsches Ärzteblatt 2001; 98(6):B267-272
47. Mueller-Eckhardt C, Gaedecke G, Bartmann P: Perinatale und pädiatrische Transfusionsmedizin. In: Transfusionsmedizin 2. Auflage. Mueller-Eckhardt C. (Hrsg), Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1996: 461
48. Myhre BA: The first recorded blood transfusions: 1656 to 1668. Transfusion 1989;30: 358-362
49. Myhre BA: James Blundell - pioneer transfusionist. Transfusion 1995; 35(1):74-78
50. Nordhagen R, Wolthuis K: Compatibility problems in transfusions. Special reference to the delayed hemolytic transfusion reaction. Tidsskr Nor Laegeforen 1990;110(15):1933-1935
51. Oehlecker F. in Zusammenarbeit mit dem Gesundheitsamt der freien Hansestadt Hamburg (Hrsg.): Neue Richtlinien für die Bluttransfusion und die Blutspendezentralen. Urban & Schwarzenberg Berlin-München 1949
52. Orlina AR, Unger PJ, Koshy M: Post-transfusion alloimmunization in patients with sickle cell disease. Am J Heamatol 1978; 5:101
53. Overbeeke MA, Dudok de Wit C: Preventie van de immunisatie tegen erythrocytenantigenen c, E en K veroorzaakt door bloedtransfusie. Ned Tijdschr Geneesk 1994; 138(22):1116-1118
54. Paul-Ehrlich-Institut ( Öffentlichkeitsarbeit ): Bundesgesundheitsministerin Andrea Fischer ebnet den Weg für weitere Maßnahmen zur Verbesserung der Qualität und Sicherheit von Bluttransfusionen. Pressemitteilung 2000

55. Polesky HF: Blood group antibodies in prenatal sera. Results of screening 43 000 individuals. *Minn Med* 1967; 50:601
56. Poschmann A, Fischer K: Inkompatibilität im blutbildenden System. In: *Die gestörte Schwangerschaft* 2. Auflage. Kuenzel W, Boerner P (Hrsg), Urban & Schwarzenberg München 1986:83-94
57. Prokop O, Schleyer F: Rh-fremde Sensibilisierung als Ursache von Fehlgeburten: Kell-Erythroblastose. *Dtsch Med Wschr* 1951; 76:665
58. Queenan JI, Smith BD, Haber JM, Jeffrey J, Gadow HC: Irregular antibodies in the obstetric patient. *Obstet Gynec New York* 1969; 34:767
59. Rakic S, Belic B, Erceg S, Jovanovic R, Kulic Z, Stefanovic N, Belic A, Uzurov V, Spasojevic J: Complications in the use of blood transfusions-alloimmunization in polytransfused patients. *Med Pregl* 1999; 52(9-10):375-378
60. Ramsey G, Larson P: Loss of red cell alloantibodies over time. *Transfusion* 1988; 28(2):162-165
61. Reissigl H, Schönitzer D: Blutgruppenserologische Voruntersuchung bei Bluttransfusionen. *Infusionstherapie* 1977; 4:127-128
62. Roelcke D: Nichtinfektiöse unerwünschte Wirkungen. In: *Transfusionsmedizin* 2. Auflage. Mueller-Eckhardt C. (Hrsg), Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1996: 528
63. Sachs V: The blood transfusion system today and in the future. *Munch Med Wochenschr.* 1968; 110(4):218-224
64. Sazama K: Reports of 355 transfusion-associated deaths: 1976-1985. *Transfusion* 1990; 30:583-590
65. Sazama K, DeChristopher PJ, Dodd R, Harrison CR, Shulman IA, Cooper ES, Labotka RJ, Oberman HA, Zahn CM, Greenburg G, Stehling L, Lauenstein C, Price TH, Williams LK: Practice parameter for the recognition, management, and prevention of adverse consequences of blood transfusion. *Arch Pathol Lab Med* 2000; 124:61-70
66. Schabel A, König AL, Schiebel MR, Sugg U: Incidence and persistence of anti-Kell after transfusion of Kell-positive blood. *Beitr Infusionsther Transfusionsmed* 1994; 32:175-178
67. Schneider W: Zur Frage der Häufigkeit von Transfusionsreaktionen durch reguläre und irreguläre Antikörper. *Bibl. Haemat. Basel* 1971; 37:162
68. Schneeweis B, Lange A: Über die Blutgruppenverteilung (AB0 und Rh-Faktor „D“) in der DDR am Beispiel von 7500 Untersuchungen. *Deutsch Gesundh* 1961; 16: 534-536
69. Scheil HG, Strunz H: Zur Verteilung der Rhesus-Haplotypenfrequenzen im Regierungsbezirk Köln (Nordrhein-Westfalen). *Anthrop.Anz. Stuttgart* 3/1996; 54:19-30
70. Schonewille H, Haak HL, van Zijl AM: RBC antibody persistence. *Transfusion* 2000; 40(9):1127-1131
71. Schönitzer D: Die Stellung der Kell-Inkompatibilität im Rückblick auf 15 Jahre Mutter-Kind-Paß-Serologie. *Infusionstherapie* 1987;14(2):3-9
72. Schönitzer D, Rosmanith P, Kilga-Nogler S: Aktuelle Probleme der Bluttransfusion. *Infusionstherapie* 1985;12:170-174
73. Schrickler KT, Kluge R: Isoimmunantikörperbildung nach Bluttransfusionen. *Praktische Anästhesie* 1976;11(5):303-309

74. Schricker KT, Schrenk KH, Kluge R: Isoimmunantikörperbildung nach inkompatiblen Bluttransfusionen. In: Forschungsergebnisse der Transfusionsmedizin und Immunhaematologie:2, Teil 1. Medicus Verlag Berlin 1975:57-63
75. Serrano J: Incidence and characterization of erythrocyte antibodies in a hospital blood bank. Study over a period of 9 years (1980-1988). Sangre (Barcelona) 1990; 35(5):363-368
76. Smith BD, Haber JM, Queenan JI: Irregular antibodies in pregnant women. Obstet Gynec New York 1967; 29:118
77. Sonneborn HH, Dahr W, Helmhold W, Kasulke D: Monoklonale Antikörper in der Blutgruppenserologie. Teil 1: Technik der Herstellung, AB0- und Lewis-System. Teil 2: MNS-, Rh- und übrige Systeme. Infusionsther Transfusionsmed 1993; 20:328-335
78. Speiser P, Pausch V: Erythrozytäre Antikörper. Lab Med 1980;4: 198-205
79. Speiser P, Pausch V, Weirather M: Blutgruppenserologie in Praxis und Theorie. Klein Wschr Wien 1980; 92:551-559
80. Spielmann W (Hrsg): Transfusionskunde 2. Auflage. Thieme Verlag Stuttgart 1972:18 ff
81. Spielmann W, Seidl S: Bluttransfusionen bei Patienten mit Iso- und Autoimmunantikörpern. Dtsch Med Wochenschr 1967; 45:2077-2080
82. Spielmann W, Seidl S: Prevalence of irregular red cell antibodies and their significance in bloodtransfusion and antenatal care. Vox Sang 1974; 26(6):551-559
83. Spielmann W, Seidl S: Einführung in die Immunhämatologie und Transfusionskunde 3. Auflage Verlag Chemie Weinheim 1989; 57-63
84. Stangl W: Gewinnung, Konservierung, Lagerung von Transfusionsblut. In: Transfusionsmedizin 2. Auflage. Mueller-Eckhardt C. (Hrsg), Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1996:219
85. Tippett P: What is important on the red blood cell surface? Immunol Invest 1995;24:173-186
86. Uhlig Rudolf, Endert Gerd, Lammel Gudrun: Irreguläre erythrozytäre Antikörper als Transfusionshindernis. Z. ärztl. Fortbild. 1984; 78:849-852
87. Vichinsky Elliott P., Luban Naomi L.C., Wright Elizabeth, Olivieri Nancy, Driscoll Catherine, Pegelow Charles H., Adams Robert J.: Prospective RBC phenotype matching in a stroke-prevention trial in sickle cell anemia: a multicenter transfusion trial. Transfusion 9/2001; 41:1086-1092
88. Vorstand und Wissenschaftlicher Beirat der Bundesärztekammer: Leitlinien zur Therapie mit Blutkomponenten und Plasmaderivaten. Deutscher Ärzte-Verlag Köln 1995
89. Vorstand und Wissenschaftlicher Beirat der Bundesärztekammer: Leitlinien zur Therapie mit Blutkomponenten und Plasmaderivaten. 2. überarbeitete Auflage. Deutscher Ärzte-Verlag Köln 2001
90. Waldschmidt R, Mueller-Eckhardt C: Die „problematische“ Bluttransfusion. Dtsch. Med. Wschr. 1977; 102:686-688
91. Wagner FF, Kasulke D, Kerowgan M, Flegel WA: Frequencies of the blood groups AB0, rhesus, D category VI, kell, and clinically relevant high-frequency antigens in south-western germany. Infusionsther Transfusionsmed 1995; 22:285-290

92. Wissenschaftlicher Beirat der Bundesärztekammer und Paul-Ehrlich-Institut: Richtlinien zur Gewinnung von Blut und Blutbestandteilen und zur Anwendung von Blutprodukten (Hämotherapie). Neu bearbeitete Fassung 2000, Deutscher Ärzte Verlag, Köln 2000: 70-83
93. Wittkopf D, Grundmann A, Sibrowski W, von Eisenhart-Rothe B, Kühnl P: Analyse irregulärer Antikörper in der Abteilung für Transfusionsmedizin am Universitäts-Krankenhaus Hamburg-Eppendorf von 1984-1988. Infusionstherapie 1990; 17:280-28

## **Danksagung**

Herrn Prof. Dr. med. H. Schenk möchte ich für die freundliche Überlassung der Daten und des Themas dieser Arbeit sowie für die ausgezeichnete fachliche Unterstützung danken.

Herrn Prof. Dr. med. M. Heim danke ich für die fachlich kompetente Unterstützung bei der Wichtung transfusionsmedizinischer Fragestellungen.

## **Erklärung**

Ich erkläre, daß ich die an der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg zur Promotion eingereichte Dissertation mit dem Titel:

„Die Verteilung der AB0-, Rhesus- und Kell-Merkmale im Großraum Magdeburg. Beurteilung der Bereitstellung immunologisch möglichst kompatibler Konserven unter Berücksichtigung der aktuellen Hämotherapierichtlinien“

auf Grundlage der in der Laborarztpraxis Prof. Dr. med. H. Schenk / Dr. med. Th. Ansorge in Magdeburg erhobenen Daten und mit Unterstützung von Herrn Prof. Dr. med. Marcell U. Heim, Direktor des Institutes für Transfusionsmedizin und Immunhämatologie mit Blutbank, ohne sonstige Hilfe durchgeführt und bei der Abfassung der Dissertation keine anderen als die dort aufgeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Bei der Abfassung der Dissertation sind Rechte Dritter nicht verletzt worden.

Ich habe die Dissertation bisher an keiner in- oder ausländischen Hochschule zur Promotion eingereicht. Ich übertrage der Medizinischen Fakultät das Recht, weitere Kopien meiner Dissertation herzustellen und zu vertreiben.

Magdeburg, den 31.Januar 2002

## **Tabellarischer Lebenslauf**

Name: Rönnebeck  
Vorname: Sven  
Geburtsdatum: 12.08.1970  
Geburtsort: Neindorf-Beckendorf  
Familienstand: ledig, 2 Kinder  
Nationalität: deutsch

### **Schulbildung**

1977-1980 Polytechnische Oberschule III Oschersleben  
1980-1987 Polytechnische Oberschule V Oschersleben  
1987-1989 Erweiterte Oberschule „Karl Marx“ Oschersleben  
Abschluß: Abitur  
Prädikat: „mit Auszeichnung“

### **Beruflicher Werdegang**

1989-1990 Wehrdienst  
1990-1991 Vorpraktikum im Kreiskrankenhaus Neindorf-Chirurgie/Notaufnahme  
1991-1997 Medizinstudium an der Humboldt-Universität zu Berlin - Charité  
und University of Stellenbosch - Südafrika  
Prädikat: „Gut“  
1998-2000 Arzt im Praktikum und Assistenzarzt in der Chirurgischen und Inneren Abteilung  
des Kreiskrankenhauses des Bördekreises, Haus Neindorf  
seit 2000 Assistenzarzt in der Inneren Abteilung des Kreiskrankenhauses des Bördekreises,  
Haus Bahrendorf

## Anhang

Tabelle I: Empfänger- und Spenderblutgruppen der Blutgruppe AB in der detaillierten Gegenüberstellung unter Berücksichtigung der Kompatibilität im Rh- und Kell-System  
Gesamtanzahl der bestimmten AB0-Blutgruppen: 24 809

Rang	Blutgruppe Empfänger	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %	potentielle Spender	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %
1	AB Cc D. ee k	480	1,9348	AB Cc D. ee k	480	1,9348
				AB CC D. ee k	231	0,9311
				AB cc dd ee k	206	0,8303
				AB cc D. ee k	22	0,0887
				AB Cc dd ee k	11	0,0443
				Gesamt	950	3,8293
2	AB CC D. ee k	231	0,9311	AB CC D. ee k	231	0,9311
				Gesamt	231	0,9311
3	AB cc dd ee k	206	0,8303	AB cc dd ee k	206	0,8303
				Gesamt	206	0,8303
4	AB cc D. Ee k	187	0,7538	AB cc dd ee k	206	0,8303
				AB cc D. Ee k	187	0,7538
				AB cc D. EE k	22	0,0887
				AB cc D. ee k	22	0,0887
				AB cc dd Ee k	3	0,0121
				Gesamt	440	1,7735
5	AB Cc D. Ee k	174	0,7014	AB Cc D. ee k	480	1,9348
				AB CC D. ee k	231	0,9311
				AB cc dd ee k	206	0,8303
				AB cc D. Ee k	187	0,7538
				AB Cc D. Ee k	174	0,7014
				AB cc D. EE k	22	0,0887
				AB cc D. ee k	22	0,0887
				AB Cc dd ee k	11	0,0443
				AB cc dd Ee k	3	0,0121
				AB CC D. Ee k	1	0,0040
				Gesamt	1.337	5,3892
6	AB Cc D. ee K	63	0,2539	AB Cc D. ee K	63	0,2539
				AB CC D. ee K	13	0,0524
				AB cc dd ee K	12	0,0484
				AB cc D. ee K	2	0,0081
				Gesamt	90	0,3628
7	AB cc D. ee k	22	0,0887	AB cc dd ee k	206	0,8303
				AB cc D. ee k	22	0,0887
				Gesamt	228	0,9190
8	AB cc D. Ee K	22	0,0887	AB cc D. Ee K	22	0,0887
				AB cc dd ee K	12	0,0484
				AB cc D. ee K	2	0,0081
				AB cc D. EE K	1	0,0040
				Gesamt	37	0,1491
9	AB cc D. EE k	22	0,0887	AB cc D. EE k	22	0,0887
				Gesamt	22	0,0887

relativ in % bezieht sich auf alle möglichen Gesamtspender  
grau unterlegt sind die Kell-negativen Blutgruppen

Tabelle I: Empfänger- und Spenderblutgruppen der Blutgruppe AB in der detaillierten Gegenüberstellung unter Berücksichtigung der Kompatibilität im Rh- und Kell-System (Fortsetzung)  
Gesamtanzahl der bestimmten AB0-Blutgruppen: 24 809

Rang	Blutgruppe Empfänger	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %	potentielle Spender	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %
10	AB CC D. ee K	13	0,0524	AB CC D. ee K	13	0,0524
				Gesamt	13	0,0524
11	AB cc dd ee K	12	0,0484	AB cc dd ee K	12	0,0484
				Gesamt	12	0,0484
12	AB Cc D. Ee K	11	0,0443	AB Cc D. ee K	63	0,2539
				AB cc D. Ee K	22	0,0887
				AB CC D. ee K	13	0,0524
				AB cc dd ee K	12	0,0484
				AB Cc D. Ee K	11	0,0443
				AB cc D. ee K	2	0,0081
				AB cc D. EE K	1	0,0040
				Gesamt	124	0,4998
13	AB Cc dd ee k	11	0,0443	AB cc dd ee k	206	0,8303
				AB Cc dd ee k	11	0,0443
				Gesamt	217	0,8747
14	AB cc dd Ee k	3	0,0121	AB cc dd ee k	206	0,8303
				AB cc dd Ee k	3	0,0121
				Gesamt	209	0,8424
15	AB cc D. ee K	2	0,0081	AB cc dd ee K	12	0,0484
				AB cc D. ee K	2	0,0081
				Gesamt	14	0,0564
16	AB cc D. EE K	1	0,0040	AB cc D. EE K	1	0,0040
				Gesamt	1	0,0040
17	AB CC D. Ee k	1	0,0040	AB CC D. ee k	231	0,9311
				AB CC D. Ee k	1	0,0040
				Gesamt	232	0,9351
	<b>Gesamt</b>	<b>1.461</b>	<b>5,89</b>		<b>4.363</b>	<b>17,59</b>

relativ in % bezieht sich auf alle möglichen Gesamtspender  
grau unterlegt sind die Kell-negativen Blutgruppen

Tabelle II: Empfänger- und Spenderblutgruppen der Blutgruppe A in der detaillierten Gegenüberstellung unter Berücksichtigung der Kompatibilität im Rh- und Kell-System  
Gesamtanzahl der bestimmten AB0-Blutgruppen: 24 809

Rang	Blutgruppe Empfänger	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %	potentielle Spender	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %
1	A Cc D. ee k	3.527	14,2166	A Cc D. ee k	3.527	14,2166
				A CC D. ee k	1.928	7,7714
				A cc dd ee k	1.600	6,4493
				A cc D. ee k	208	0,8384
				A Cc dd ee k	87	0,3507
				A Cc Dw ee k	11	0,0443
				A CC Dw ee k	4	0,0161
				A CC dd ee k	2	0,0081
				Gesamt	7.367	29,6949
				2	A CC D. ee k	1.928
A CC Dw ee k	4	0,0161				
A CC dd ee k	2	0,0081				
Gesamt	1.934	7,7956				
3	A cc dd ee k	1.600	6,4493	A cc dd ee k	1.600	6,4493
				Gesamt	1.600	6,4493
4	A Cc D. Ee k	1.314	5,2965	A Cc D. ee k	3.527	14,2166
				A CC D. ee k	1.928	7,7714
				A cc dd ee k	1.600	6,4493
				A Cc D. Ee k	1.314	5,2965
				A cc D. Ee k	1.211	4,8813
				A cc D. EE k	215	0,8666
				A cc D. ee k	208	0,8384
				A Cc dd ee k	87	0,3507
				A cc Dw Ee k	11	0,0443
				A Cc Dw ee k	11	0,0443
				A CC Dw ee k	4	0,0161
				A cc dd Ee k	3	0,0121
				A CC dd ee k	2	0,0086
				Gesamt	10.121	40,7962
5	A cc D. Ee k	1.211	4,8813	A cc dd ee k	1.600	6,4493
				A cc D. Ee k	1.211	4,8813
				A cc D. EE k	215	0,8666
				A cc D. ee k	208	0,8384
				A cc Dw Ee k	11	0,0443
				A cc dd Ee k	3	0,0121
Gesamt	3.248	13,0920				
6	A Cc D. ee K	323	1,3019	A Cc D. ee K	323	1,3019
				A CC D. ee K	173	0,6973
				A cc dd ee K	115	0,4635
				A cc D. ee K	14	0,0564
				A Cc dd ee K	3	0,0121
				A Cc Dw ee K	1	0,0040
				Gesamt	629	2,5354

relativ in % bezieht sich auf alle möglichen Gesamtspender  
grau unterlegt sind die Kell-negativen Blutgruppen

Tabelle II: Empfänger- und Spenderblutgruppen der Blutgruppe A in der detaillierten Gegenüberstellung unter Berücksichtigung der Kompatibilität im Rh- und Kell-System (Fortsetzung)  
Gesamtanzahl der bestimmten AB0-Blutgruppen: 24 809

Rang	Blutgruppe Empfänger	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %	potentielle Spender	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %
7	A cc D. EE k	215	0,8666	A cc D. EE k	215	0,8666
				Gesamt	215	0,8666
8	A cc D. ee k	208	0,8384	A cc dd ee k	1.600	6,4493
				A cc D. ee k	208	0,8384
				Gesamt	1.808	7,2877
9	A CC D. ee K	173	0,6973	A CC D. ee K	173	0,6973
				Gesamt	173	0,6973
10	A cc dd ee K	115	0,4635	A cc dd ee K	115	0,4635
				Gesamt	115	0,4635
11	A cc D. Ee K	108	0,4353	A cc dd ee K	115	0,4635
				A cc D. Ee K	108	0,4353
				A cc D. EE K	19	0,0766
				A cc D. ee K	14	0,0564
				A cc Dw Ee K	2	0,0081
				Gesamt	258	1,0399
12	A Cc D. Ee K	107	0,4313	A Cc D. ee K	323	1,3019
				A CC D. ee K	173	0,6973
				A cc dd ee K	115	0,4635
				A cc D. Ee K	108	0,4353
				A Cc D. Ee K	107	0,4313
				A cc D. EE K	19	0,0766
				A cc D. ee K	14	0,0564
				A Cc dd ee K	3	0,0121
				A cc Dw Ee K	2	0,0081
				A Cc Dw ee K	1	0,0040
				Gesamt	865	3,4866
13	A Cc dd ee k	87	0,3507	A cc dd ee k	1.600	6,4493
				A Cc dd ee k	87	0,3507
				A CC dd ee k	2	0,0081
				Gesamt	1.689	6,8080
14	A cc D. EE K	19	0,0766	A cc D. EE K	19	0,0766
				Gesamt	19	0,0766
15	A cc D. ee K	14	0,0564	A cc dd ee K	115	0,4635
				A cc D. ee K	14	0,0564
				Gesamt	129	0,5200

relativ in % bezieht sich auf alle möglichen Gesamtspender  
grau unterlegt sind die Kell-negativen Blutgruppen

Tabelle II: Empfänger- und Spenderblutgruppen der Blutgruppe A in der detaillierten Gegenüberstellung unter Berücksichtigung der Kompatibilität im Rh- und Kell-System (Fortsetzung)  
Gesamtanzahl der bestimmten AB0-Blutgruppen: 24 809

Rang	Blutgruppe Empfänger	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %	potentielle Spender	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %
16	A Cc Dw ee k	11	0,0443	A cc dd ee k	1.600	6,4493
				A Cc dd ee k	87	0,3507
				A CC dd ee k	2	0,0081
				Gesamt	1.689	6,8080
17	A cc Dw Ee k	11	0,0443	A cc dd ee k	1.600	6,4493
				A cc dd Ee k	3	0,0121
				Gesamt	1.603	6,4614
18	A CC Dw ee k	4	0,0161	A CC dd ee k	2	0,0081
				Gesamt	2	0,0081
19	A cc dd Ee k	3	0,0121	A cc dd ee k	1.600	6,4493
				A cc dd Ee k	3	0,0121
				Gesamt	1.603	6,4614
20	A Cc dd ee K	3	0,0121	A cc dd ee K	115	0,4635
				A Cc dd ee K	3	0,0121
				Gesamt	118	0,4756
21	A cc Dw Ee K	2	0,0081	A cc dd ee K	115	0,4635
				Gesamt	115	0,4635
22	A CC dd ee k	2	0,0081	A CC dd ee k	2	0,0081
				Gesamt	2	0,0081
23	A Cc Dw ee K	1	0,0040	A cc dd ee K	115	0,4635
				A Cc dd ee K	3	0,0121
				Gesamt	118	0,4756
<b>Gesamt</b>		<b>10.986</b>	<b>44,28</b>		<b>33.820</b>	<b>136,32</b>

relativ in % bezieht sich auf alle möglichen Gesamtspender  
grau unterlegt sind die Kell-negativen Blutgruppen

Tabelle III: Empfänger- und Spenderblutgruppen der Blutgruppe B in der detaillierten Gegenüberstellung unter Berücksichtigung der Kompatibilität im Rh- und Kell-System  
Gesamtanzahl der bestimmten AB0-Blutgruppen: 24 809

Rang	Blutgruppe Empfänger	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %	potentielle Spender	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %
1	B Cc D. ee k	1.103	4,4460	B Cc D. ee k	1.103	4,4460
				B CC D. ee k	583	2,3500
				B cc dd ee k	478	1,9267
				B cc D. ee k	47	0,1894
				B Cc dd ee k	22	0,0887
				B Cc Dw ee k	6	0,0242
				B CC dd ee k	1	0,0040
				Gesamt	2.240	9,0290
2	B CC D. ee k	583	2,3500	B CC D. ee k	583	2,3500
				B CC dd ee k	1	0,0040
				Gesamt	584	2,3540
3	B cc dd ee k	478	1,9267	B cc dd ee k	478	1,9267
				Gesamt	478	1,9267
4	B Cc D. Ee k	469	1,8904	B Cc D. ee k	1.103	4,4460
				B CC D. ee k	583	2,3500
				B cc dd ee k	478	1,9267
				B Cc D. Ee k	469	1,8904
				B cc D. Ee k	401	1,6163
				B cc D. EE k	87	0,3507
				B cc D. ee k	47	0,1894
				B Cc dd ee k	22	0,0887
				B Cc Dw ee k	6	0,0242
				B cc dd Ee k	6	0,0242
				B cc Dw Ee k	4	0,0161
				B CC dd ee k	1	0,0040
				Gesamt	3.207	12,9268
5	B cc D. Ee k	401	1,6163	B cc dd ee k	478	1,9267
				B cc D. Ee k	401	1,6163
				B cc D. EE k	87	0,3507
				B cc D. ee k	47	0,1894
				B cc dd Ee k	6	0,0242
				B cc Dw Ee k	4	0,0161
Gesamt	1.023	4,1235				
6	B Cc D. ee K	90	0,3628	B Cc D. ee K	90	0,3628
				B CC D. ee K	48	0,1935
				B cc dd ee K	27	0,1088
				B cc D. ee K	6	0,0242
				B Cc dd ee K	1	0,0040
Gesamt	172	0,6933				
7	B cc D. EE k	87	0,3507	B cc D. EE k	87	0,3507
				Gesamt	87	0,3507
8	B CC D. ee K	48	0,1935	B CC D. ee K	48	0,1935
				Gesamt	48	0,1935

relativ in % bezieht sich auf alle möglichen Gesamtspender  
grau unterlegt sind die Kell-negativen Blutgruppen

Tabelle III: Empfänger- und Spenderblutgruppen der Blutgruppe B in der detaillierten Gegenüberstellung unter Berücksichtigung der Kompatibilität im Rh- und Kell-System (Fortsetzung)  
Gesamtanzahl der bestimmten AB0-Blutgruppen: 24 809

Rang	Blutgruppe Empfänger	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %	potentielle Spender	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %
9	B cc D. ee k	47	0,1894	B cc dd ee k	478	1,9267
				B cc D. ee k	47	0,1894
				Gesamt	525	2,1162
10	B cc D. Ee K	40	0,1612	B cc D. Ee K	40	0,1612
				B cc dd ee K	27	0,1088
				B cc D. ee K	6	0,0242
				B cc D. EE K	5	0,0202
				B cc Dw Ee K	1	0,0040
Gesamt	79	0,3184				
11	B Cc D. Ee K	37	0,1491	B Cc D. ee K	90	0,3628
				B CC D. ee K	48	0,1935
				B cc D. Ee K	40	0,1612
				B Cc D. Ee K	37	0,1491
				B cc dd ee K	27	0,1088
				B cc D. ee K	6	0,0242
				B cc D. EE K	5	0,0202
				B cc Dw Ee K	1	0,0040
				B Cc dd ee K	1	0,0040
Gesamt	255	1,0279				
12	B cc dd ee K	27	0,1088	B cc dd ee K	27	0,1088
				Gesamt	27	0,1088
13	B Cc dd ee k	22	0,0887	B cc dd ee k	478	1,9267
				B Cc dd ee k	22	0,0887
				B CC dd ee k	1	0,0040
				Gesamt	501	2,0194
14	B cc D. ee K	6	0,0242	B cc dd ee K	27	0,1088
				B cc D. ee K	6	0,0242
				Gesamt	33	0,1330
15	B cc dd Ee k	6	0,0241	B cc dd ee k	478	1,9267
				B cc dd Ee k	6	0,0241
				Gesamt	484	1,9508
16	B Cc Dw ee k	6	0,0242	B cc dd ee k	478	1,9267
				B Cc dd ee k	22	0,0887
				B CC dd ee k	1	0,0040
				Gesamt	501	2,0194

relativ in % bezieht sich auf alle möglichen Gesamtspender  
grau unterlegt sind die Kell-negativen Blutgruppen

Tabelle III: Empfänger- und Spenderblutgruppen der Blutgruppe B in der detaillierten Gegenüberstellung unter Berücksichtigung der Kompatibilität im Rh- und Kell-System (Fortsetzung)  
Gesamtanzahl der bestimmten AB0-Blutgruppen: 24 809

Rang	Blutgruppe Empfänger	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %	potentielle Spender	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %
17	B cc D. EE K	5	0,0202	B cc D. EE K	5	0,0202
				Gesamt	5	0,0202
18	B cc Dw Ee k	4	0,0161	B cc dd ee k	478	1,9267
				B cc dd Ee k	6	0,0242
				Gesamt	484	1,9509
19	B Cc dd ee K	1	0,0040	B cc dd ee K	27	0,1088
				B Cc dd ee K	1	0,0040
				Gesamt	28	0,1129
20	B CC dd ee k	1	0,0040	B CC dd ee k	1	0,0040
				Gesamt	1	0,0040
21	B cc Dw Ee K	1	0,0040	B cc dd ee K	27	0,1088
				Gesamt	27	0,1088
	<b>Gesamt</b>	<b>3.462</b>	<b>13,95</b>		<b>10.789</b>	<b>43,49</b>

relativ in % bezieht sich auf alle möglichen Gesamtspender  
grau unterlegt sind die Kell-negativen Blutgruppen

Tabelle IV: Empfänger- und Spenderblutgruppen der Blutgruppe 0 in der detaillierten Gegenüberstellung unter Berücksichtigung der Kompatibilität im Rh- und Kell-System  
Gesamtanzahl der bestimmten AB0-Blutgruppen: 24 809

Rang	Blutgruppe Empfänger	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %	potentielle Spender	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %
1	0 Cc D. ee k	2.911	11,7336	0 Cc D. ee k	2.911	11,7336
				0 CC D. ee k	1.498	6,0381
				0 cc dd ee k	1.343	5,4134
				0 cc D. ee k	164	0,6611
				0 Cc dd ee k	63	0,2539
				0 Cc Dw ee k	9	0,0363
				0 cc Dw ee k	1	0,0040
				Gesamt	5.989	24,1404
2	0 CC D. ee k	1.498	6,0381	0 CC D. ee k	1.498	6,0381
				Gesamt	1.498	6,0381
3	0 cc dd ee k	1.343	5,4134	0 cc dd ee k	1.343	5,4134
				Gesamt	1.343	5,4134
4	0 Cc D. Ee k	998	4,0227	0 Cc D. ee k	2.911	11,7336
				0 CC D. ee k	1.498	6,0381
				0 cc dd ee k	1.343	5,4134
				0 Cc D. Ee k	998	4,0227
				0 cc D. Ee k	944	3,8051
				0 cc D. EE k	192	0,7739
				0 cc D. ee k	164	0,6611
				0 Cc dd ee k	63	0,2539
				0 cc dd Ee k	31	0,1250
				0 Cc D. EE k	28	0,1129
				0 Cc Dw ee k	9	0,0363
				0 cc Dw Ee k	6	0,0242
				0 Cc dd Ee k	4	0,0161
				0 CC D. Ee k	1	0,0040
				0 cc Dw EE k	1	0,0040
0 cc Dw ee k	1	0,0040				
Gesamt	8.194	33,0283				
5	0 cc D. Ee k	944	3,8051	0 cc dd ee k	1.343	5,4134
				0 cc D. Ee k	944	3,8051
				0 cc D. EE k	192	0,7739
				0 cc D. ee k	164	0,6611
				0 cc dd Ee k	31	0,1250
				0 cc Dw Ee k	6	0,0242
				0 cc Dw EE k	1	0,0040
				0 cc Dw ee k	1	0,0040
Gesamt	2.682	10,8106				
6	0 Cc D. ee K	248	0,9996	0 Cc D. ee K	248	0,9996
				0 cc dd ee K	120	0,4837
				0 CC D. ee K	114	0,4595
				0 cc D. ee K	9	0,0363
				0 Cc dd ee K	4	0,0161
Gesamt	495	1,9952				

relativ in % bezieht sich auf alle möglichen Gesamtspender  
grau unterlegt sind die Kell-negativen Blutgruppen

Tabelle IV: Empfänger- und Spenderblutgruppen der Blutgruppe 0 in der detaillierten Gegenüberstellung unter Berücksichtigung der Kompatibilität im Rh- und Kell-System (Fortsetzung)  
Gesamtanzahl der bestimmten AB0-Blutgruppen: 24 809

Rang	Blutgruppe Empfänger	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %	potentielle Spender	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %
7	0 cc D. EE k	192	0,7739	0 cc D. EE k	192	0,7739
				0 cc Dw EE k	1	0,0040
				Gesamt	193	0,7779
8	0 cc D. ee k	164	0,6611	0 cc dd ee k	1.343	5,4134
				0 cc D. ee k	164	0,6611
				0 cc Dw ee k	1	0,0040
				Gesamt	1.508	6,0784
9	0 cc dd ee K	120	0,4837	0 cc dd ee K	120	0,4837
				Gesamt	120	0,4837
10	0 CC D. ee K	114	0,4595	0 CC D. ee K	114	0,4595
				Gesamt	114	0,4595
11	0 cc D. Ee K	96	0,3870	0 cc dd ee K	120	0,4837
				0 cc D. Ee K	96	0,3870
				0 cc D. EE K	17	0,0685
				0 cc D. ee K	9	0,0363
				0 cc Dw Ee K	1	0,0040
				0 cc dd Ee K	1	0,0040
				Gesamt	244	0,9835
12	0 Cc D. Ee K	94	0,3789	0 Cc D. ee K	248	0,9996
				0 cc dd ee K	120	0,4837
				0 CC D. ee K	114	0,4595
				0 cc D. Ee K	96	0,3870
				0 Cc D. Ee K	94	0,3789
				0 cc D. EE K	17	0,0685
				0 cc D. ee K	9	0,0363
				0 Cc dd ee K	4	0,0161
				0 Cc dd Ee K	2	0,0081
				0 cc Dw Ee K	1	0,0040
				0 cc dd Ee K	1	0,0040
Gesamt	706	2,8457				
13	0 Cc dd ee k	63	0,2539	0 cc dd ee k	1.343	5,4134
				0 Cc dd ee k	63	0,2539
				Gesamt	1.406	5,6673
14	0 cc dd Ee k	31	0,1250	0 cc dd ee k	1.343	5,4134
				0 cc dd Ee k	31	0,1250
				Gesamt	1.374	5,5383
15	0 Cc D. EE k	28	0,1129	0 cc D. EE k	192	0,7739
				0 Cc D. EE k	28	0,1129
				0 cc Dw EE k	1	0,0040
				Gesamt	221	0,8908

relativ in % bezieht sich auf alle möglichen Gesamtspender  
grau unterlegt sind die Kell-negativen Blutgruppen

Tabelle IV: Empfänger- und Spenderblutgruppen der Blutgruppe 0 in der detaillierten Gegenüberstellung unter Berücksichtigung der Kompatibilität im Rh- und Kell-System (Fortsetzung)  
Gesamtanzahl der bestimmten AB0-Blutgruppen: 24 809

Rang	Blutgruppe Empfänger	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %	potentielle Spender	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %
16	0 cc D. EE K	17	0,0685	0 cc D. EE K	17	0,0685
				Gesamt	17	0,0685
17	0 cc D. ee K	9	0,0363	0 cc dd ee K	120	0,4837
				0 cc D. ee K	9	0,0363
				Gesamt	129	0,5200
18	0 Cc Dw ee k	9	0,0363	0 cc dd ee k	1.343	5,4134
				0 Cc dd ee k	63	0,2539
				Gesamt	1.406	5,6673
19	0 cc Dw Ee k	6	0,0242	0 cc dd ee k	1.343	5,4134
				0 cc dd Ee k	31	0,1250
				Gesamt	1.374	5,5383
20	0 Cc dd ee K	4	0,0161	0 cc dd ee K	120	0,4837
				0 Cc dd ee K	4	0,0161
				Gesamt	124	0,4998
21	0 Cc dd Ee k	4	0,0161	0 cc dd ee k	1.343	5,4134
				0 Cc dd ee k	63	0,2539
				0 cc dd Ee k	31	0,1250
				0 Cc dd Ee k	4	0,0161
				Gesamt	1.441	5,8084
22	0 Cc dd Ee K	2	0,0081	0 cc dd ee K	120	0,4837
				0 Cc dd ee K	4	0,0161
				0 Cc dd Ee K	2	0,0081
				0 cc dd Ee K	1	0,0040
				Gesamt	127	0,5119
23	0 CC D. Ee k	1	0,0040	0 CC D. ee k	1.498	6,0381
				0 CC D. Ee k	1	0,0040
				Gesamt	1.499	6,0422
24	0 cc dd Ee K	1	0,0040	0 cc dd ee K	120	0,4837
				0 cc dd Ee K	1	0,0040
				Gesamt	121	0,4877

relativ in % bezieht sich auf alle möglichen Gesamtspender  
grau unterlegt sind die Kell-negativen Blutgruppen

Tabelle IV: Empfänger- und Spenderblutgruppen der Blutgruppe 0 in der detaillierten Gegenüberstellung unter Berücksichtigung der Kompatibilität im Rh- und Kell-System (Fortsetzung)  
Gesamtanzahl der bestimmten AB0-Blutgruppen: 24.809

Rang	Blutgruppe Empfänger	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %	potentielle Spender	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %
25	0 cc Dw ee k	1	0,0040	0 cc dd ee k	1.343	5,4134
				Gesamt	1.343	5,4134
26	0 cc Dw Ee K	1	0,0040	0 cc dd ee K	120	0,4837
				0 cc dd Ee K	1	0,0040
				Gesamt	121	0,4877
27	0 cc Dw EE k	1	0,0040	(0 cc Dw EE k)	(1)	(0,004)
				Gesamt	(1)	(0,004)
	Summe	8.900	35,88		33.982	136,97

relativ in % bezieht sich auf alle möglichen Gesamtspender

grau unterlegt sind die Kell-negativen Blutgruppen

( ) Empfänger und Spender sind identische Person

Tabelle V: Empfänger- und Spenderblutgruppen der Blutgruppe AB in der detaillierten Gegenüberstellung unter Berücksichtigung des Universalspenderschemas und der Kompatibilität im Rh- und Kell-System - Gesamtanzahl der bestimmten AB0-Blutgruppen: 24 809

Rang	Blutgruppe Empfänger	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %	potentielle Spender	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %
1	AB Cc D. ee k	480	1,9348	AB Cc D. ee k	480	1,9348
				AB CC D. ee k	231	0,9311
				AB cc dd ee k	206	0,8303
				AB cc D. ee k	22	0,0887
				AB Cc dd ee k	11	0,0443
				0 Cc D. ee k	2.911	11,7336
				0 CC D. ee k	1.498	6,0381
				0 cc dd ee k	1.343	5,4134
				0 cc D. ee k	164	0,6611
				0 Cc dd ee k	63	0,2539
				0 Cc Dw ee k	9	0,0363
				0 cc Dw ee k	1	0,0040
				A Cc D. ee k	3.527	14,2166
				A CC D. ee k	1.928	7,7714
				A cc dd ee k	1.600	6,4493
				A cc D. ee k	208	0,8384
				A Cc dd ee k	87	0,3507
				A Cc Dw ee k	11	0,0443
				A CC Dw ee k	4	0,0161
A CC dd ee k	2	0,0081				
2	AB CC D. ee k	231	0,9311	B Cc D. ee k	1.103	4,4460
				B CC D. ee k	583	2,3500
				B cc dd ee k	478	1,9267
				B cc D. ee k	47	0,1894
				B Cc dd ee k	22	0,0887
				B Cc Dw ee k	6	0,0242
				B CC dd ee k	1	0,0040
				Gesamt	16.546	66,6935
				0 CC D. ee k	1.498	6,0381
				A CC D. ee k	1.928	7,7714
				A CC Dw ee k	4	0,0161
A CC dd ee k	2	0,0081				
3	AB cc dd ee k	206	0,8303	B CC D. ee k	583	2,3500
				B CC dd ee k	1	0,0040
				Gesamt	4.247	17,1188
				0 cc dd ee k	1.343	5,4134
				A cc dd ee k	1.600	6,4493
Gesamt	206	0,8303	B cc dd ee k	478	1,9267	
			Gesamt	3.627	14,6197	

relativ in % bezieht sich auf alle möglichen Gesamtspender  
 grau unterlegt sind die Kell-negativen Blutgruppen

Tabelle V: Empfänger- und Spenderblutgruppen der Blutgruppe AB in der detaillierten Gegenüberstellung unter Berücksichtigung des Universalspenderschemas und der Kompatibilität im Rh- und Kell-System (Fortsetzung) - Gesamtanzahl der bestimmten AB0-Blutgruppen: 24 809

Rang	Blutgruppe Empfänger	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %	potentielle Spender	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %
4	AB cc D. Ee k	187	0,7538	AB cc dd ee k	206	0,8303
				AB cc D. Ee k	187	0,7538
				AB cc D. EE k	22	0,0887
				AB cc D. ee k	22	0,0887
				AB cc dd Ee k	3	0,0121
				0 cc dd ee k	1.343	5,4134
				0 cc D. Ee k	944	3,8051
				0 cc D. EE k	192	0,7739
				0 cc D. ee k	164	0,6611
				0 cc dd Ee k	31	0,1250
				0 cc Dw Ee k	6	0,0242
				0 cc Dw EE k	1	0,0040
				0 cc Dw ee k	1	0,0040
				A cc dd ee k	1.600	6,4493
				A cc D. Ee k	1.211	4,8813
				A cc D. EE k	215	0,8666
				A cc D. ee k	208	0,8384
				A cc Dw Ee k	11	0,0443
				A cc dd Ee k	3	0,0121
				B cc dd ee k	478	1,9267
				B cc D. Ee k	401	1,6163
				B cc D. EE k	87	0,3507
				B cc D. ee k	47	0,1894
				B cc dd Ee k	6	0,0242
				B cc Dw Ee k	4	0,0161
				Gesamt	7.393	29,7997

relativ in % bezieht sich auf alle möglichen Gesamtspender  
 grau unterlegt sind die Kell-negativen Blutgruppen

Tabelle V: Empfänger- und Spenderblutgruppen der Blutgruppe AB in der detaillierten Gegenüberstellung unter Berücksichtigung des Universalspenderschemas und der Kompatibilität im Rh- und Kell-System (Fortsetzung) - Gesamtanzahl der bestimmten AB0-Blutgruppen: 24 809

Rang	Blutgruppe Empfänger	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %	potentielle Spender	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %
5	AB Cc D. Ee k	174	0,7014	AB Cc D. ee k	480	1,9348
				AB CC D. ee k	231	0,9311
				AB cc dd ee k	206	0,8303
				AB cc D. Ee k	187	0,7538
				AB Cc D. Ee k	174	0,7014
				AB cc D. EE k	22	0,0887
				AB cc D. ee k	22	0,0887
				AB Cc dd ee k	11	0,0443
				AB cc dd Ee k	3	0,0121
				AB CC D. Ee k	1	0,0040
				0 Cc D. ee k	2.911	11,7336
				0 CC D. ee k	1.498	6,0381
				0 cc dd ee k	1.343	5,4134
				0 Cc D. Ee k	998	4,0227
				0 cc D. Ee k	944	3,8051
				0 cc D. EE k	192	0,7739
				0 cc D. ee k	164	0,6611
				0 Cc dd ee k	63	0,2539
				0 cc dd Ee k	31	0,1250
				0 Cc D. EE k	28	0,1129
				0 Cc Dw ee k	9	0,0363
				0 cc Dw Ee k	6	0,0242
				0 Cc dd Ee k	4	0,0161
				0 CC D. Ee k	1	0,0040
				0 cc Dw EE k	1	0,0040
				0 cc Dw ee k	1	0,0040
				A Cc D. ee k	3.527	14,2166
				A CC D. ee k	1.928	7,7714
				A cc dd ee k	1.600	6,4493
				A Cc D. Ee k	1.314	5,2965
				A cc D. Ee k	1.211	4,8813
				A cc D. EE k	215	0,8666
				A cc D. ee k	208	0,8384
				A Cc dd ee k	87	0,3507
				A cc Dw Ee k	11	0,0443
				A Cc Dw ee k	11	0,0443
				A CC Dw ee k	4	0,0161
				A cc dd Ee k	3	0,0121
				A CC dd ee k	2	0,0081
				B Cc D. ee k	1.103	4,4460
				B CC D. ee k	583	2,3500
				B cc dd ee k	478	1,9267
				B Cc D. Ee k	469	1,8904
				B cc D. Ee k	401	1,6163
				B cc D. EE k	87	0,3507
				B cc D. ee k	47	0,1894
				B Cc dd ee k	22	0,0887
				B Cc Dw ee k	6	0,0242
				B cc dd Ee k	6	0,0242
				B cc Dw Ee k	4	0,0161
				B CC dd ee k	1	0,0040
				Gesamt	22.859	92,1399

relativ in % bezieht sich auf alle möglichen Gesamtspender  
 grau unterlegt sind die Kell-negativen Blutgruppen

Tabelle V: Empfänger- und Spenderblutgruppen der Blutgruppe AB in der detaillierten Gegenüberstellung unter Berücksichtigung des Universalspenderschemas und der Kompatibilität im Rh- und Kell-System (Fortsetzung) - Gesamtanzahl der bestimmten AB0-Blutgruppen: 24 809

Rang	Blutgruppe Empfänger	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %	potentielle Spender	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %				
6	AB Cc D. ee K	63	0,2539	AB Cc D. ee K	63	0,2539				
				AB CC D. ee K	13	0,0524				
				AB cc dd ee K	12	0,0484				
				AB cc D. ee K	2	0,0081				
				0 Cc D. ee K	248	0,9996				
				0 cc dd ee K	120	0,4837				
				0 CC D. ee K	114	0,4595				
				0 cc D. ee K	9	0,0363				
				0 Cc dd ee K	4	0,0161				
				A Cc D. ee K	323	1,3019				
				A CC D. ee K	173	0,6973				
				A cc dd ee K	115	0,4635				
				A cc D. ee K	14	0,0564				
				A Cc dd ee K	3	0,0121				
				A Cc Dw ee K	1	0,0040				
				B Cc D. ee K	90	0,3628				
				B CC D. ee K	48	0,1935				
				B cc dd ee K	27	0,1088				
				B cc D. ee K	6	0,0242				
				B Cc dd ee K	1	0,0040				
	Gesamt	1.386	5,5867							
7	AB cc D. ee k	22	0,0887	AB cc dd ee k	206	0,8303				
				AB cc D. ee k	22	0,0887				
				0 cc dd ee k	1.343	5,4134				
				0 cc D. ee k	164	0,6611				
				0 cc Dw ee k	1	0,0040				
				A cc dd ee k	1.600	6,4493				
				A cc D. ee k	208	0,8384				
				B cc dd ee k	478	1,9267				
				B cc D. ee k	47	0,1894				
					Gesamt	4.069	16,4013			

relativ in % bezieht sich auf alle möglichen Gesamtspender  
 grau unterlegt sind die Kell-negativen Blutgruppen

Tabelle V: Empfänger- und Spenderblutgruppen der Blutgruppe AB in der detaillierten Gegenüberstellung unter Berücksichtigung des Universalspenderschemas und der Kompatibilität im Rh- und Kell-System (Fortsetzung) - Gesamtanzahl der bestimmten AB0-Blutgruppen: 24 809

Rang	Blutgruppe Empfänger	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %	potentielle Spender	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %				
8	AB cc D. Ee K	22	0,0887	AB cc D. Ee K	22	0,0887				
				AB cc dd ee K	12	0,0484				
				AB cc D. ee K	2	0,0081				
				AB cc D. EE K	1	0,0040				
				0 cc dd ee K	120	0,4837				
				0 cc D. Ee K	96	0,3870				
				0 cc D. Ee K	17	0,0680				
				0 cc D. ee K	9	0,0363				
				0 cc Dw Ee K	1	0,0040				
				0 cc dd Ee K	1	0,0040				
				A cc dd ee K	115	0,4635				
				A cc D. Ee K	108	0,4353				
				A cc D. EE K	19	0,0766				
				A cc D. ee K	14	0,0564				
				A cc Dw Ee K	2	0,0081				
				9	AB cc D. EE k	22	0,0887	B cc D. Ee K	40	0,1612
								B cc dd ee K	27	0,1088
B cc D. ee K	6	0,0242								
B cc D. EE K	5	0,0202								
B cc Dw Ee K	1	0,0040								
				Gesamt	618	2,4905				
9	AB cc D. EE k	22	0,0887	AB cc D. EE k	22	0,0887				
				0 cc D. EE k	192	0,7739				
				0 cc Dw EE k	1	0,0040				
				A cc D. EE k	215	0,8666				
				B cc D. EE k	87	0,3507				
						Gesamt	517	2,0839		
10	AB CC D. ee K	13	0,0524	AB CC D. ee K	13	0,0524				
				0 CC D. ee K	114	0,4595				
				A CC D. ee K	173	0,6973				
				B CC D. ee K	48	0,1935				
						Gesamt	348	1,4027		
11	AB cc dd ee K	12	0,0484	AB cc dd ee K	12	0,0484				
				0 cc dd ee K	120	0,4837				
				A cc dd ee K	115	0,4635				
				B cc dd ee K	27	0,1088				
						Gesamt	274	1,1044		

relativ in % bezieht sich auf alle möglichen Gesamtspender  
 grau unterlegt sind die Kell-negativen Blutgruppen

Tabelle V: Empfänger- und Spenderblutgruppen der Blutgruppe AB in der detaillierten Gegenüberstellung unter Berücksichtigung des Universalspenderschemas und der Kompatibilität im Rh- und Kell-System (Fortsetzung) - Gesamtanzahl der bestimmten AB0-Blutgruppen: 24 809

Rang	Blutgruppe Empfänger	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %	potentielle Spender	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %
12	AB Cc D. Ee K	11	0,0443	AB Cc D. ee K	63	0,2539
				AB cc D. Ee K	22	0,0887
				AB CC D. ee K	13	0,0524
				AB cc dd ee K	12	0,0484
				AB Cc D. Ee K	11	0,0443
				AB cc D. ee K	2	0,0081
				AB cc D. EE K	1	0,0040
				0 Cc D. ee K	248	0,9996
				0 cc dd ee K	120	0,4837
				0 CC D. ee K	114	0,4595
				0 cc D. Ee K	96	0,3870
				0 Cc D. Ee K	94	0,3789
				0 cc D. EE K	17	0,0685
				0 cc D. ee K	9	0,0363
				0 Cc dd ee K	4	0,0161
				0 Cc dd Ee K	2	0,0081
				0 cc Dw Ee K	1	0,0040
				0 cc dd Ee K	1	0,0040
				A Cc D. ee K	323	1,3019
				A CC D. ee K	173	0,6973
				A cc dd ee K	115	0,4635
				A cc D. Ee K	108	0,4353
				A Cc D. Ee K	107	0,4313
				A cc D. EE K	19	0,0766
				A cc D. ee K	14	0,0564
				A Cc dd ee K	3	0,0121
				A cc Dw Ee K	2	0,0081
				A Cc Dw ee K	1	0,0040
				B Cc D. ee K	90	0,3628
				B CC D. ee K	48	0,1935
				B cc D. Ee K	40	0,1612
				B Cc D. Ee K	37	0,1491
				B cc dd ee K	27	0,1088
				B cc D. ee K	6	0,0242
				B cc D. EE K	5	0,0202
				B cc Dw Ee K	1	0,0040
				B Cc dd ee K	1	0,0040
				<b>Gesamt</b>	<b>1.950</b>	<b>7,8601</b>

relativ in % bezieht sich auf alle möglichen Gesamtspender  
 grau unterlegt sind die Kell-negativen Blutgruppen

Tabelle V: Empfänger- und Spenderblutgruppen der Blutgruppe AB in der detaillierten Gegenüberstellung unter Berücksichtigung des Universalspenderschemas und der Kompatibilität im Rh- und Kell-System (Fortsetzung) - Gesamtanzahl der bestimmten AB0-Blutgruppen: 24 809

Rang	Blutgruppe Empfänger	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %	potentielle Spender	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %				
13	AB Cc dd ee k	11	0,0443	AB cc dd ee k	206	0,8303				
				AB Cc dd ee k	11	0,0443				
				0 cc dd ee k	1.343	5,4134				
				0 Cc dd ee k	63	0,2539				
				A cc dd ee k	1.600	6,4493				
				A Cc dd ee k	87	0,3507				
				A CC dd ee k	2	0,0081				
				B cc dd ee k	478	1,9267				
				B Cc dd ee k	22	0,0887				
				B CC dd ee k	1	0,0040				
				Gesamt	3.813	15,3694				
				14	AB cc dd Ee k	3	0,0121	AB cc dd ee k	206	0,8303
								AB cc dd Ee k	3	0,0121
0 cc dd ee k	1.343	5,4134								
0 cc dd Ee k	31	0,1250								
A cc dd ee k	1.600	6,4493								
A cc dd Ee k	3	0,0121								
B cc dd ee k	478	1,9267								
B cc dd Ee k	6	0,0242								
Gesamt	3.670	14,7930								
15	AB cc D. ee K	2	0,0081					AB cc dd ee K	12	0,0484
								AB cc D. ee K	2	0,0081
								0 cc dd ee K	120	0,4837
								0 cc D. ee K	9	0,0363
				A cc dd ee K	115	0,4635				
				A cc D. ee K	14	0,0564				
				B cc dd ee K	27	0,1088				
				B cc D. ee K	6	0,0242				
				Gesamt	305	1,2294				
				16	AB cc D. EE K	1	0,0040	AB cc D. EE K	1	0,0040
0 cc D. EE K	17	0,0685								
A cc D. EE K	19	0,0766								
B cc D. EE K	5	0,0202								
Gesamt	42	0,1693								

relativ in % bezieht sich auf alle möglichen Gesamtspender  
 grau unterlegt sind die Kell-negativen Blutgruppen

Tabelle V: Empfänger- und Spenderblutgruppen der Blutgruppe AB in der detaillierten Gegenüberstellung unter Berücksichtigung des Universalspenderschemas und der Kompatibilität im Rh- und Kell-System (Fortsetzung) - Gesamtanzahl der bestimmten AB0-Blutgruppen: 24 809

Rang	Blutgruppe Empfänger	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %	potentielle Spender	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %
17	AB CC D. Ee k	1	0,0040	AB CC D. ee k	231	0,9311
				AB CC D. Ee k	1	0,0040
				0 CC D. ee k	1.498	6,0381
				0 CC D. Ee k	1	0,0040
				A CC D. ee k	1.928	7,7714
				A CC Dw ee k	4	0,0161
				A CC dd ee k	2	0,0081
				B CC D. ee k	583	2,3500
				B CC dd ee k	1	0,0040
				<b>Gesamt</b>	<b>4.249</b>	<b>17,1268</b>
	<b>Summe</b>	<b>1.461</b>	<b>5,89</b>		<b>57.913</b>	<b>305,99</b>

relativ in % bezieht sich auf alle möglichen Gesamtspende  
 grau unterlegt sind die Kell-negativen Blutgruppen

Tabelle VI: Empfänger- und Spenderblutgruppen der Blutgruppe A in der detaillierten Gegenüberstellung unter Berücksichtigung des Universalspenderschemas und der Kompatibilität im Rh- und Kell-System - Gesamtanzahl der bestimmten AB0-Blutgruppen: 24 809

Rang	Blutgruppe Empfänger	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %	potentielle Spender	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %
1	A Cc D. ee k	3.527	14,2166	A Cc D. ee k	3.527	14,2166
				A CC D. ee k	1.928	7,7714
				A cc dd ee k	1.600	6,4493
				A cc D. ee k	208	0,8384
				A Cc dd ee k	87	0,3507
				A Cc Dw ee k	11	0,0443
				A CC Dw ee k	4	0,0161
				A CC dd ee k	2	0,0081
				0 Cc D. ee k	2.911	11,7336
				0 CC D. ee k	1.498	6,0381
				0 cc dd ee k	1.343	5,4134
				0 cc D. ee k	164	0,6611
				0 Cc dd ee k	63	0,2539
				0 Cc Dw ee k	9	0,0363
				0 cc Dw ee k	1	0,0040
			Gesamt	13.356	53,8353	
2	A CC D. ee k	1.928	7,7714	A CC D. ee k	1.928	7,7714
				A CC Dw ee k	4	0,0161
				A CC dd ee k	2	0,0081
				0 CC D. ee k	1.498	6,0381
			Gesamt	3.432	13,8337	
3	A cc dd ee k	1.600	6,4493	A cc dd ee k	1.600	6,4493
				0 cc dd ee k	1.343	5,4134
			Gesamt	2.943	11,8626	

relativ in % bezieht sich auf alle möglichen Gesamtspender  
grau unterlegt sind die Kell-negativen Blutgruppen

Tabelle VI: Empfänger- und Spenderblutgruppen der Blutgruppe A in der detaillierten Gegenüberstellung unter Berücksichtigung des Universalspenderschemas und der Kompatibilität im Rh- und Kell-System (Fortsetzung) - Gesamtanzahl der bestimmten AB0-Blutgruppen: 24 809

Rang	Blutgruppe Empfänger	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %	potentielle Spender	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %				
4	A Cc D. Ee k	1.314	5,2965	A Cc D. ee k	3.527	14,2166				
				A CC D. ee k	1.928	7,7714				
				A cc dd ee k	1.600	6,4493				
				A Cc D. Ee k	1.314	5,2965				
				A cc D. Ee k	1.211	4,8813				
				A cc D. EE k	215	0,8666				
				A cc D. ee k	208	0,8384				
				A Cc dd ee k	87	0,3507				
				A cc Dw Ee k	11	0,0443				
				A Cc Dw ee k	11	0,0443				
				A CC Dw ee k	4	0,0161				
				A cc dd Ee k	3	0,0121				
				A CC dd ee k	2	0,0086				
								0 Cc D. ee k	2.911	11,7336
								0 CC D. ee k	1.498	6,0381
								0 cc dd ee k	1.343	5,4134
								0 Cc D. Ee k	998	4,0227
								0 cc D. Ee k	944	3,8051
								0 cc D. EE k	192	0,7739
				0 cc D. ee k	164	0,6611				
				0 Cc dd ee k	63	0,2539				
				0 cc dd Ee k	31	0,1250				
				0 Cc D. EE k	28	0,1129				
				0 Cc Dw ee k	9	0,0363				
				0 cc Dw Ee k	6	0,0242				
				0 Cc dd Ee k	4	0,0161				
				0 CC D. Ee k	1	0,0040				
				0 cc Dw EE k	1	0,0040				
				0 cc Dw ee k	1	0,0040				
				Gesamt	18.315	73,8246				
5	A cc D. Ee k	1.211	4,8813	A cc dd ee k	1.600	6,4493				
				A cc D. Ee k	1.211	4,8813				
				A cc D. EE k	215	0,8666				
				A cc D. ee k	208	0,8384				
				A cc Dw Ee k	11	0,0443				
				A cc dd Ee k	3	0,0121				
								0 cc dd ee k	1.343	5,4134
								0 cc D. Ee k	944	3,8051
								0 cc D. EE k	192	0,7739
								0 cc D. ee k	164	0,6611
								0 cc dd Ee k	31	0,1250
								0 cc Dw Ee k	6	0,0242
								0 cc Dw EE k	1	0,0040
								0 cc Dw ee k	1	0,0040
				Gesamt	5.930	23,9026				

relativ in % bezieht sich auf alle möglichen Gesamtspender  
 grau unterlegt sind die Kell-negativen Blutgruppen

Tabelle VI: Empfänger- und Spenderblutgruppen der Blutgruppe A in der detaillierten Gegenüberstellung unter Berücksichtigung des Universalspenderschemas und der Kompatibilität im Rh- und Kell-System (Fortsetzung) - Gesamtanzahl der bestimmten AB0-Blutgruppen: 24 809

Rang	Blutgruppe Empfänger	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %	potentielle Spender	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %
6	A Cc D. ee K	323	1,3019	A Cc D. ee K	323	1,3019
				A CC D. ee K	173	0,6973
				A cc dd ee K	115	0,4635
				A cc D. ee K	14	0,0564
				A Cc dd ee K	3	0,0121
				A Cc Dw ee K	1	0,0040
				0 Cc D. ee K	248	0,9996
				0 cc dd ee K	120	0,4837
				0 CC D. ee K	114	0,4595
				0 cc D. ee K	9	0,0363
				0 Cc dd ee K	4	0,0161
					Gesamt	1.124
7	A cc D. EE k	215	0,8666	A cc D. EE k	215	0,8666
				0 cc D. EE k	192	0,7739
				0 cc Dw EE k	1	0,0040
	Gesamt	408	1,6446			
8	A cc D. ee k	208	0,8384	A cc dd ee k	1.600	6,4493
				A cc D. ee k	208	0,8384
				0 cc dd ee k	1.343	5,4134
				0 cc D. ee k	164	0,6611
				0 cc Dw ee k	1	0,0040
	Gesamt	3.316	13,3661			
9	A CC D. ee K	173	0,6973	A CC D. ee K	173	0,6973
				0 CC D. ee K	114	0,4595
	Gesamt	287	1,1568			
10	A cc dd ee K	115	0,4635	A cc dd ee K	115	0,4635
				0 cc dd ee K	120	0,4837
	Gesamt	235	0,9472			
11	A cc D. Ee K	108	0,4353	A cc dd ee K	115	0,4635
				A cc D. Ee K	108	0,4353
				A cc D. EE K	19	0,0766
				A cc D. ee K	14	0,0564
				A cc Dw Ee K	2	0,0081
				0 cc dd ee K	120	0,4837
				0 cc D. Ee K	96	0,3870
				0 cc D. EE K	17	0,0680
				0 cc D. ee K	9	0,0363
0 cc Dw Ee K	1	0,0040				
0 cc dd Ee K	1	0,0040				
	Gesamt	502	2,0229			

relativ in % bezieht sich auf alle möglichen Gesamtspender  
 grau unterlegt sind die Kell-negativen Blutgruppen

Tabelle VI: Empfänger- und Spenderblutgruppen der Blutgruppe A in der detaillierten Gegenüberstellung unter Berücksichtigung des Universalspenderschemas und der Kompatibilität im Rh- und Kell-System (Fortsetzung) - Gesamtanzahl der bestimmten AB0-Blutgruppen: 24 809

Rang	Blutgruppe Empfänger	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %	potentielle Spender	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %
12	A Cc D. Ee K	107	0,4313	A Cc D. ee K	323	1,3019
				A CC D. ee K	173	0,6973
				A cc dd ee K	115	0,4635
				A cc D. Ee K	108	0,4353
				A Cc D. Ee K	107	0,4313
				A cc D. EE K	19	0,0766
				A cc D. ee K	14	0,0564
				A Cc dd ee K	3	0,0121
				A cc Dw Ee K	2	0,0081
				A Cc Dw ee K	1	0,0040
				0 Cc D. ee K	248	0,9996
				0 cc dd ee K	120	0,4837
				0 CC D. ee K	114	0,4595
				0 cc D. Ee K	96	0,3870
				0 Cc D. Ee K	94	0,3789
				0 cc D. EE K	17	0,0685
				0 cc D. ee K	9	0,0363
				0 Cc dd ee K	4	0,0161
				0 Cc dd Ee K	2	0,0081
				0 cc Dw Ee K	1	0,0040
				0 cc dd Ee K	1	0,0040
				Gesamt	1.571	6,3324
13	A Cc dd ee k	87	0,3507	A cc dd ee k	1.600	6,4493
				A Cc dd ee k	87	0,3507
				A CC dd ee k	2	0,0081
				0 cc dd ee k	1.343	5,4134
				0 Cc dd ee k	63	0,2539
				Gesamt	3.095	12,4753
14	A cc D. EE K	19	0,0766	A cc D. EE K	19	0,0766
				0 cc D. EE K	17	0,0685
				Gesamt	36	0,1451
15	A cc D. ee K	14	0,0564	A cc dd ee K	115	0,4635
				A cc D. ee K	14	0,0564
				0 cc dd ee K	120	0,4837
				0 cc D. ee K	9	0,0363
				Gesamt	258	1,0399

relativ in % bezieht sich auf alle möglichen Gesamtspender  
 grau unterlegt sind die Kell-negativen Blutgruppen

Tabelle VI: Empfänger- und Spenderblutgruppen der Blutgruppe A in der detaillierten Gegenüberstellung unter Berücksichtigung des Universalspenderschemas und der Kompatibilität im Rh- und Kell-System (Fortsetzung) - Gesamtanzahl der bestimmten AB0-Blutgruppen: 24 809

Rang	Blutgruppe Empfänger	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %	potentielle Spender	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %
16	A Cc Dw ee k	11	0,0443	A cc dd ee k	1.600	6,4493
				A Cc dd ee k	87	0,3507
				A CC dd ee k	2	0,0081
				0 cc dd ee k	1.343	5,4134
				0 Cc dd ee k	63	0,2539
				Gesamt	3.095	12,4753
17	A cc Dw Ee k	11	0,0443	A cc dd ee k	1.600	6,4493
				A cc dd Ee k	3	0,0121
				0 cc dd ee k	1.343	5,4134
				0 cc dd Ee k	31	0,1250
				Gesamt	2.977	11,9997
18	A CC Dw ee k	4	0,0161	A CC dd ee k	2	0,0081
				Gesamt	2	0,0081
19	A cc dd Ee k	3	0,0121	A cc dd ee k	1.600	6,4493
				A cc dd Ee k	3	0,0121
				0 cc dd ee k	1.343	5,4134
				0 cc dd Ee k	31	0,1250
				Gesamt	2.977	11,9997
20	A Cc dd ee K	3	0,0121	A cc dd eeK	115	0,4635
				A Cc dd eeK	3	0,0121
				0 cc dd ee K	120	0,4837
				0 Cc dd ee K	4	0,0161
				Gesamt	242	0,9755
21	A cc Dw Ee K	2	0,0081	A cc dd ee K	115	0,4635
				0 cc dd ee K	120	0,4837
				0 cc dd Ee K	1	0,0040
				Gesamt	236	0,9513
22	A CC dd ee k	2	0,0081	A CC dd ee k	2	0,0081
				Gesamt	2	0,0081
23	A Cc Dw ee K	1	0,0040	A cc dd ee K	115	0,4635
				A Cc dd ee K	3	0,0121
				0 cc dd ee K	120	0,4837
				0 Cc dd ee K	4	0,0161
				Gesamt	242	0,9755
Summe		10.986	44,28		66.079	266,35

relativ in % bezieht sich auf alle möglichen Gesamtspender  
 grau unterlegt sind die Kell-negativen Blutgruppen

Tabelle VII: Empfänger- und Spenderblutgruppen der Blutgruppe B in der detaillierten Gegenüberstellung unter Berücksichtigung des Universalspenderschemas und der Kompatibilität im Rh- und Kell-System - Gesamtanzahl der bestimmten AB0-Blutgruppen: 24 809

Rang	Blutgruppe Empfänger	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %	potentielle Spender	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %
1	B Cc D. ee k	1.103	4,4460	B Cc D. ee k	1.103	4,4460
				B CC D. ee k	583	2,3500
				B cc dd ee k	478	1,9267
				B cc D. ee k	47	0,1894
				B Cc dd ee k	22	0,0887
				B Cc Dw ee k	6	0,0242
				B CC dd ee k	1	0,0040
				0 Cc D. ee k	2.911	11,7336
				0 CC D. ee k	1.498	6,0381
				0 cc dd ee k	1.343	5,4134
				0 cc D. ee k	164	0,6611
				0 Cc dd ee k	63	0,2539
				0 Cc Dw ee k	9	0,0363
				0 cc Dw ee k	1	0,0040
				Gesamt	8.229	33,1694
2	B CC D. ee k	583	2,3500	B CC D. ee k	583	2,3500
				B CC dd ee k	1	0,0040
				0 CC D. ee k	1.498	6,0381
				Gesamt	2.082	8,3921
3	B cc dd ee k	478	1,9267	B cc dd ee k	478	1,9267
				0 cc dd ee k	1.343	5,4134
				Gesamt	1.821	7,3401

relativ in % bezieht sich auf alle möglichen Gesamtspender  
 grau unterlegt sind die Kell-negativen Blutgruppen

Tabelle VII: Empfänger- und Spenderblutgruppen der Blutgruppe B in der detaillierten Gegenüberstellung unter Berücksichtigung des Universalspenderschemas und der Kompatibilität im Rh- und Kell-System (Fortsetzung) - Gesamtanzahl der bestimmten AB0-Blutgruppen: 24 809

Rang	Blutgruppe Empfänger	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %	potentielle Spender	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %
4	B Cc D. Ee k	469	1,8904	B Cc D. ee k	1.103	4,4460
				B CC D. ee k	583	2,3500
				B cc dd ee k	478	1,9267
				B Cc D. Ee k	469	1,8904
				B cc D. EE k	401	1,6163
				B cc D. EE k	87	0,3507
				B cc D. ee k	47	0,1894
				B Cc dd ee k	22	0,0887
				B Cc Dw ee k	6	0,0242
				B cc dd Ee k	6	0,0242
				B cc Dw Ee k	4	0,0161
				B CC dd ee k	1	0,0040
				0 Cc D. ee k	2.911	11,7336
				0 CC D. ee k	1.498	6,0381
				0 cc dd ee k	1.343	5,4134
				0 Cc D. Ee k	998	4,0227
				0 cc D. Ee k	944	3,8051
				0 cc D. EE k	192	0,7739
				0 cc D. ee k	164	0,6611
				0 Cc dd ee k	63	0,2539
				0 cc dd Ee k	31	0,1250
				0 Cc D. EE k	28	0,1129
				0 Cc Dw ee k	9	0,0364
				0 cc Dw Ee k	6	0,0242
				0 Cc dd Ee k	4	0,0161
				0 CC D. Ee k	1	0,0040
				0 cc Dw EE k	1	0,0040
				0 cc Dw ee k	1	0,0040
				Gesamt	11.401	45,9552
5	B cc D. Ee k	401	1,6163	B cc dd ee k	478	1,9267
				B cc D. Ee k	401	1,6163
				B cc D. EE k	87	0,3507
				B cc D. ee k	47	0,1894
				B cc dd Ee k	6	0,0242
				B cc Dw Ee k	4	0,0161
				0 cc dd ee k	1.343	5,4134
				0 cc D. Ee k	944	3,8051
				0 cc D. EE k	192	0,7739
				0 cc D. ee k	164	0,6611
				0 cc dd Ee k	31	0,1250
				0 cc Dw Ee k	6	0,0242
				0 cc Dw EE k	1	0,0040
				0 cc Dw ee k	1	0,0040
				Gesamt	3.705	14,9341

relativ in % bezieht sich auf alle möglichen Gesamtspender  
 grau unterlegt sind die Kell-negativen Blutgruppen

Tabelle VII: Empfänger- und Spenderblutgruppen der Blutgruppe B in der detaillierten Gegenüberstellung unter Berücksichtigung des Universalspenderschemas und der Kompatibilität im Rh- und Kell-System (Fortsetzung) - Gesamtanzahl der bestimmten AB0-Blutgruppen: 24 809

Rang	Blutgruppe Empfänger	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %	potentielle Spender	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %		
6	B Cc D. ee K	90	0,3628	B Cc D. ee K	90	0,3628		
				B CC D. ee K	48	0,1935		
				B cc dd ee K	27	0,1088		
				B cc D. ee K	6	0,0242		
				B Cc dd ee K	1	0,0040		
				0 Cc D. ee K	248	0,9996		
				0 cc dd ee K	120	0,4837		
				0 CC D. ee K	114	0,4595		
				0 cc D. ee K	9	0,0363		
				0 Cc dd ee K	4	0,0161		
				Gesamt	667	2,6885		
7	B cc D. EE k	87	0,3507	B cc D. EE k	87	0,3507		
				0 cc D. EE k	192	0,7739		
				0 cc Dw EE k	1	0,0040		
				Gesamt	280	1,1286		
8	B CC D. ee K	48	0,1935	B CC D. ee K	48	0,1935		
				0 CC D. ee K	114	0,4595		
				Gesamt	162	0,6530		
9	B cc D. ee k	47	0,1894	B cc dd ee k	478	1,9267		
				B cc D. ee k	47	0,1894		
				0 cc dd ee k	1.343	5,4134		
				0 cc D. ee k	164	0,6611		
				0 cc Dw ee k	1	0,0040		
				Gesamt	2.033	8,1946		
10	B cc D. Ee K	40	0,1612	B cc D. Ee K	40	0,1612		
				B cc dd ee K	27	0,1088		
				B cc D. ee K	6	0,0242		
				B cc D. EE K	5	0,0202		
				B cc Dw Ee K	1	0,0040		
				0 cc dd ee K	120	0,4837		
				0 cc D. Ee K	96	0,3870		
				0 cc D. EE K	17	0,0680		
				0 cc D. ee K	9	0,0363		
				0 cc Dw Ee K	1	0,0040		
0 cc dd Ee K	1	0,0040						
				Gesamt	323	1,3014		

relativ in % bezieht sich auf alle möglichen Gesamtspender  
 grau unterlegt sind die Kell-negativen Blutgruppen

Tabelle VII: Empfänger- und Spenderblutgruppen der Blutgruppe B in der detaillierten Gegenüberstellung unter Berücksichtigung des Universalspenderschemas und der Kompatibilität im Rh- und Kell-System (Fortsetzung) - Gesamtanzahl der bestimmten AB0-Blutgruppen: 24 809

Rang	Blutgruppe Empfänger	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %	potentielle Spender	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %
11	B Cc D. Ee K	37	0,1491	B Cc D. ee K	90	0,3628
				B CC D. ee K	48	0,1935
				B cc D. Ee K	40	0,1612
				B Cc D. Ee K	37	0,1491
				B cc dd ee K	27	0,1088
				B cc D. ee K	6	0,0242
				B cc D. EE K	5	0,0202
				B cc Dw Ee K	1	0,0040
				B Cc dd ee K	1	0,0040
				0 Cc D. ee K	248	0,9996
				0 cc dd ee K	120	0,4837
				0 CC D. ee K	114	0,4595
				0 cc D. Ee K	96	0,3870
				0 Cc D. Ee K	94	0,3789
				0 cc D. EE K	17	0,0685
				0 cc D. ee K	9	0,0363
				0 Cc dd ee K	4	0,0161
				0 Cc dd Ee K	2	0,0081
0 cc Dw Ee K	1	0,0040				
0 cc dd Ee K	1	0,0040				
	Gesamt	961	3,8736			
12	B cc dd ee K	27	0,1088	B cc dd ee K	27	0,1088
				0 cc dd ee K	120	0,4837
				Gesamt	147	0,5925
13	B Cc dd ee k	22	0,0887	B cc dd ee k	478	1,9267
				B Cc dd ee k	22	0,0887
				B CC dd ee k	1	0,0040
				0 cc dd ee k	1.343	5,4134
				0 Cc dd ee k	63	0,2539
				Gesamt	1.907	7,6867
14	B cc D. ee K	6	0,0242	B cc dd ee K	27	0,1088
				B cc D. ee K	6	0,0242
				0 cc dd ee K	120	0,4837
				0 cc D. ee K	9	0,0363
				Gesamt	162	0,6530
15	B cc dd Ee k	6	0,0241	B cc dd ee k	478	1,9267
				B cc dd Ee k	6	0,0241
				0 cc dd ee k	1.343	5,4134
				0 cc dd Ee k	31	0,1250
				Gesamt	1.858	7,4892

relativ in % bezieht sich auf alle möglichen Gesamtspender  
 grau unterlegt sind die Kell-negativen Blutgruppen

Tabelle VII: Empfänger- und Spenderblutgruppen der Blutgruppe B in der detaillierten Gegenüberstellung unter Berücksichtigung des Universalspenderschemas und der Kompatibilität im Rh- und Kell-System (Fortsetzung) - Gesamtanzahl der bestimmten AB0-Blutgruppen: 24 809

Rang	Blutgruppe Empfänger	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %	potentielle Spender	Anzahl absolut	Anzahl relativ in %
16	B Cc Dw ee k	6	0,0242	B cc dd ee k	478	1,9267
				B Cc dd ee k	22	0,0887
				B cc dd ee k	1	0,004
				0 cc dd ee k	1.343	5,4134
				0 Cc dd ee k	63	0,2539
				Gesamt	1.907	7,6867
17	B cc D. EE K	5	0,0202	B cc D. EE K	5	0,0202
				0 cc D. EE K	17	0,0685
				Gesamt	22	0,0887
18	B cc Dw Ee k	4	0,0161	B cc dd ee k	478	1,9267
				B cc dd Ee k	6	0,0242
				0 cc dd ee k	1.343	5,4134
				0 cc dd Ee k	31	0,1250
				Gesamt	1.858	7,4892
19	B Cc dd ee K	1	0,0040	B cc dd ee K	27	0,1088
				B Cc dd ee K	1	0,0040
				0 cc dd ee K	120	0,4837
				0 Cc dd ee K	4	0,0161
				Gesamt	152	0,6127
20	B CC dd ee k	1	0,0040	B CC dd ee k	1	0,0040
				Gesamt	1	0,0040
21	B cc Dw Ee K	1	0,0040	B cc dd ee K	27	0,1088
				0 cc dd ee K	120	0,4837
				0 cc dd Ee K	1	0,0040
				Gesamt	148	0,5966
	Summe	3.462	13,95		39.826	160,53

relativ in % bezieht sich auf alle möglichen Gesamtspender  
 grau unterlegt sind die Kell-negativen Blutgruppen