

**Untersuchungen zum Transfusionsbedarf bei
kieferorthopädisch-chirurgischen Eingriffen unter
Berücksichtigung individueller Patientenparameter**

Inauguraldissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
des Fachbereichs Medizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von Dr. med. Sebastian Böttger
aus Siegen

Gießen 2007

Aus dem Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde,
Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie

Leiter:

Professor Dr. med. Dr. med. dent. H. P. Howaldt
des Fachbereichs Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen

Gutachter: Prof. Dr. Dr. H. P. Howaldt

Gutachter: PD Dr. J. Engel

Tag der Disputation: 31.01.2008

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
1.1	Fragestellung.....	6
2	Methodik	7
2.1	Präoperative Planung	7
2.1.1	Modelloperation mit dem 3D-OSS™-Artikulator	7
2.1.2	Modelloperation in Gießen.....	8
2.2	Die Methode von Brecher, Monk und Goodnough.....	9
2.2.1	Berechnung des operativen Blutverlustes	10
2.3	Maximal zulässiger Blutverlust.....	16
2.4	Abschätzung und Überprüfung des Transfusionsbedarfes	18
2.5	Elektronische Dokumentation.....	19
2.5.1	NarkoData	19
2.5.2	Anbindung an das Klinikumsinformationssystem.....	20
2.5.3	Abfrage und Auswertung mit der Structured Query Language	21
2.6	Umsetzung der Analyse	22
2.6.1	Erhebung der Daten	22
2.6.2	Einfluss des maximal zulässigen Blutverlustes	27
2.6.3	Einfluss der Eigenblutspende	27
2.6.4	Einfluss operativer Parameter	28
2.7	Statistische Methoden	28
3	Ergebnisse	31
3.1	Transfusionsbedarfsliste bei den Dysgnathie-Operationen	31
3.2	Abschätzung und Überprüfung des Transfusionsbedarfs.....	35
3.3	Einfluss des maximal zulässigen Blutverlustes.....	39

3.4	Einfluss der Eigenblutspende	41
3.5	Einfluss des Erhebungsverfahrens	43
3.6	Einfluss der operativen Variablen.....	45
4	Diskussion	49
4.1	Nachteile der Eigenblutspende	49
4.2	Abnehmende Bedeutung der Eigenblutspende.....	50
4.3	Situation in Gießen.....	51
4.3.1	Überprüfung der Transfusionspraxis.....	52
4.3.2	Probleme bei der Umsetzung der Richtlinien	54
4.3.3	Abschätzung des Transfusionsbedarfs in Gießen	55
4.3.4	Organisation der präoperativen Planung	59
4.4	Akute normovolämische Hämodilution	60
4.5	Kontrollierte Hypotension.....	61
5	Schlussfolgerungen.....	63
6	Zusammenfassung.....	64
7	Summary	67
8	Literaturverzeichnis.....	70
9	Abkürzungsverzeichnis	77
10	Erklärung.....	78
11	Lebenslauf	79
12	Danksagung	81

1 Einleitung

Kieferorthopädisch-chirurgische Eingriffe (Dysgnathieoperationen) gehören zu den Standardverfahren der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie. Obwohl es sich dabei um planbare, elektive Operationen handelt, besteht auf Grund der hohen Gefäßdichte im Operationsgebiet ein nicht unerhebliches Risiko größerer Blutverluste, die eine Bluttransfusion erforderlich machen können ^{54, 98}.

Da es sich bei den Patienten in der Regel um junge und gesunde Erwachsene handelt ⁶⁹, wird durch verschiedene Techniken wie zum Beispiel durch die kontrollierte arterielle Hypotension ^{29, 83, 92}, die präoperative Verabreichung von Erythropoetin ⁹⁵, die intraoperative Anwendung von Fibrinolyseinhibitoren ^{96, 104}, die präoperative Eigenblutspende ^{51, 78} oder durch die optimierte ³¹ oder akute normovolämische Hämodilution ^{39, 57, 73, 74} versucht, Transfusionen von allogenen Blutprodukten zu vermeiden. Dabei hat sich in den letzten 20 Jahren insbesondere die präoperative Eigenblutspende als zuverlässiges Instrument zur Vermeidung von Fremdbluttransfusionen bewährt ^{59, 67, 68, 78}. Sie wird daher häufig als Standardverfahren bei bimaxillären Umstellungsosteotomien eingesetzt ^{59, 68}.

Aufgrund von strenger ausgelegten Transfusionskriterien ⁹⁸, der deutlich verbesserten Sicherheit allogener Blutprodukte ^{49, 98} und der ungünstigen Kosteneffektivität ⁵⁹ hat die präoperative Eigenblutspende in den letzten Jahren jedoch in nahezu allen Bereichen der operativen Medizin an Bedeutung verloren ³⁴. Auf diesem Hintergrund wurden auch für den Bereich der Dysgnathieoperationen bereits mehrere Arbeiten publiziert, die keine Rechtfertigung einer generellen Indikation zur präoperativen Eigenblutspende vor bimaxillären Operationen mehr sehen ^{51, 72, 78, 97, 98}. Andere Autoren hingegen empfehlen in Hinblick auf das deutsche Transfusionsgesetz und die Richtlinien der Bundesärztekammer auch weiterhin zumindest vor bimaxillären Operationen eine präoperative Eigenblutspende durchzuführen ^{54, 59, 68, 84}. Nach § 13 des deutschen Transfusionsgesetzes, einem Urteil des Bundesgerichtshofes (BGH, 17.12.1991 – VI ZR 40/91) und den aktuellen Leitlinien der Bundesärztekammer ^{16, 17} muss ein Patient über die Möglichkeit einer präoperativen Eigenblutspende aufgeklärt werden, wenn ein transfusionspflichtiger Blutverlust mit einer Wahrscheinlichkeit von $\geq 10\%$ zu erwarten ist ^{51, 78, 98}. Nach der

aktuellen Empfehlung des „Arbeitskreises Blut“ des Bundesministeriums für Gesundheit und Soziale Sicherung vom 17.03.2005 bedarf jede Eigenblutentnahme jedoch einer individuellen Indikationsstellung¹⁹. So soll der voraussichtliche Transfusionsbedarf anhand frühzeitig präoperativ festgestellter Basisdaten (Blutbild, Hämatokrit, Körpergewicht, errechnetes Blutvolumen, minimal akzeptabler intra- und postoperativer Hämatokrit bzw. Hämoglobinwert) und des voraussichtlichen Blutverlustes bei der vorgesehenen Operation, bestimmt aus laufend aktualisierten Transfusionsbedarfslisten der betreffenden Krankenhausabteilung, ermittelt werden. Zur Berechnung des individuellen Transfusionsbedarfes wird wie in den Richtlinien der Bundesärztekammer auf Rechenverfahren verwiesen¹⁹.

1.1 Fragestellung

Diese Arbeit soll überprüfen, ob am Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH, Standort Gießen, auch weiterhin eine Indikation zur Eigenblutspende bei kieferorthopädisch-chirurgischen Eingriffen besteht. Dazu soll anhand von online erhobenen Daten die Transfusionsbedarfsliste für diese Eingriffe ermittelt werden. Zusätzlich soll mit einem Rechenverfahren der Einfluss individueller Patientendaten (Geschlecht, Körpergröße, Gewicht, präoperatives Labor) auf den Transfusionsbedarf ermittelt werden. Mit dem Verfahren soll weiterhin die Transfusionspraxis der vergangenen Jahre in Hinblick auf die aktuell gültigen Richtlinien kritisch überprüft werden. Für bimaxilläre Eingriffe soll nach Risikofaktoren bezüglich eines erhöhten Blutverlustes und einer verlängerten Operationszeit gesucht werden.

2 Methodik

2.1 Präoperative Planung

Für Patienten, deren Dysgnathien nicht allein durch kieferorthopädische Therapie zufriedenstellend behandelt werden können, besteht häufig die Möglichkeit einer kieferchirurgischen Korrektur durch Umstellungsosteotomie. In Abhängigkeit des Ausgangsbefundes werden dabei nach einer kieferorthopädischen Vorbehandlung Ober- und/oder Unterkiefer vom Restschädel gelöst und in eine neue, günstigere Position zueinander und zum Restschädel versetzt. Durch eine abschließende kieferorthopädische Nachbehandlung wird die interdisziplinäre Therapie vollendet.

Wesentlich für den Erfolg einer solchen operativen Therapie ist eine umfassende präoperative Planung^{2, 46, 55, 66, 91}. In Abhängigkeit der Orientierung der Kiefer zueinander und zur Schädelbasis sowie der vorliegenden Weichteilverhältnisse wird in der Regel im Rahmen einer Modelloperation^{1, 2, 28, 46, 55, 61} entschieden, ob und wie stark die Kiefer in den verschiedenen Richtungen des dreidimensionalen Raumes versetzt werden müssen, um ein funktionell und ästhetisch akzeptables aber gleichermaßen auch stabiles Operationsergebnis zu erhalten.

2.1.1 Modelloperation mit dem 3D-OSS™-Artikulator

Die Modelloperation wird in einem Artikulator an schädel- und gelenkbezüglich einartikulierten Ober- und Unterkiefermodellen vorgenommen^{2, 55}. Das Prinzip besteht darin, dass der zu verlagernde Kiefer in eine gewünschte therapeutische Okklusion umgesetzt wird, die durch einen Kunststoffsplint (Zentriksplint) gesichert wird. Durch die Einstufung der Dysgnathie anhand der Angle-Klassifikation wird in der Regel die Hauptbewegungsrichtung der Umstellung vorgegeben. So erfolgt zum Beispiel bei einer mandibulären Prognathie mit Mesialbiß eine Rückverlagerung des Unterkiefers und bei einer maxillären Prognathie mit Distalbiß eine Rückverlagerung des Oberkiefers. Da die Kiefer wegen verschiedener operationstechnischer und ästhetischer Belange sowie in Hinblick auf die bedeckenden Weichteile nicht in unbegrenztem Ausmaß versetzt werden können, wird in vielen Fällen zum Erreichen der therapeutischen Okklusion kompensatorisch auch eine Verlagerung des

Gegenkiefers vorgenommen^{54, 55}. Dabei wird die gesamte Verlagerungsstrecke auf beide Kiefer verteilt und ein zusätzlicher Zwischensplint angefertigt. Dieser beschreibt in der Regel die neue Oberkieferposition im Verhältnis zu dem noch nicht osteotomierten Unterkiefer. Bei der Durchführung der Operation am Patienten wird mit dem Zwischensplint zunächst das Einstellen der neuen Oberkieferposition erreicht. Nach der Fixierung des Oberkiefers und der anschließenden Durchführung der Unterkieferosteotomie kann die therapeutische Okklusion dann über den definitiven Kunststoffsplint eingestellt werden.

In Hinblick auf die präoperative Modelloperation wurden bislang zahlreiche Verfahren mit verschiedenen Vor- und Nachteilen vorgeschlagen^{1, 2, 28, 55, 61}. Am Universitätsklinikum Gießen werden die Dysgnathieoperationen mit dem von Krenkel und Lixl entwickelten 3D-OSS™-Artikulator (Girrbach-Dental)⁵⁵ geplant. Anders als bei anderen Geräten werden bei diesem Artikulator auch die Unterkieferäste, die Position der Kiefergelenkskondylen und der interkondyläre Abstand exakt dreidimensional dargestellt^{2, 55}. Dadurch sollen intraoperativ auftretende Probleme beim finalen Verschrauben der Unterkieferfragmente schon im Vorhinein erkannt und durch eine veränderte Planung vermieden werden⁵⁵. Zudem bietet der 3D-OSS™-Artikulator die Möglichkeit, die Veränderungen im Bereich der Le Fort-I-Osteotomie sehr detailliert zu planen. So wird für jede Kieferseite jeweils in der Region des Eckzahnes und in der Region des maxillären Tubers die geplante Umstellung in allen drei Dimensionen des Raumes genau bestimmt. Aus der so erreichten Visualisierung der Umstellungsbewegungen konnten bereits Verbesserungen der maxillären Osteotomietechnik abgeleitet werden⁴⁸.

2.1.2 Modelloperation in Gießen

Die Modelloperation wurden in Gießen etwa zwei bis drei Wochen vor der geplanten Dysgnathieoperation durchgeführt. Wiederum zwei bis drei Wochen vor der Modelloperation wurden neben der klinischen Untersuchung und der Herstellung der Kiefermodelle eine Fernröntgenseitenaufnahme (FRS), ein Orthopantomogramm (OPMG), eine Nasennebenhöhlenaufnahme (NNH) und eine Fotodokumentation nach kieferchirurgischen Standards^{30, 88} erstellt. Mit Beginn der präoperativen

Vorbereitungen wurde allen Patienten, bei denen von der Notwendigkeit einer maxillären Osteotomie auszugehen war, die Möglichkeit einer präoperativen Eigenblutspende eröffnet. Die Eigenblutspenden wurden dann unabhängig von der weiteren chirurgischen Planung entweder in der Eigenblutspende-Einheit der anästhesiologischen Abteilung oder direkt in der Blutbank des Universitätsklinikums durchgeführt.

In der Modelloperation mit dem 3D-OSS™-Artikulator wurde unter Berücksichtigung der erhobenen Befunde die therapeutische Okklusion für die Herstellung der Kunststoffsplints eingestellt und der Operationsmodus als monomaxilläre oder bimaxilläre Umstellungsosteotomie festgelegt. Die simulierten Umstellungsstrecken der einzelnen Messpunkte wurden aufgezeichnet und in einem Planungsarchiv festgehalten. Dadurch wurde auch das Ausmaß der maxillären Impaktion vorhergesagt. In den dysgnathiechirurgischen Eingriffen wurden die Ergebnisse der Modelloperationen dann über die Kunststoffsplints und eine am Schädel ankoppelbare Messeinrichtung (Face-O-Meter) auf die operative Situation am Patienten übertragen.

2.2 Die Methode von Brecher, Monk und Goodnough

Schätzungen des chirurgischen Blutverlustes sind nicht exakt und die Höhe des Verlustes wird typischerweise unterschätzt¹³. Daher wurden in jüngerer Zeit häufig die Reduktion des Hämatokrits oder des Hämoglobinwertes durch den chirurgischen Blutverlust als objektive Zielvariablen verwendet^{51, 63, 78, 97}. Dabei bleibt jedoch unberücksichtigt, dass das Ausmaß der Reduktion vom Blutvolumen der operierten Person abhängig ist^{13, 62}. So wird durch einen gleich hohen Blutverlust unter adäquater isovolämischer Hämodilution bei einer Person mit kleinem Blutvolumen eine größere Reduktion des Hämatokrits hervorgerufen, als bei einer Person mit großem Blutvolumen^{45, 62, 77}. Zudem sinken Hämatokrit- und Hämoglobinwert nicht linear, sondern in Form eines natürlichen Logarithmus^{13, 21, 43}. Ein gleich hoher Blutverlust bewirkt daher bei hohen initialen Hämatokritwerten eine wesentlich stärkere Reduktion als bei niedrigen initialen Hämatokritwerten.

Um die Nachteile einer solchen einfachen Auswertung von Hämatokrit- und Hämoglobinwerten sowie die Nachteile von subjektiven Schätzungen zu umgehen, wurden Berechnungsverfahren für den operativen Blutverlust entwickelt^{13, 45, 70, 80}. Für diese Untersuchung wurde die von Brecher, Monk und Goodnough 1997 vorgestellte Methode¹³ verwendet. Diese Methode basiert auf einfach zu erhebenden Variablen wie dem Blutvolumen des Patienten, der Anzahl und dem Typ der Bluttransfusionen, dem präoperativen Hämatokrit, dem finalen Hämatokrit und dem minimalen noch akzeptablen Hämatokrit. Zudem wird eine intraoperativ durchgeführte akute normovolämische Hämodilution, die im Bereich der Dysgnathiechirurgie gelegentlich als Alternative zur präoperativen Eigenblutspende durchgeführt wird^{39, 57}, mit berücksichtigt.

2.2.1 Berechnung des operativen Blutverlustes

Das von Brecher, Monk und Goodnough 1997 als standardisierte Methode zur Berechnung des Blutverlustes vorgestellte Verfahren¹³ unterteilt eine chirurgische Prozedur in Hinblick auf die Reduktion des Hämatokrits durch den operativen Blutverlust in drei Phasen. Die Phase I entspricht der Reduktion des Hämatokrits unter isovolämischer Hämodilution bis zu einem minimalen Wert. Um eine ausreichende Sauerstoffversorgung der Gewebe zu gewährleisten wird in Phase II einer weiteren Reduktion des Hämatokrits durch Transfusion von Erythrozyten vorgebeugt. Dabei wird angenommen, dass der Hämatokrit in dieser Phase unter andauerndem Blutverlust und gleichzeitiger Transfusion in etwa konstant bleibt (siehe Abbildung 1). In der finalen Phase III kann nach Beendigung des operativen Blutverlustes durch erneute oder anhaltende Transfusion der Hämatokrit wieder ansteigen. Abbildung 1 zeigt den typischen Verlauf des Hämatokrits anhand einer logarithmischen Skala. Die in den einzelnen Phasen zu verzeichnenden Blutverluste werden am Ende miteinander verrechnet.

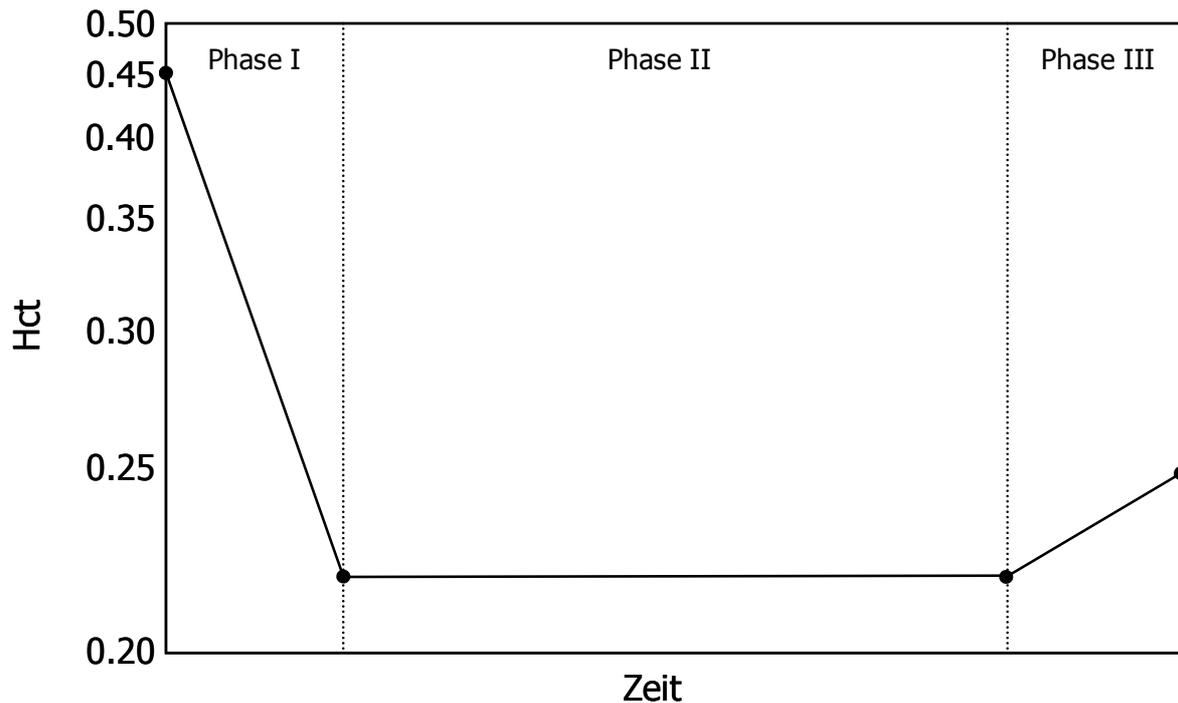


Abbildung 1: Hämatokrit (Hct) in den Phasen I bis III. Phase I: Abfall des Hct unter isovolämischer Hämodilution. Phase II: Durch Transfusion wird die weitere Reduktion des Hct verhindert. Phase III: Durch Transfusion oder Retransfusion nach Beendigung der Operation kann der Hct wieder leicht ansteigen.

2.2.1.1 Phase I

Die wichtigste therapeutische Maßnahme bei einer akuten, durch chirurgischen Blutverlust erzeugten Anämie ist die adäquate Volumensubstitution zur Aufrechterhaltung beziehungsweise Wiederherstellung einer Normovolämie^{7, 18, 64, 95}. Zur Kompensation des Blutverlustes wird daher in der ersten Phase einer chirurgischen Prozedur eine isovolämische Hämodilution mit kristalloiden und kolloidalen Lösungen durchgeführt¹³. Die dabei entstehende normovolämische Anämie kann bis zum Erreichen eines minimalen Hämatokrits toleriert werden⁹⁵. Ab diesem, auch als Transfusionstrigger bezeichneten Hämatokrit, wird in der Regel bei weiterem Blutverlust eine Transfusion von allogenen oder autologen Erythrozyten durchgeführt, um eine anämische Hypoxie der Gewebe zu vermeiden^{56, 95}.

Der Zusammenhang zwischen dem chirurgischen Blutverlust und der unter isovolämischer Hämodilution entstehenden Anämie wird durch die Gleichung 1 gut

beschrieben^{10, 14, 36, 38, 43, 62, 100}. Sie enthält einen natürlichen Logarithmus und berücksichtigt damit das nicht lineare Abfallen des Hämatokrits durch den Blutverlust unter adäquater Volumensubstitution.

$$V_l = EBV \times \ln(Hct_0 / Hct_{\min})$$

Gleichung 1: Blutverlust in Phase I: V = Blutverlust; EBV = Blutvolumen des Patienten; Hct_0 = präoperativer Hämatokrit; Hct_{\min} = finaler Hämatokrit oder kleinster tolerabler Hämatokrit vor einer Transfusion.

Das in der Gleichung enthaltene Gesamtblutvolumen des Patienten (EBV) kann auf der Basis des Körpergewichtes (75 ml/kg bei Männern und 65 ml/kg bei Frauen) geschätzt werden^{62, 77}. Bei adipösen Patienten kann es dabei jedoch zu gravierenden Ungenauigkeiten kommen, da Fettgewebe relativ gering vaskularisiert ist und das Blutvolumen solcher Patienten somit systematisch überschätzt wird⁷⁹. Unter zusätzlicher Berücksichtigung der Körpergröße lassen sich wesentlich genauere Bestimmungen des Blutvolumens durchführen⁷⁹. Zahlreiche Autoren^{40, 45, 62, 77} haben in diesem Zusammenhang auf die erstmals von Nadler et al. publizierte Methode⁷⁶ zur Bestimmung des Blutvolumens hingewiesen (Gleichung 2).

$$EBV = A \times H^{0,725} \times G^{0,425} - B$$

Gleichung 2: Berechnung des Blutvolumens nach Nadler et al.⁷⁶: EBV = Blutvolumen (Liter); H = Körpergröße (Zentimeter); G = Körpergewicht (Kilogramm); *Konstante A* = 0,0236 für Männer und 0,0248 für Frauen; *Konstante B* = 1,229 für Männer und 1,954 für Frauen.

Sofern keine Transfusion von Erythrozyten durchgeführt wird, kann der gesamte chirurgische Blutverlust anhand von Gleichung 1 bestimmt werden. Sofern bei Unterschreitung eines minimal tolerablen Hämatokrits eine Transfusion durchgeführt

werden muss, wird mit Gleichung 1 nur der vor der Transfusion auftretende Teil des Gesamtblutverlustes bestimmt.

2.2.1.2 Phase II

Für das Erreichen eines minimalen Hämatokrits (Transfusionstrigger) wird angenommen, dass eine Transfusion von Erythrozyten durchgeführt wird. Unter fortbestehendem Blutverlust und Normovolämie kann der Hämatokrit dadurch ungefähr konstant gehalten werden (Abbildung 1). Die in der klinischen Praxis auftretenden Schwankungen des Hämatokrits und des Volumenstatus werden dabei zwar vernachlässigt, nach Brecher et al. können diese aber das Gesamtergebnis nicht wesentlich beeinflussen¹³. Der in Phase II auftretende Blutverlust kann anhand der Gleichung 3 ermittelt werden.

$$V_l = (RBC_T - RBC_F) / Hct_{\min}$$

Gleichung 3: Blutverlust in Phase II: RBC_T = Menge der in Phase II transfundierten Erythrozyten (Milliliter); RBC_F = Menge der in Phase III transfundierten Erythrozyten (Milliliter); Hct_{\min} = kleinster tolerabler Hämatokrit.

Die Menge der transfundierten Erythrozyten (RBC_T) ergibt sich aus der Anzahl der transfundierten Einheiten. Dabei werden neben allogenen Erythrozytenkonzentraten auch alle Arten von Eigenblutprodukten berücksichtigt (Gleichung 4).

$$RBC_T = RBC_{ALLO} + RBC_{PABD} + RBC_{ANH} + RBC_{IBS}$$

Gleichung 4: Menge der transfundierten Erythrozyten (RBC_T): RBC_{ALLO} = Erythrozytenmenge aus allogenen Erythrozytenkonzentraten; RBC_{PABD} = Erythrozytenmenge aus Eigenblutkonserven; RBC_{ANH} = Erythrozytenmenge aus dem bei einer akuten normovolämischen Hämodilution entnommenen Blut; RBC_{IBS} = Erythrozytenmenge aus intraoperativ aufbereitetem Wundblut.

Bei der Berechnung werden für die Erythrozytenmengen aus allogenen und autologen Erythrozytenkonzentraten Durchschnittsvolumina verwendet. Für die Verabreichung einer allogenen Einheit werden demnach jeweils 200 Milliliter und für die Verabreichung einer präoperativ gespendeten autologen Einheit jeweils 180 Milliliter berechnet^{9, 13, 35, 43, 45}. Die aus dem Wundblut zurückgewonnene Erythrozytenmenge kann über einen durchschnittlichen Hämatokrit von 55 % ermittelt werden. Im Rahmen von dysgnathiechirurgischen Eingriffen spielt diese Menge jedoch wegen der relativen Kontraindikation der aufbereitenden Verfahren für keimbelastete Operationsgebiete keine Rolle⁹⁵. Die Erythrozytenmenge im Eigenblut aus einer akuten normvolämischen Hämodilution ergibt sich aus dem präoperativ entnommenen Blutvolumen (siehe Kapitel 2.2.1.4).

2.2.1.3 Phase III

In der dritten und finalen Phase wird angenommen, dass mit der Beendigung des Blutverlustes ein finales Gleichgewicht zwischen verlorenem und ersetzttem Volumen erreicht ist. In einigen Fällen kann es durch weitere Transfusion von Erythrozyten (zum Beispiel Blut aus einer akuten normovolämischen Hämodilution) zu einem Anstieg des Hämatokrits kommen. Ein solcher Anstieg des Hämatokrits kann anhand von Gleichung 5 beschrieben werden^{14, 100}.

$$RBC_F = (Hct_{DC} - Hct_{min}) \times EBV$$

Gleichung 5: Anstieg des Hämatokrits in Phase III: RBC_F = Menge der in Phase III transfundierten Erythrozyten (Milliliter); Hct_{DC} = postoperativer Hämatokrit; Hct_{min} = kleinster tolerabler Hämatokrit; EBV = Blutvolumen des Patienten.

Sofern es am Ende der Operation durch Transfusion zu einem Anstieg des Hämatokrits kommt, muss die Menge der transfundierten Erythrozyten in der Berechnung des Blutverlustes von Phase II berücksichtigt werden.

2.2.1.4 Durchführung einer akuten normovolämischen Hämodilution

Die akute normovolämische Hämodilution (ANH) wird im Gegensatz zur Eigenblutspende unmittelbar präoperativ durchgeführt. Dabei wird dem Patienten Vollblut entnommen und durch kristalloide oder kolloidale Lösungen ersetzt. Das autologe Blut kann dann intra- oder postoperativ retransfundiert werden^{39, 95}. Die Wirksamkeit dieser Methode ergibt sich daraus, dass bei einem niedrigen intraoperativen Hämatokrit relativ gesehen weniger Erythrozyten durch den chirurgischen Blutverlust verloren gehen als bei einem hohen Hämatokrit^{11, 36}. Auf diese Weise kann eine Reduktion des allogenen Blutverbrauches erreicht werden³⁹.

Durch die akute normovolämische Hämodilution ergibt sich für die Berechnung des Blutverlustes in Phase I ein erniedrigter Ausgangshämatokrit (Hct_F). Dieser kann anhand des entnommenen Blutvolumens über die Gleichung 6 ermittelt werden.

$$Hct_F = Hct_0 \times e^{(-V_{ANH} / EBV)}$$

Gleichung 6: Absenkung des Hämatokrits unter akuter normovolämischer Hämodilution: Hct_F = erniedrigter Ausgangshämatokrit in Phase I; Hct_0 = präoperativer Hämatokrit; V_{ANH} = entnommenes Blutvolumen; EBV = Blutvolumen des Patienten.

In Phase II und in Phase III wird das präoperativ entnommene Blut wieder retransfundiert. Für die Berechnung des Blutverlustes in Phase II muss dabei die Erythrozytenmenge des entnommenen Blutvolumens über den entsprechenden Hämatokrit ermittelt werden (Gleichung 7 und Gleichung 8).

$$RBC_{ANH} = V_{ANH} \times Hct_{ANH}$$

Gleichung 7: Berechnung der Erythrozytenmenge im ANH-Blut (RBC_{ANH}): V_{ANH} = Bei der ANH entnommenes Blutvolumen; Hct_{ANH} = Hämatokrit des bei der ANH entnommenen Blutes.

$$Hct_{ANH} = (Hct_0 \times EBV) \times \left(1 - e^{(-V_{ANH} / EBV)}\right) / V_{ANH}$$

Gleichung 8: Berechnung des Hämatokrits im ANH-Blut (Hct_{ANH}): Hct_0 = präoperativer Hämatokrit; EBV = Blutvolumen des Patienten; V_{ANH} = bei der ANH entnommenes Blutvolumen.

2.3 Maximal zulässiger Blutverlust

Der Blutverlust bei chirurgischen Eingriffen, der eine Transfusion erforderlich macht, wird häufig nur grob abgeschätzt, etwa als 20-30 % des Blutvolumens, sofern keine kardiopulmonalen Vorerkrankungen bestehen^{62, 89}. Wird der zulässige Blutverlust berechnet, so werden in der Regel Formeln verwendet, in denen neben dem Blutvolumen der Patienten, der präoperative Hämatokrit und der minimale tolerable Hämatokrit berücksichtigt werden^{40, 62, 89, 93}. Neben verschiedenen linearen Formeln, mit denen der maximale zulässige Blutverlust näherungsweise bestimmt werden kann^{62, 89}, ist in diesbezüglich von zahlreichen Autoren auf den in Gleichung 1 beschriebenen mathematischen Zusammenhang zwischen dem operativen Blutverlust und der unter isovolämischer Hämodilution entstehenden Anämie hingewiesen worden^{10, 14, 38, 43, 62, 93, 100}. Demnach kann der maximal zulässige Blutverlust, der noch ohne eine Transfusion toleriert werden kann, nach folgender Gleichung berechnet werden (Gleichung 9)^{21, 36, 94} (Berechnung des Blutvolumens über Gleichung 2).

$$V_{\max} = EBV \times \ln(Hct_0 / Hct_{\min})$$

Gleichung 9: Berechnung des maximal zulässigen Blutverlustes (V_{\max}): EBV = Blutvolumen des Patienten; Hct_0 = präoperativer Hämatokrit; Hct_{\min} = niedrigster tolerabler Hämatokrit.

Die Gleichung entspricht der für die erste Phase des operativen Blutverlustes vorgestellten Gleichung 1 und zeigt, dass der maximal zulässige Blutverlust neben dem Blutvolumen des Patienten direkt von der Festlegung eines minimalen tolerablen

Hämatokrits als Transfusionstrigger abhängig ist. Je niedriger der minimale tolerable Hämatokrit gewählt wird und je größer das Blutvolumen des Patienten ist, desto höher ist der maximal zulässige Blutverlust.

Da das Blutvolumen in Abhängigkeit von Geschlecht, Gewicht und Körpergröße sehr unterschiedliche Werte annehmen kann (siehe Gleichung 2), ergeben sich für verschiedene Individuen oft sehr unterschiedliche maximal zulässige Blutverluste (Abbildung 2). So hat bei einem minimalen tolerablen Hämatokrit von 20 % ein 75 kg schwerer und 175 cm großer Mann mit einem durchschnittlichen Hämatokrit von 45 %⁹⁰ nach Gleichung 9 einen um etwa einen Liter größeren maximal zulässigen Blutverlust als eine 65 kg schwere und 165 cm große Frau mit einem durchschnittlichen Hämatokrit von 42 %⁹⁰. Sofern der operative Blutverlust durch Geschlecht, Gewicht und Körpergröße nicht wesentlich beeinflusst wird, ergibt sich hinsichtlich des Transfusionsrisikos für kleine und leichte Frauen eine deutlich schlechter Ausgangssituation⁷⁷. Der maximale zulässige Blutverlust wird bei ihnen schon durch einen viel kleineren Blutverlust erreicht als bei großen und schweren Männern.

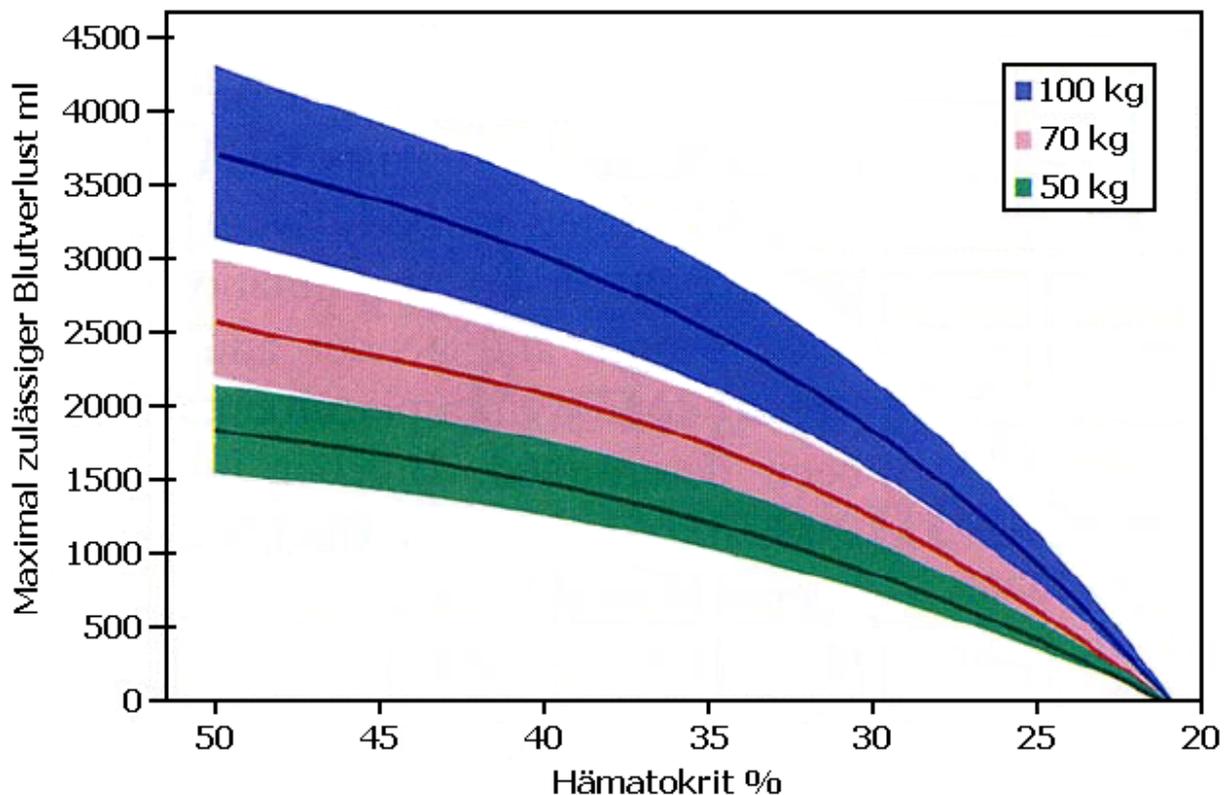


Abbildung 2: Maximal zulässiger Blutverlust (ml) in Abhängigkeit von Körpergröße und Hämatokrit (%) nach Nelson et al. ⁷⁷ bei einem minimalen akzeptablen Hämatokrit von 22 %.

2.4 Abschätzung und Überprüfung des Transfusionsbedarfes

Nach den Richtlinien der Bundesärztekammer ¹⁶ und dem Votum des „Arbeitskreises Blut“ vom 17.3.2005 ¹⁹, ist die Ermittlung der präoperativen Basisdaten (Blutbild, Hämatokrit, Körpergewicht, errechnetes Blutvolumen, minimal akzeptabler intra- und postoperativer Hämatokrit) und des voraussichtlichen Blutverlustes notwendige Voraussetzung für die Anwendung der Eigenblutspende. Zur Berechnung des individuellen Transfusionsbedarfes seien diesbezüglich einfache Rechenverfahren verfügbar ¹⁹.

Cohen und Brecher formulierten in ihrer Arbeit ²¹, dass man in Hinblick auf die Notwendigkeit einer Eigenblutspende einen minimalen akzeptablen Hämatokrit festlegen und damit den maximalen zulässigen Blutverlust bestimmen soll. Dieser soll dann rechnerisch mit dem Standardblutverlust der anstehenden Operation verglichen werden. Sofern der Standardblutverlust größer als der maximale zulässige Blutverlust

ausfällt, soll man von einer eintretenden Transfusionsbedürftigkeit ausgehen und eine präoperative Eigenblutspende zur Vermeidung allogener Bluttransfusionen durchführen ²¹.

Durch die retrospektive Betrachtung sollte es im Rahmen dieser Studie jedoch wie auch in anderen Untersuchungen ^{32, 44} möglich sein, den maximal zulässigen Blutverlust direkt mit dem individuell bestimmten operativen Blutverlust zu vergleichen. Unabhängig von den tatsächlich durchgeführten Transfusionen sollte auf diese Weise eine Abschätzung und Überprüfung des Transfusionsbedarfs durchgeführt werden. Der einfache rechnerische Vergleich zwischen dem zulässigen und dem operativen Blutverlust beinhaltet alle in den Richtlinien für die Abschätzung des individuellen Transfusionsbedarfs geforderten Parameter und entspricht zudem der Empfehlung Rechenverfahren anzuwenden.

2.5 Elektronische Dokumentation

In der Klinik für Anaesthesiologie, Intensivmedizin, Schmerztherapie am Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH, Standort Gießen, werden seit dem Ende der neunziger Jahre nahezu alle Patientendaten elektronisch mit einem Patientendatenmanagementsystem (PDMS) erfasst und gespeichert ^{5, 47}. Der in Hinblick auf die Transfusion von Blutprodukten wichtige Zeitraum der perioperativen anästhesiologischen Betreuung wurde dabei mit dem Programmmodul NarkoData lückenlos erfasst.

2.5.1 NarkoData

Das Modul NarkoData wurde in verschiedenen Versionen bereits seit 1995 von der Klinik für Anaesthesiologie, Intensivmedizin, Schmerztherapie eingesetzt ⁶. Es handelt sich dabei um ein elektronisch geführtes Narkoseprotokoll in dem alle anästhesiologisch relevanten Daten, wie zum Beispiel die Stammdaten der Patienten, die biometrischen Daten, die Diagnosen und Eingriffe, die Laborwerte, die Vorerkrankungen, die Vitalparameter und die Applikationen von Medikamenten erfasst und archiviert werden können. Die grafische Anwenderoberfläche entspricht

dem sonst üblichen Papierprotokoll. Das Programm bietet eine permanent sichtbare Verlaufsdokumentation, die den gesamten perioperativen Verlauf einschließlich der Überwachung im Aufwachraum beinhaltet. Präoperativ erhobene Daten aus der Prämedikationsvisite können am Tag der Operation von einem Anordnungsbogen in das elektronische Protokoll übertragen werden. Automatisch werden über serielle Schnittstellen die Daten der angebundenen Vitaldatenmonitore und der Beatmungsgeräte durch spezielle Treiberprogramme übernommen (EKG, Puls, O₂-Sättigung, Blutdruck, Narkosegaskonzentrationen usw.)⁴². Die manuellen Eingaben von Verlaufswerten wie z. B. Medikamentenapplikationen, Transfusionen oder Zeitangaben (Operations- und Anästhesiezeiten) erfolgen zeitabhängig durch den Benutzer. Andere Parameter (z. B. intraoperative Laborwerte) können zur gewünschten Zeit in Dialogfenster eingegeben und dargestellt werden. Die Verschlüsselung von Diagnosen und Eingriffen erfolgt anhand der üblichen Codierungsschlüssel (ICD, ICPM bzw. OPS-301).

Alle Daten aus den seit Januar 1997 elektronisch geführten Narkoseprotokollen wurden nach ihrem Abschluss zusätzlich zum Ausdruck auf Papier in einer Datenbank des PDMS gespeichert. Auf der Basis dieser „Narkosendatenbank“ konnten bereits zahlreiche Untersuchungen bezüglich perioperativer Komplikationen und in Hinblick auf den operativen Blutverlust durchgeführt werden^{4, 5, 41, 42, 47}. Für die seit 1997 in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie durchgeführten Narkosen stand somit ein umfangreiches Archiv aus online erhobenen Daten für eine retrospektive Auswertung zur Verfügung.

2.5.2 Anbindung an das Klinikumsinformationssystem

1995 wurde NarkoData zunächst ohne ein Kommunikationsmodul für den Datenaustausch mit dem Gießener Klinikumsinformationssystem installiert. Da ein solcher Datenaustausch aber wegen des zeitintensiven Übertrags der Patientenstamm- und Labordaten in das Protokoll erwünscht und notwendig war, wurde die damalige eigens für die Gießener Universitätsklinik programmierte Stationssoftware MacWING extra für den Datentransfer zu dem Narkoseprotokoll erweitert. Auf diese Weise konnten bereits die Stammdaten der Patienten in das

Narkoseprotokoll übertragen werden. Da der Datentransfer damit aber vom Vorhandensein der Stationssoftware abhängig war und der Hersteller einen globaleren und unabhängigeren Lösungsansatz anstrebte, wurde 1998 ein eigenes Kommunikationsmodul (NarkoPlus, später KISData) mit einer eigenen Verwaltung von Patienten- und Labordaten ausgeliefert und installiert. Diese Lösung beinhaltete neben einer eigenen Stationsbelegungsliste auch ein eigenes Modul zur Darstellung von Labordaten aus dem Zentrallabor des Klinikums. Die Datengrundlage dafür bildeten seitdem systemeigene Datenbanken in die über die klinikumsinterne Datenübermittlung alle Laborwerte und alle administrativen Patientendaten des gesamten Klinikums übertragen wurden. Neben den prä- und intraoperativ erhobenen Labordaten aus den Narkoseprotokollen standen durch die „Labordatenbank“ damit auch alle postoperativ auf den Stationen erhobenen Labordaten für eine elektronische Auswertung zur Verfügung.

2.5.3 Abfrage und Auswertung mit der Structured Query Language

Bei den Datenbanken des PDMS handelt es sich um relational strukturierte Datenbanksysteme, die mit Hilfe der Structured Query Language (SQL) abgefragt werden können⁴⁷. Ziel solcher Abfragen ist dabei die sinnvolle Extraktion und Verknüpfung der in den verschiedenen Teilbereichen des Systems gespeicherten Daten. So mussten zum Beispiel für die Erstellung einer Transfusionsbedarfsliste aus der Summe der Medikamentenapplikationen alle die ermittelt werden, die unter einer speziellen Kennzeichnung für Blutprodukte in der Datenbank gespeichert worden waren. Um speziell die Blutprodukte der Dysgnathiepatienten zu ermitteln, mussten aus dieser Ergebnismenge gerade die Verabreichungen ermittelt werden, die unter der Identifikation der Operationen der entsprechenden Patienten gespeichert worden waren. Diese wiederum konnten in Fremd- oder Eigenblutprodukte differenziert und mit anderen dazu gehörigen Daten (zum Beispiel Laborwerte) in inhaltlichen und zeitlichen Zusammenhang gebracht werden.

SQL-Abfragen können als kleine Berechnungs- und Erhebungsprogramme in Form von SQL-Skripten an die Datenbank übergeben werden⁴⁷. Dadurch ist es möglich, verschiedene fest definierte Abfolgen von SQL-Abfragen automatisch von der

Datenbank bearbeiten zu lassen. Durch die Anwendung der vielfältigen SQL-Funktionen und die Erstellung von Zwischentabellen sind auf diese Weise neben einfachen Abfragen und Verknüpfungen auch komplexere Operationen, wie z. B. die Berechnung eines operativen Blutverlustes möglich⁴. Ein einmal fertig gestelltes SQL-Skript kann dabei beliebig oft erneut gestartet werden. Ein durch das Skript einmal festgelegter Zieldatensatz kann daher ohne erneute Programmierarbeit immer wieder erneut mit aktuellen Daten abgefragt werden.

2.6 Umsetzung der Analyse

2.6.1 Erhebung der Daten

Für die Erhebung der durchgeführten Transfusionen sowie für die Berechnungen des maximal zulässigen und des operativen Blutverlustes wurden kleine Erhebungs- und Berechnungsprogramme für das Datenbanksystem des PDMS in Form von SQL-Skripten entwickelt. Die damit erhobenen und berechneten Daten wurden durch die Daten aus dem Krankenblattarchiv und dem Operationsplanungsarchiv der Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgischen ergänzt und überprüft. Die Anzahl der gespendeten Eigenblutkonserven und die Hämoglobin- und Hämatokritwerte vor den Spenden, wurden aus dem elektronischen Datenverarbeitungssystem der Blutbank und dem Archiv der Eigenblutspendeeinheit gewonnen. Alle Daten wurden in einer Auswertungsdatenbank (Oracle™) gesammelt und miteinander verknüpft. Von dort aus erfolgte der Export des fertigen Datensatzes für die statistische Auswertung.

2.6.1.1 Anästhesiologische Daten

In der Datenbank des PDMS mussten zunächst alle Patienten mit dysgnathiechirurgischen Eingriffen identifiziert werden. Dazu wurde in den codierten Eingriffen nach den entsprechenden ICPM- beziehungsweise OPS-301-Schlüsseln gesucht. Die dabei ermittelte Patientenliste wurde anschließend anhand des Krankenblattarchivs und des Operationsplanungsarchivs der Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie überprüft und vervollständigt. Für jeden so erfassten Patienten wurden folgende Daten aus der Datenbank des PDMS erhoben:

1. *Stammdaten, Risikoklassifikation, Transfusionen:* Es wurde das Geschlecht, das Gewicht und die Körpergröße sowie die ASA-Klassifikation aus der anästhesiologischen Prämedikationsvisite am Vortag der Operation ermittelt. Diese Daten wurden von den Anästhesisten am Tag der Operation von den Prämedikationsbögen in das elektronische Narkoseprotokoll übertragen. Außerdem wurden die mit NarkoData dokumentierten Transfusionen von Erythrozytenkonzentraten, Eigenblut oder Blutbeuteln aus akuten normovolämischen Hämodilutionen samt zeitlicher Einordnung ermittelt.
2. *Präoperative, intraoperative und postoperative Laborwerte:* Mit Hilfe von SQL-Skripten wurden alle perioperativ dokumentierten Hämatokrit- und Hämoglobinwerte der Dysgnathiepatienten erhoben. Die prä- und intraoperativ erhobenen Werte stammten dabei direkt aus den elektronischen Narkoseprotokollen während die postoperativ erhobenen Werte aus der Labordatenbank des PDMS entnommen wurden. Damit standen für die Auswertung alle im Rahmen des stationären Aufenthaltes erhobenen Hämatokrit- und Hämoglobinwerte zur Verfügung. In Hinblick auf die Berechnung des maximal zulässigen und des operativen Blutverlustes wurden jeweils der präoperative und der postoperative Hämatokrit bestimmt. Einige fehlende Werte wurden aus den Krankenblättern des Archivs der Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie manuell nachgetragen.
3. *Mittlere arterielle Blutdruckwerte:* Mit Hilfe eines SQL-Skriptes wurden die vom Vitaldatenmonitor automatisch in das elektronische Narkoseprotokoll übertragenen arteriellen Mitteldruckwerte während der Operation ermittelt. Für den angenommenen Zeitraum der LeFort-I-Osteotomie (30 bis 90 Minuten nach Operationsbeginn) wurde das arithmetische Mittel der arteriellen Mitteldruckwerte bestimmt.

2.6.1.2 Chirurgische Daten

Die chirurgischen Daten wurden zum einen aus dem Krankenblattarchiv und zum anderen aus dem Operationsplanungsarchiv der Abteilung für Mund-, Kiefer- und

Gesichtschirurgie entnommen. Sie wurden dabei zunächst in einer Microsoft Excel™-Tabelle gesammelt und anschließend in die Auswertungsdatenbank übertragen.

1. *Krankenblattarchiv:* Aus den in den Patientenakten enthaltenen Operationsberichten wurde die Klassifikation nach Angle und der Operationsmodus der Umstellungsosteotomie (monomaxillär oder bimaxillär) erhoben. Zusätzlich wurde ermittelt, ob eine Transplantation von Beckenkammknochen und eine median-sagittale Spaltung des Oberkiefers durchgeführt worden war. Die Krankenblätter wurden auf postoperative Transfusionen kontrolliert und es wurde die Anzahl der zur Verfügung stehenden Eigenblutkonserven dokumentiert.
2. *Operationsplanungsarchiv:* Aus dem Archiv der präoperativ durchgeführten Modelloperationen im 3D-OSS wurden die geplanten Veränderungen in der Le Fort I-Ebene erhoben. Die geplanten Positionsänderungen der Regionen um die Zähne 18 und 28 in der vertikalen Relation wurden dabei als Vektoren mit positiven und negativen Vorzeichen dokumentiert.

2.6.1.3 Transfusionsmedizinische Daten

An einem Terminal der Blutbank wurden anhand des dortigen elektronischen Datenverarbeitungssystems die Anzahl der präoperativen Eigenblutspenden und die Hämoglobin- beziehungsweise Hämatokritwerte vor der ersten Spende erhoben. Der in einigen wenigen Fällen nicht dokumentierte Hämatokritwert vor der ersten Eigenblutspende wurde über die mittlere korpuskuläre Hämoglobinkonzentration (MCHC) aus dem stets vorhandenen Hämoglobinwert berechnet. Die MCHC ist bei Männern und Frauen gleich und weicht auch bei Kranken nur selten von der Norm ab⁹⁰. Alle Daten wurden zunächst in einer Microsoft Excel™-Tabelle gesammelt und anschließend in die Auswertungsdatenbank übertragen.

2.6.1.4 Erstellung der Transfusionsbedarfsliste

Die Transfusionen von allogenen oder autologen Erythrozytenkonzentraten sowie die Retransfusion von Blutbeuteln einer akuten normovolämischen Hämodilution wurden

während der perioperativen anästhesiologischen Betreuung in das elektronische Narkoseprotokoll eingetragen. Diese Daten konnten daher mit exakter zeitlicher Einordnung mit Hilfe eines SQL-Skriptes aus der Datenbank des PDMS ermittelt werden. Einzelne postoperativ auf der Intensiv- oder der Normalstation durchgeführte Transfusionen wurden in der Auswertungsdatenbank von Hand nachgetragen. Alle Transfusionen wurden anhand der in der Blutbank ermittelten Daten überprüft.

2.6.1.5 Abschätzung und Überprüfung des Transfusionsbedarfes

Zur Abschätzung und Überprüfung des Transfusionsbedarfs wurde zunächst für jeden Patienten der individuelle maximal zulässige Blutverlust nach Gleichung 9 berechnet. Dabei wurde wie in den Arbeiten von Lorentz und Hurle^{45, 62} das Blutvolumen der Patienten über die Gleichung 2 nach Nadler et al.^{40, 76, 77} berechnet. Die dazu notwendigen individuellen Patientendaten (Körpergröße, Gewicht, Geschlecht) stammten aus der anästhesiologischen Prämedikationsvisite vom jeweiligen Vortag der Operation. Die Berechnung des maximal zulässigen Blutverlustes erforderte die Festlegung eines minimalen noch akzeptablen Hämatokritwertes. Für die in der Regel jungen und gesunden Dysgnathiepatienten wurde dieser Grenzwert in Anlehnung an die Untersuchungen von Nkenke, Kessler, Umstadt und Nelson^{51, 77, 78, 98} auf 22% festgelegt (Abbildung 2). Dieser Grenzwert ergibt sich, wenn man den Hämatokrit über die MCHC aus dem in diesen Arbeiten als Grenzwert verwendeten Hämoglobinwert von 7,5 g/dl berechnet.

Um den maximal zulässigen Blutverlust wie von Cohen und Brecher vorgeschlagen mit dem operativen Blutverlust vergleichen zu können^{21, 32, 44}, wurde mit der Methode von Brecher, Monk und Goodnough¹³ der operative Blutverlust der Patienten berechnet. Als Ausgangshämatokrit diente dabei wie bei der Berechnung des maximal zulässigen Blutverlustes der am Vortag der Operation gemessene Hämatokrit. Als minimaler Hämatokrit wurde der niedrigste mit dem PDMS dokumentierte und als finaler, der am ersten postoperativen Tag gemessene Hämatokrit eingesetzt. Dadurch wurden postoperativ durchgeführte Transfusionen miteinbezogen und den von einigen Autoren geäußerten Bedenken, dass ein

postoperativer Hämatokritabfall unberücksichtigt bleiben könnte^{45, 58}, Rechnung getragen. Das in Phase II zu berechnende Volumen der mit den Transfusionen verabreichten Erythrozyten wurde, wie von Brecher vorgeschlagen, mit Mittelwerten berechnet¹³. Wie auch in anderen Studien wurden demnach für ein allogenes Erythrozytenkonzentrat 200 Milliliter und für eine autologe Konserve 180 Milliliter Erythrozytenvolumen berechnet^{9, 45}. Das bei der Durchführung einer akuten normovolämischen Hämodilutionen zurücktransfundierte Erythrozytenvolumen wurde wie in Kapitel 2.2.1.4 beschrieben berechnet und das Blutvolumen der Patienten wurde wie beim maximal zulässigen Blutverlust über die Gleichung 2 nach Nadler et al. bestimmt⁷⁶.

Für eine bessere Vergleichbarkeit mit anderen Untersuchungen wurde trotz der von zahlreichen Autoren geäußerten Bedenken, dass Schätzungen des chirurgischen Blutverlustes im Allgemeinen wenig exakt sind und typischerweise unterschätzt werden^{13, 26, 27, 70, 71, 87}, zusätzlich zu dem berechneten Blutverlust auch der postoperativ von den Anästhesiologen geschätzten Blutverlust ermittelt. Dieser wurde mit einem SQL-Skript aus den Eingaben der Anästhesisten im Bilanzierungsfenster des elektronischen Narkoseprotokolls erhoben. Hier konnten fortlaufend alle relevanten Volumina dokumentiert und automatisch bilanziert werden. Spätestens beim Abschluss des Narkoseprotokolls wurden die Anästhesiologen vom Programm aufgefordert, eine Angabe zum Blutverlust zu dokumentieren.

Zur Abschätzung und zur Überprüfung des Transfusionsbedarfes wurde nun ermittelt, ob und wie häufig der maximal zulässige Blutverlust durch den berechneten beziehungsweise den geschätzten Blutverlust überschritten wurde. Da für die Transfusion von Eigenblutkonserven häufig eine liberalere Transfusionsindikation gestellt wird^{25, 95}, diese aber zu einer unnötig hohen Transfusionshäufigkeit führen kann^{20, 36}, sollte dieses einfache rechnerische Vorgehen zusammen mit der Beurteilung der perioperativen Laborwerte eine kritische Wertung der Transfusionsbedarfsliste ermöglichen.

2.6.2 Einfluss des maximal zulässigen Blutverlustes

Nach Krenkel⁵⁵ ergibt die präoperative Modelloperation mit dem 3D-OSS-System wegen der größeren therapeutischen Möglichkeiten in den meisten Fällen ein bignathes operatives Vorgehen als Ergebnis. Da aber gerade bei einer bimaxillären Umstellungsosteotomie hohe Blutverluste auftreten können^{54, 65, 81, 86}, stellte sich besonders für diese Operationen die Frage nach der Bedeutung der individuellen Patientenparameter (Geschlecht, Größe, Gewicht und präoperativer Hämatokrit) bezüglich des Transfusionsrisikos. Für die bimaxillär operierten Patienten wurde daher zusätzlich der Einfluss des aus diesen Variablen berechneten maximalen zulässigen Blutverlustes auf die Transfusionshäufigkeit, das Überschreiten des zulässigen durch den operativen Blutverlust und das Auftreten perioperativ gemessener transfusionspflichtiger Laborwerte untersucht. Als transfusionspflichtige Laborwerte (Transfusionstrigger) wurden in Anlehnung an die Untersuchungen von Nkenke, Kessler und Umstadt^{51, 78, 98} wiederum alle Hämatokritwerte, die kleiner oder gleich 22 % waren, und alle Hämoglobinwerte die kleiner oder gleich 7,5 g/dl waren, gewertet (siehe Kapitel 2.6.1.5).

2.6.3 Einfluss der Eigenblutspende

Zahlreiche Autoren haben gezeigt, dass der Hämatokrit und der Hämoglobinwert durch die präoperative Eigenblutspende erheblich absinken können^{20, 21, 24, 78}. Gerade niedrige präoperative Hämatokrit- und Hämoglobinwerte wurden aber als Risikofaktor für eine perioperative Transfusion von Erythrozyten identifiziert^{21, 52, 101}. Für einen Vergleich mit den unmittelbar präoperativ gemessenen Laborwerten, wurden daher die vor der ersten Eigenblutspende gemessenen Hämatokrit- und Hämoglobinwerte aus dem Datenbestand der Blutbank ermittelt. Zusätzlich wurden der maximal zulässige Blutverlust mit den Laborwerten vor der ersten Eigenblutspende berechnet und, wie in Kapitel 2.6.1.5 beschrieben, überprüft, wie häufig dieser Wert durch den berechneten operativen Blutverlust überschritten wurde. Daraus resultierte das rechnerische Ergebnis der Analyse in Hinblick darauf, wie häufig der Hämatokrit von 22 % ohne die präoperativ durchgeführten Eigenblutspenden unterschritten worden wäre.

2.6.4 Einfluss operativer Parameter

Um bei der präoperativen Planung die Abwägung für oder gegen eine Eigenblutspende besonders bei bimaxillären Operationen weiter erleichtern zu können, wurden neben der Art der Umstellungsosteotomie auch operationstypische Parameter (Transplantation von Beckenkammknochen, median-sagittale Spaltung der Maxilla und Angle-Klassifikation) bezüglich ihres Einflusses auf den Blutverlust und die Operationsdauer untersucht.

Da besonders eine Impaktion der Maxilla im Molarenbereich wegen des erforderlichen Knochenabtrages für einen erhöhten Blutverlust verantwortlich gemacht wird^{54, 99}, wurde aus dem Archiv der Modelloperationen für alle bimaxillären Operationen die geplanten vertikalen Verschiebungen der Regionen 18 und 28 in Millimetern ermittelt. Als Maß für die geplante Impaktion wurde die Summe aus den Vektoren der rechten und der linken Seite gebildet und diese mit dem operativen Blutverlust und der Operationszeit verglichen.

In Anlehnung an die von Kleinschmidt⁵³ vorgeschlagene Definition wurde ein mittlerer arterieller Blutdruck von 50 bis 60 mmHg als kontrollierte Hypotension gewertet. Die Durchführung einer so definierten kontrollierten Hypotension während des Zeitraums der LeFort-I-Osteotomie (siehe Kapitel 2.6.1.1) wurde ebenfalls mit dem operativen Blutverlust und der Operationszeit verglichen. Für alle Untersuchungen wurde der nach Brecher et al.¹³ objektiv berechnete Blutverlust als Grundlage verwendet.

2.7 Statistische Methoden

Die Statistische Auswertung wurde mit dem Programm „Statistical Package for the Social Sciences“ (SPSS®) für Microsoft Windows™ vorgenommen.

Das untersuchte Patientenkollektiv und seine allgemeinen operativen Daten wurden durch deskriptive Statistiken dargestellt. Für die einzelnen operativen Verfahren (mono- oder bimaxilläre Operationen) wurde anhand der Transfusionshäufigkeiten die Transfusionsbedarfsliste des Universitätsklinikums Gießen und Marburg GmbH, Standort Gießen, erstellt. Die Überprüfung und Abschätzung des

Transfusionsbedarfes erfolgte wie beschrieben durch eine deskriptive Darstellung der perioperativen Laborwerte und durch den Vergleich zwischen dem maximal zulässigen und dem operativen Blutverlust.

Die bimaxillär operierten Patienten wurden anhand ihres maximal zulässigen Blutverlustes in drei verschiedene Klassen eingeordnet. Die Grenzen dieser Klassen (< 2000 ml; 2000-3000 ml; > 3000 ml) wurden dabei so gewählt, dass etwa drei gleich große und vergleichbare Kollektive entstanden. Diese wurden anhand von Sechsfeldertafeln auf das Auftreten einer Transfusion, das Auftreten von transfusionspflichtigen Laborwerten (Hämatokrit $\leq 0,22$ oder Hämoglobinwert $\leq 7,5$ g/dl) und auf das Überschreiten des maximal zulässigen Blutverlustes durch den operativen Blutverlust untersucht. Die Sechsfeldertafeln wurden mit dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson und dem exakten Test nach Fisher auf Unterschiede zwischen den Klassen getestet. Sofern die Erwartungshäufigkeit eines Feldes dabei unter fünf lag, wurde nur der exakte Test nach Fisher angewendet.

Unterschiede zwischen dem Hämatokrit und dem maximal-zulässigen Blutverlust vor und nach einer Eigenblutspende wurden mit dem t-Test für abhängige Stichproben (Hämatokrit) bzw. dem nicht-parametrischen Wilcoxon-Test (maximal zulässiger Blutverlust) durchgeführt.

Der Zusammenhang zwischen dem nach Brecher et al.¹³ berechneten und dem vom anästhesiologischen Personal geschätzten Blutverlust wurde mit einer Korrelationsanalyse nach Pearson (lineare Regression) und dem Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman überprüft. Da auch große Differenzen zwischen zwei Merkmalen noch gut zueinander korrelieren können, wurde zusätzlich eine Bland-Altman-Analyse zur Beurteilung des Methodenunterschiedes durchgeführt⁸. Dabei wird eine zweite lineare Regression zwischen der Differenz und dem Mittelwert der beiden Merkmale durchgeführt. Die Lage der resultierenden Regressionsgeraden (über oder unter Null) kann eine Tendenz zur Über- oder Unterbefundung aufzeigen, während die Steigung über eine mögliche Beeinflussung der Schwankungsbreite durch die Höhe der Messungen informiert.

Der Zusammenhang zwischen der Operationsdauer und dem Blutverlust wurde mit einer Korrelationsanalyse nach Spearman untersucht. Unterschiede zwischen den

verschiedenen operativen Parametern bei bimaxillären Operationen wurden mit dem Mann-Whitney-U-Test und dem Kruskal-Wallis-Test überprüft. Der Zusammenhang zwischen der in der Modelloperation für den Molarenbereich geplanten maxillären Impaktion (Summe der geplanten vertikalen Verschiebung beider Kieferhälften in Millimetern) und dem Blutverlust bzw. der Operationszeit wurde ebenfalls mit einer Korrelationsanalyse nach Spearman untersucht.

Alle Tests wurden auf einem Signifikanzniveau von $p < 0,05$ durchgeführt.

3 Ergebnisse

Im Zeitraum von 01.01.1997 bis zum August 31.08.2005 wurden in der Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie insgesamt 122 Umstellungsosteotomien an 121 Patienten vorgenommen. Ein Patient musste sich nach einer bimaxillären Umstellungsosteotomie wegen eines rezidierten offenen Bisses einer Reoperation im Oberkiefer unterziehen. Von 121 Patienten waren 69 (57,0 %) Patienten weiblich und 52 (43,0 %) Patienten männlich. Das Körpergewicht der Patienten lag zwischen 39 und 125 kg und betrug im Mittel 69,3 kg (Median: 65 kg). Die präoperative Risikoeinschätzung anhand der ASA-Klassifikation ergab in 118 Fällen (96,7 %) eine Einstufung in die Klassen I und II und nur in vier (3,3 %) Fällen eine höhere Einstufung. Von den 122 Operationen wurden zwölf (9,8 %) als mandibuläre, 28 (23,0 %) als maxilläre und 82 (67,2 %) als bimaxilläre Umstellungsosteotomie durchgeführt. Die durchschnittliche Operationszeit betrug bei den mandibulären Operationen 144 Minuten (\pm 47 Minuten), bei den maxillären Operationen 169 Minuten (\pm 52 Minuten) und bei den bimaxillären Operationen 312 Minuten (\pm 84 Minuten).

3.1 Transfusionsbedarfsliste bei den Dysgnathie-Operationen

Häufigkeit perioperativer Transfusionen

In 89 von 122 Fällen (73 %) wurde vor dem dysgnathiechirurgischen Eingriff eine Eigenblutspende durchgeführt. Eigenblutspender wurden perioperativ in 79 von 89 Fällen (88,8 %) transfundiert, während Nicht-Eigenblutspender nur in zwei von 33 Fällen (6,1 %) transfundiert wurden. In einem von 89 Fällen (1,1 %) musste einem Eigenblutspender zusätzlich Fremdblut transfundiert werden. Bei den Nicht-Eigenblutspendern wurde in vier Fällen (bei drei bimaxillären und einer maxillären Operation) eine akute normovolämische Hämodilution durchgeführt. In allen vier Fällen fand keine zusätzliche Transfusion von Fremdblut statt.

Tabelle 1: Transfusionshäufigkeit in Abhängigkeit des operativen Verfahrens.

perioperativ transfundiert	Mandibuläre Op.	Maxilläre Op.	Bimaxilläre Op.
Eigenblutspender	0 / 2 0,0%	17 / 22 77,3%	62 / 65 95,4%
Nicht-Eigenblutspender	0 / 10 0,0%	0 / 8 0,0%	2 / 17 11,8%
Gesamt	0 / 12 0,0%	17 / 28 60,7%	64 / 82 78,1%

Unter Einbeziehung der Eigenbluttransfusionen lag die Transfusionshäufigkeit sowohl bei den bimaxillären als auch bei den maxillären Operationen oberhalb von 10 %. Bei den bimaxillären Operationen wurde die Grenze von 10 % auch bei isolierter Betrachtung der Fremdbluttransfusionen überschritten.

Menge und Ort der transfundierten Einheiten

Bei 81 von 122 Operationen wurde perioperativ Blut transfundiert. Bei vier Operationen wurde dabei jeweils eine Blutkonserve, bei 62 Operationen jeweils zwei Blutkonserven, bei 14 Operationen jeweils drei Konserven und bei einer Operation vier Blutkonserven verabreicht. Tabelle 2 zeigt die Verteilung in Abhängigkeit des operativen Vorgehens.

Tabelle 2: Transfundierte Konserven in Abhängigkeit des operativen Verfahrens.

Anzahl der Konserven	Mandibuläre Op.	Maxilläre Op.	Bimaxilläre Op.
1 Konserve	0 0,0%	2 11,8%	2 3,1%
2 Konserven	0 0,0%	14 82,4%	48 75,0%
3 Konserven	0 0,0%	1 5,8%	13 20,3%
4 Konserven	0 0,0%	0 0,0%	1 1,6%

Die Transfusionen wurden im Operationssaal (OP), im Aufwachraum (AWR), auf der Operativen Intensivstation und der Normalstation der Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie durchgeführt. Von insgesamt 174 Fremd- und Eigenblutkonserven wurden 145 (83,3 %) intraoperativ, 18 (10,4 %) postoperativ im AWR, sieben (4,0 %) auf der Intensivstation und vier auf der Normalstation (2,3 %) verabreicht.

verabreicht. Fünf von 174 Konserven waren homologe Erythrozytenkonzentrate. Diese wurden ausnahmslos auf der Operativen Intensivstation verabreicht.

Retransfusion von Eigenblut

In zehn von 89 Fällen (11,2 %) wurde das Eigenblut zur Operation gar nicht retransfundiert und in weiteren 14 Fällen (15,7 %) wurde nur ein Teil der vorhandenen Eigenblutkonserven verabreicht. Somit wurde in 65 von 89 Fällen (73,0 %) das gesamte präoperativ gespendete Eigenblut intra- und postoperativ wieder retransfundiert. Tabelle 3 zeigt die Häufigkeiten der Retransfusionen bei den einzelnen operativen Prozeduren. Insgesamt wurden von 207 Eigenblutkonserven, die für die elektiven Operationen zur Verfügung standen, 38 (18,4 %) verworfen. Bei den mandibulären Osteotomien wurden vier von vier (100 %) Konserven verworfen, bei den maxillären Eingriffen wurden 15 von 48 (31,3 %) Konserven und bei bimaxillären Operationen wurden 19 von 155 (12,3 %) Konserven verworfen.

Tabelle 3: Retransfusion der autologen Erythrozytenkonzentrate in Abhängigkeit des operativen Vorgehens.

Retransfusion	Mandibuläre Op.		Maxilläre Op.		Bimaxilläre Op.	
Keine Retransfusion	2	100,0%	5	22,7%	3	4,6%
Partielle Retransfusion	0	0,0%	1	4,5%	13	20,0%
Komplette Retransfusion	0	0,0%	16	72,7%	49	75,4%
präop. Eigenblutspende	2	16,7%	22	78,6%	65	79,3%

Entwicklung der Transfusionshäufigkeit im zeitlichen Verlauf

Die Transfusionshäufigkeit war von 1997 bis 2002 unter Berücksichtigung aller Dysgnathieoperationen auf einem konstant hohen Niveau von mehr als 60 %. Erst ab dem Jahr 2003 war eine rückläufige Tendenz zu beobachten (Abbildung 3). Die alleinige Betrachtung der bimaxillären Operationen ergab von 1997 bis 2002 sogar eine Transfusionshäufigkeit von 100 %. Auch hier zeigte sich ab 2003 eine rückläufige Tendenz (Abbildung 4).

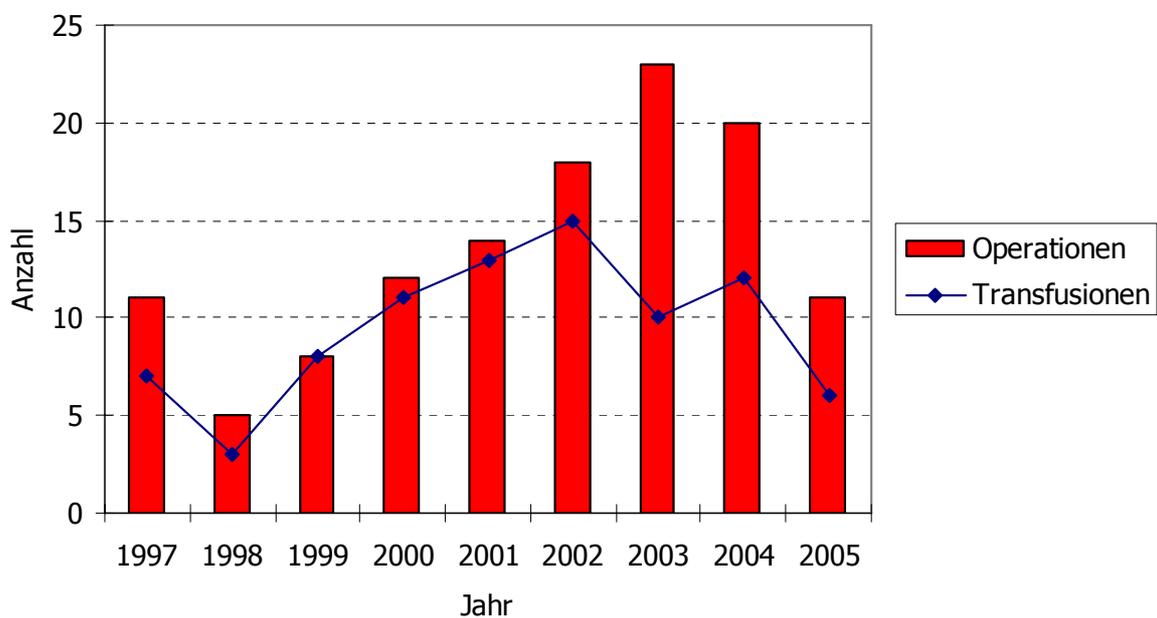


Abbildung 3: Transfusionshäufigkeit bei Dysgnathieoperationen von Januar 1997 bis August 2005. ANH wurden in dieser Darstellung als Transfusion gewertet.

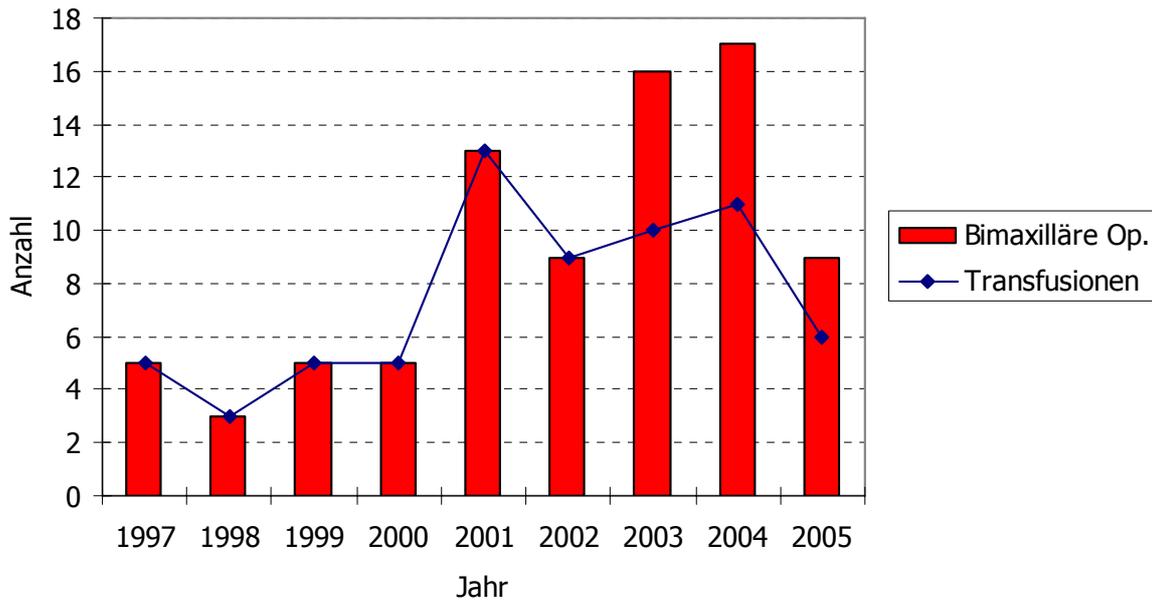


Abbildung 4: Transfusionshäufigkeit bei bimaxillären Operationen von Januar 1997 bis August 2005. ANH wurden in dieser Darstellung als Transfusion gewertet.

3.2 Abschätzung und Überprüfung des Transfusionsbedarfs

Zur Abschätzung und Überprüfung des Transfusionsbedarfs wurden wie in der Arbeit von Nkenke et al.⁷⁸ die perioperativ gemessenen Laborwerte (Hämoglobin und Hämatokrit) ermittelt. In 117 von 122 Fällen konnten dabei nicht alle Laborwerte retrospektiv erhoben werden (bei zwei maxillären und drei mandibulären Operationen). Tabelle 4 zeigt die Mittelwerte des perioperativ gemessenen Hämatokrits. Der niedrigste intraoperativ gemessene Hämatokrit betrug bei den bimaxillären Operationen im Mittel $0,28 \pm 0,05$, bei den maxillären Operationen $0,32 \pm 0,06$ und bei den mandibulären Operationen $0,35 \pm 0,05$ (Tabelle 4).

Tabelle 4: Abfall des Hämatokrits bei den unterschiedlichen Operationen.
 Präoperativer (Hct_0), kleinster intraoperativer (Hct_{min}) und postoperativer (Hct_{dc})
 Hämatokritwert bei 117 Operationen.

Operation	$Hct_0 \pm SD$	$Hct_{min} \pm SD$	$Hct_{dc} \pm SD$
Mandibuläre Osteotomie	$0,39 \pm 0,05$	$0,35 \pm 0,05$	$0,35 \pm 0,05$
Maxilläre Osteotomie	$0,41 \pm 0,04$	$0,32 \pm 0,06$	$0,35 \pm 0,05$
Bimaxilläre Osteotomie	$0,39 \pm 0,04$	$0,28 \pm 0,05$	$0,30 \pm 0,05$

Um die Höhe des zu erwartenden Blutverlustes bei den einzelnen operativen Verfahren ermitteln zu können, wurde für die 117 Operationen der Median des vom anästhesiologischen Personal geschätzten Blutverlustes ermittelt. Dieser lag bei den mandibulären Operationen bei 400 ml [100-1200 ml], bei den maxillären Operationen bei 850 ml [400-2400 ml] und bei den bimaxillären Operationen bei 1300 ml [100-3500 ml] (Abbildung 5).

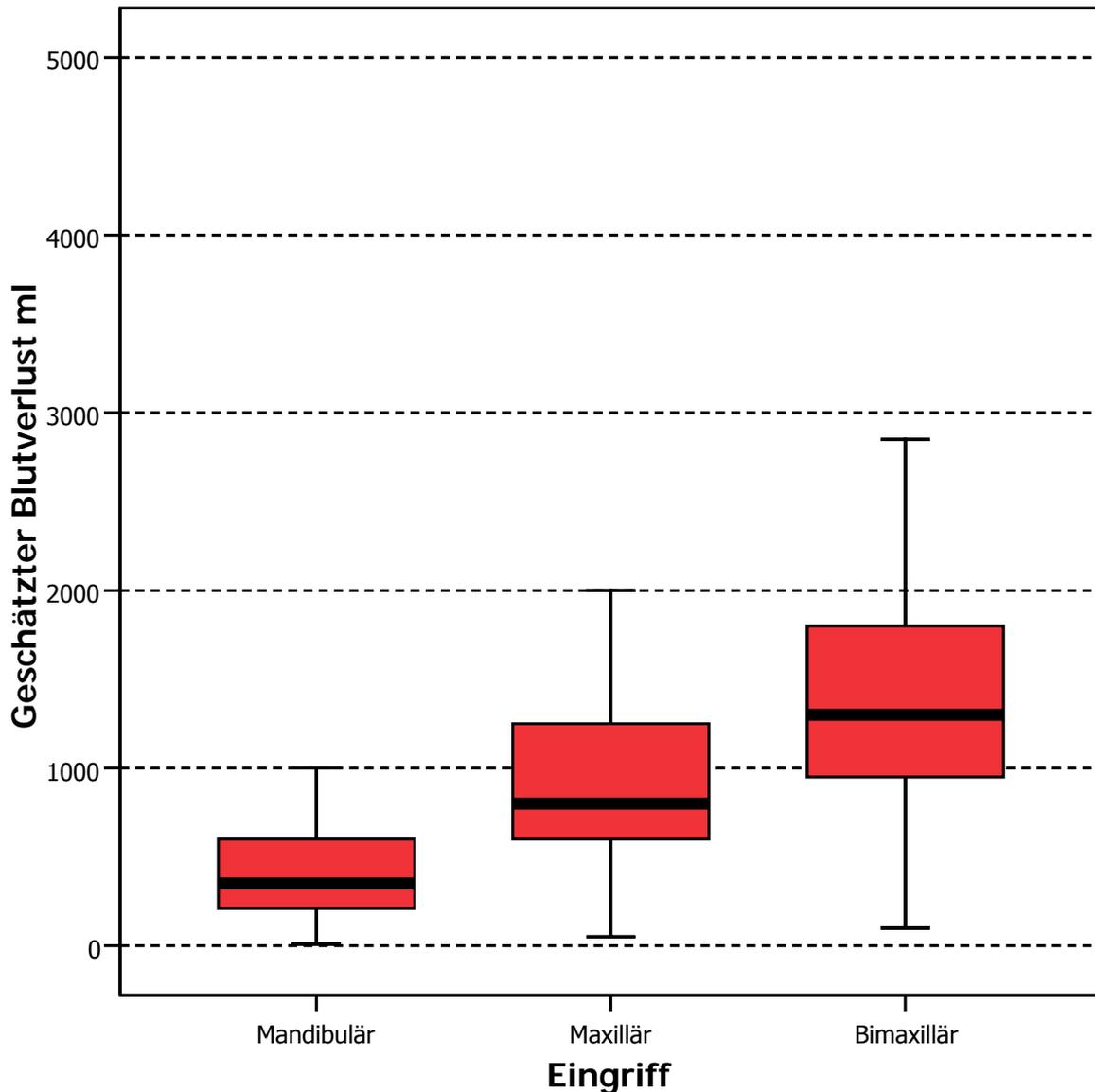


Abbildung 5: Geschätzter Blutverlust bei den 117 auswertbaren Operationen.

Zusätzlich wurde der Blutverlust nach der Methode von Brecher et al. ¹³ auf der Basis der perioperativen Hämatokritwerte berechnet. Dabei lag der Median der mandibulären Operationen bei 548 ml [81-883 ml], der Median der maxillären Operationen bei 1264 ml [205-4104 ml] und der Median der bimaxillären Operationen bei 2129 ml [646-5175 ml] (Abbildung 6). Der über das Rechenverfahren ermittelte Blutverlust lag damit wie in der Untersuchung von Brecher et al. ¹³ über dem geschätzten Blutverlust.

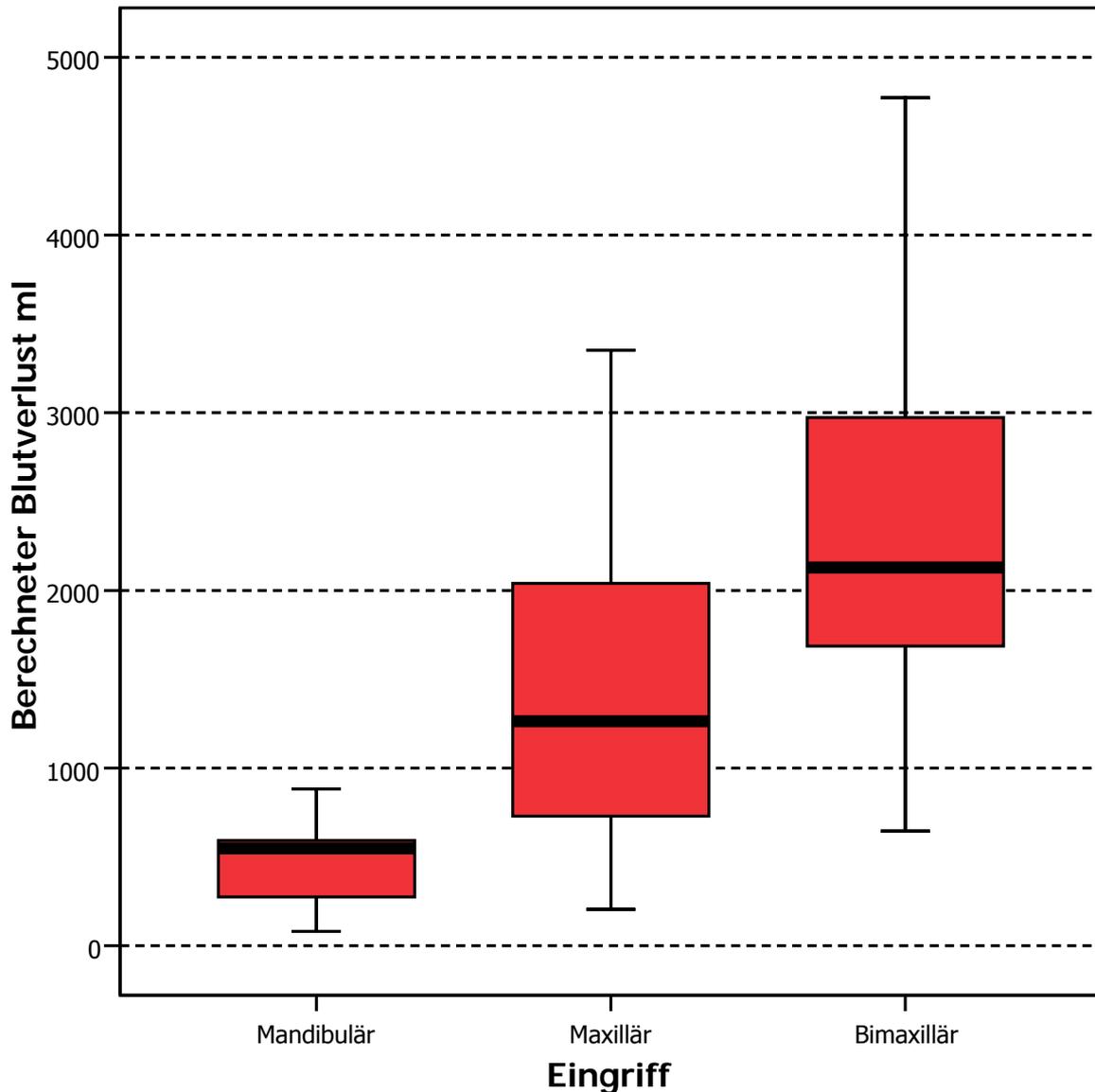


Abbildung 6: Berechneter Blutverlust bei den 117 Operationen.
 Der Blutverlust wurde mit der Methode nach Brecher et al. ¹² auf der Basis der Labordaten objektiv berechnet.

Zur weiteren Überprüfung der Transfusionsbedürftigkeit wurde für jeden Patienten der maximal zulässige Blutverlust aus den individuellen präoperativen Basisdaten (Geschlecht, Körpergröße, Gewicht und präoperativer Hämatokrit) berechnet und mit dem geschätzten und dem berechneten operativen Blutverlust verglichen. Eine Überschreitung des individuell zulässigen Blutverlustes durch den geschätzten Blutverlust trat in nur sieben von 117 Fällen auf. Dabei handelte es sich um sieben

von 82 (8,5 %) Fällen um bimaxilläre Operationen. Eine Überschreitung des maximal zulässigen Blutverlustes durch den berechneten Blutverlust trat in 38 von 117 Fällen (32,5 %) auf. Davon entfielen vier Fälle auf maxilläre Operationen (15,4 %) und 34 Fälle auf bimaxilläre Operationen (41,5 %). Zwischen der Häufigkeit der Transfusionen (60 % bei maxillären, 80 % bei bimaxillären Operationen) und der Häufigkeit des Überschreitens des individuell zulässigen Blutverlustes bestand unabhängig vom Erhebungsverfahren eine deutliche Diskrepanz.

3.3 Einfluss des maximal zulässigen Blutverlustes

Nach den Richtlinien des „Arbeitskreises Blut“ vom 17.03.2005¹⁹ ist die Ermittlung der individuellen präoperativen Basisdaten (Blutbild, Hämatokrit, Körpergewicht, errechnetes Blutvolumen und minimaler postoperativer Hämatokrit) notwendige Voraussetzung jeder Eigenblutentnahme. Aus ihnen lässt sich der individuelle maximale zulässige Blutverlust errechnen^{3, 36, 40, 62, 77, 93}, der im Vergleich mit dem voraussichtlichen Blutverlust zur geforderten individuellen Indikationsstellung zur Eigenblutspende benötigt wird¹⁹.

Um den Einfluss des maximal zulässigen Blutverlustes auf das Transfusionsrisiko analysieren zu können, wurden die 82 bimaxillär operierten Patienten bezüglich dieser Größe in drei etwa gleich große Klassen eingeteilt (< 2000 ml; 2000-3000 ml; > 3000 ml). Diese wurden auf die Häufigkeiten der Transfusionen, das Auftreten von transfusionspflichtigen Laborwerten (Hämatokrit $\leq 0,22$ / Hämoglobin $\leq 7,5$ g/dl) und das Überschreiten des zulässigen durch den operativen Blutverlust untersucht. Dabei zeigte sich, dass bei einem niedrigen zulässigen Blutverlust signifikant häufiger transfusionspflichtige Laborwerte gemessen worden waren ($p < 0,05$) (Tabelle 5). Auch wurde ein niedriger zulässiger Blutverlust signifikant häufiger durch den nach Brecher et al.¹³ berechneten Blutverlust überschritten ($p < 0,01$) (Tabelle 6). Transfusionen hingegen wurden bei einem niedrigen zulässigen Blutverlust nicht signifikant häufiger durchgeführt ($p = 0,195$). Wie in Tabelle 7 zu sehen ist hier lediglich eine Tendenz zu einer höheren Transfusionshäufigkeit bei einem niedrigen zulässigen Blutverlust zu erkennen. Die nicht vorhandene Signifikanz könnte auf die generell hohe Transfusionshäufigkeit bei den Eigenblutspendern zurückzuführen sein.

Tabelle 5: Auftreten transfusionspflichtiger Laborwerte (Hämoglobin $\leq 7,5$ g/dl; Hämatokrit $\leq 0,22$) in Abhängigkeit der Höhe des maximal zulässigen Blutverlustes. Der exakte Test nach Fisher ergab ein signifikantes Ergebnis ($p < 0,05$).

			Transfusionspflichtige Laborwerte		
			NEIN	JA	Gesamt
Maximal zulässiger Blutverlust bis zu einem Hämatokrit von 0,22	< 2000 ml	Anzahl	19	7	26
		relative Häufigkeit	73,1%	26,9%	100,0%
	2000 - 3000 ml	Anzahl	28	2	30
		relative Häufigkeit	93,3%	6,7%	100,0%
	> 3000 ml	Anzahl	25	1	26
		relative Häufigkeit	96,2%	3,8%	100,0%
Gesamt		Anzahl	72	10	82
Exakter Test nach Fisher: $p < 0,05$		relative Häufigkeit	87,8%	12,2%	100,0%

Tabelle 6: Überschreitungen des individuellen maximal zulässigen Blutverlustes durch den operativen Blutverlust in Abhängigkeit der Höhe des zulässigen Blutverlustes. Der Chi-Quadrat-Test nach Pearson und der exakte Test nach Fisher ergaben ein hochsignifikantes Ergebnis ($p < 0,01$).

			Überschreitung des zulässigen Verlustes		
			NEIN	JA	Gesamt
Maximal zulässiger Blutverlust bis zu einem Hämatokrit von 0,22	< 2000 ml	Anzahl	10	16	26
		relative Häufigkeit	38,5%	61,5%	100,0%
	2000 - 3000 ml	Anzahl	16	14	30
		relative Häufigkeit	53,3%	46,7%	100,0%
	> 3000 ml	Anzahl	22	4	26
		relative Häufigkeit	84,6%	15,4%	100,0%
Gesamt		Anzahl	48	34	82
Exakter Test nach Fisher: $p < 0,01$		relative Häufigkeit	58,5%	41,5%	100,0%

Tabelle 7: Perioperative Transfusionen in Abhängigkeit der Höhe des maximal zulässigen Blutverlustes (ANH: Durchführung einer akuten normovolämischen Hämodilution). Der exakte Test nach Fisher ergab keinen signifikanten Zusammenhang ($p=0,195$).

			Perioperative Transfusion			Gesamt
			ANH	NEIN	JA	
Maximal zulässiger Blutverlust bis zu einem Hämatokrit von 0,22	< 2000 ml	Anzahl	0	3	23	26
		relative Häufigkeit	0,0%	11,5%	88,5%	100%
	2000 - 3000 ml	Anzahl	2	4	24	30
		relative Häufigkeit	6,7%	13,3%	80,0%	100%
	> 3000 ml	Anzahl	1	8	17	26
		relative Häufigkeit	3,8%	30,8%	65,4%	100%
Gesamt		Anzahl	3	15	64	82
Exakter Test nach Fisher: $p=0,195$		relative Häufigkeit	3,7%	18,3%	78,0%	100%

3.4 Einfluss der Eigenblutspende

Bei den präoperativ durchgeführten Eigenblutspenden wurden im Durchschnitt 2,3 Einheiten gespendet. Dies führte zu einer signifikanten Absenkung des präoperativen Hämatokrits ($p < 0,01$). Dabei kam es vom Zeitpunkt der ersten Spende bis zum Tag vor der Operation im Durchschnitt zu einer Absenkung des Hämatokrits von 0,037. Da dadurch auch der maximal zulässige Blutverlust signifikant gemindert wurde ($p < 0,01$), hatten Eigenblutspender bezüglich des Transfusionsbedarfes eine schlechtere Ausgangssituation als Nicht-Eigenblutspender (Tabelle 8). Das bedeutet, dass das Verwerfen von Eigenblutkonserven letztlich zu einem niedrigeren postoperativen Hämatokrit führen konnte, als dies ohne die Durchführung einer Eigenblutspende zu erwarten gewesen wäre.

Tabelle 8: Abfall des präoperativen Hämatokrits (Hk) und des maximal zulässigen Blutverlustes (z. BV) durch die Eigenblutspende.
 Der t-Test für abhängige Stichproben bzw. der nicht-parametrische Wilcoxon-Test ergaben jeweils ein signifikantes Ergebnis ($p < 0,01$).

	MW	SD	CI	Median	Range	p
Hk (vor der Eigenblutspende)	0,42 ± 0,04		[0,41 ; 0,43]	0,42	[0,40 ; 0,45]	
Hk (präoperativ)	0,38 ± 0,03		[0,38 ; 0,39]	0,38	[0,36 ; 0,41]	<0,01
z. BV (vor der Eigenblutspende)	2931 ± 831		[2756 ; 3106]	2712	[2299 ; 3692]	
z. BV (präoperativ)	2517 ± 756		[2356 ; 2677]	2411	[1879 ; 3113]	<0,01

Da der maximal zulässige Blutverlust vor der Eigenblutspende höher war als unmittelbar präoperativ, wurde mit diesem höheren zulässigen Blutverlust ein zusätzlicher hypothetischer Vergleich mit dem operativen Blutverlust durchgeführt. Sofern dabei der vom anästhesiologischen Personal geschätzte Blutverlust verwendet wurde, war der operative Blutverlust nur noch bei drei von 82 bimaxillär operierten Patienten (3,7 %) größer als der zulässige Blutverlust. Unter Berücksichtigung des nach Brecher et al. berechneten Verlustes trat eine Überschreitung des zulässigen Blutverlustes noch bei drei von 26 isoliert maxillär operierten Patienten (11,5 %) und bei 22 von 82 bimaxillär operierten Patienten (26,8 %) auf. Die nach Klassen getrennte Analyse der 82 bimaxillären Operationen zeigte wiederum, dass bei Patienten mit einem niedrigeren maximal zulässigen Blutverlust signifikant häufiger Überschreitungen durch den berechneten operativen Blutverlust auftraten ($p < 0,01$) (Tabelle 9).

Tabelle 9: Überschreitungen des maximal zulässigen durch den operativen Blutverlust in Abhängigkeit der Höhe des zulässigen Blutverlustes. Der zulässige Blutverlust wurde hier mit dem Hämatokrit vor der ersten Eigenblutspende berechnet. Der exakte Test nach Fisher ergab ein signifikantes Ergebnis ($p < 0,01$).

			Überschreitung des zulässigen Verlustes		
			NEIN	JA	Gesamt
Maximal zulässiger Blutverlust bis zu einem Hämatokrit von 0,22 ohne Absenkung des präoperativen Hämatokrits durch die Eigenblutspende	< 2000 ml	Anzahl	5	4	9
		relative Häufigkeit	55,6%	44,4%	100,0%
	2000 - 3000 ml	Anzahl	26	15	41
		relative Häufigkeit	63,4%	36,6%	100,0%
	> 3000 ml	Anzahl	29	3	32
		relative Häufigkeit	90,6%	9,4%	100,0%
Gesamt		Anzahl	60	22	82
Exakter Test nach Fisher: $p < 0,01$		relative Häufigkeit	73,2%	26,8%	100,0%

In Bezug auf die in Deutschland geltende Wahrscheinlichkeitsgrenze von 10 %, ab der den Patienten die Eigenblutspende als Fremdblut sparendes Verfahren angeboten werden muss, lässt sich demnach für die Gießener Klinik feststellen, dass bei bimaxillär operierten Patienten mit einem maximal zulässigen Blutverlust von mehr als 3000 ml rechnerisch keine Eigenblutspende angeboten mehr werden muss. Auch wenn der tendenziell höhere berechnete Blutverlust als Grundlage für den Vergleich zwischen dem operativen und dem zulässigen Blutverlust verwendet wurde, lag bei diesen Patienten die relative Häufigkeit der Überschreitungen unterhalb von 10 %.

3.5 Einfluss des Erhebungsverfahrens

Wie in der Originalarbeit von Brecher et al.¹³ war der über das Rechenverfahren ermittelte operative Blutverlust höher als der von den Anästhesiologen geschätzte Blutverlust. Zum Vergleich der beiden Erhebungsverfahren wurde eine lineare Regressionsanalyse durchgeführt. Diese zeigte einen signifikanten Zusammenhang zwischen beiden Verfahren ($p < 0,01$). Der Korrelationskoeffizient nach Pearson lag

bei $r = 0,631$, der nicht-parametrische Korrelationskoeffizient nach Spearman bei $r = 0,630$ (Abbildung 7).

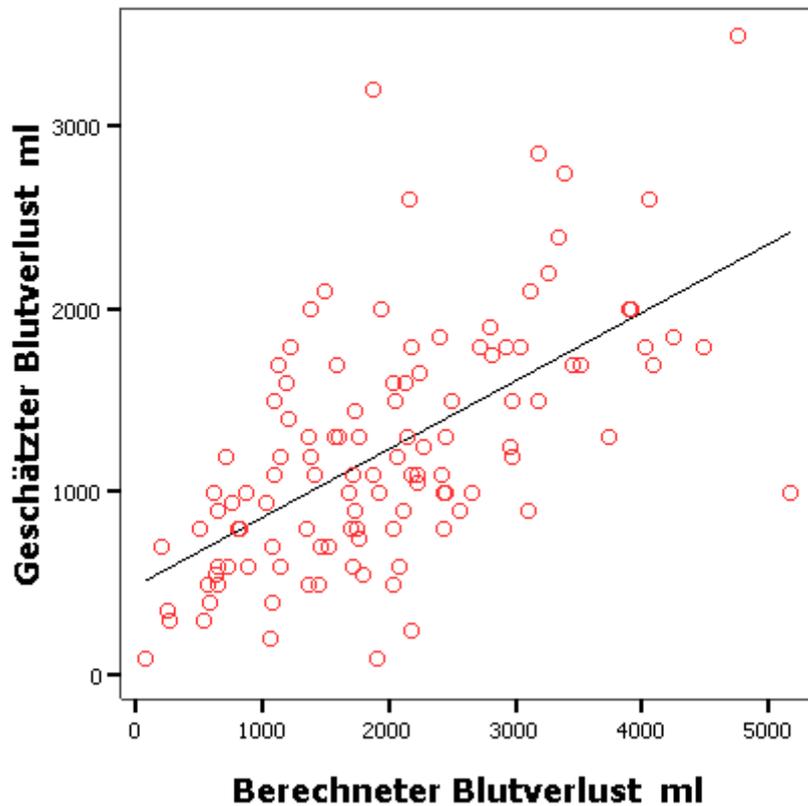


Abbildung 7: Lineare Regression zwischen dem geschätzten und dem berechneten Blutverlust
(Regressionsgerade: Schätzung = $0,4115 \times$ Berechnung + 406,8).
Die Analyse ergab einen signifikanten Zusammenhang ($p < 0,01$; $r = 0,63$).

Da trotz der hohen Korrelation zum Teil hohe Differenzen zwischen den Verfahren auftraten wurde eine Bland-Altman-Analyse zur Beurteilung des Methodenunterschiedes durchgeführt⁸. Danach lag der berechnete Blutverlust im Mittel signifikant über der Schätzung der Anästhesisten ($p < 0,01$). Die mittlere Abweichung betrug +760 ml wobei die Abweichungen mit zunehmender Menge des Blutverlustes immer größer wurden (Abbildung 8). Da die Regressionsgerade der

Bland-Altman-Transformation ansteigt ($p < 0,05$) können die Schätzung und die Berechnung nicht als äquivalente Erhebungsmethoden angesehen werden.

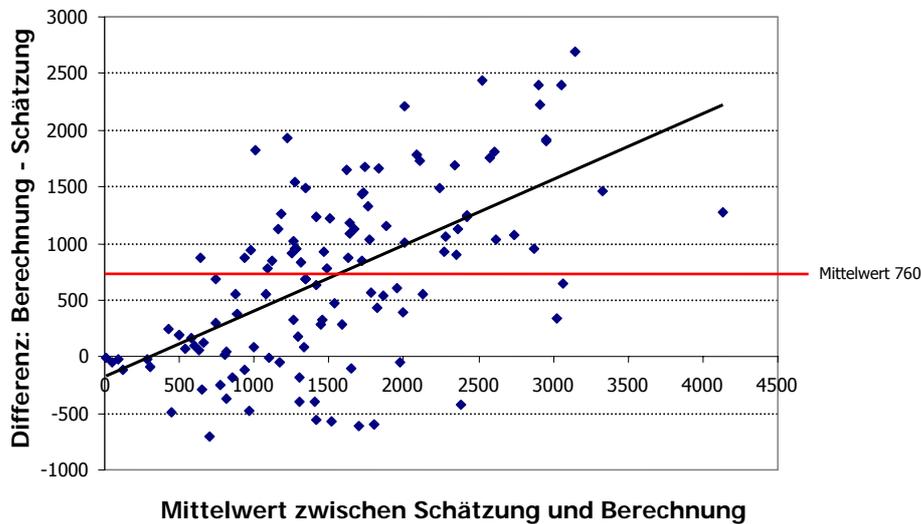


Abbildung 8: Bland-Altman-Transformation: Regression zwischen der Differenz und dem Mittelwert aus der Berechnung und der Schätzung des Blutverlustes⁸. Da die Regressionsgerade ansteigt ($p < 0,05$), können die Schätzung und die Berechnung des Blutverlustes trotz der hohen Korrelation nicht als äquivalent angesehen werden.

3.6 Einfluss der operativen Variablen

Um bei der präoperativen Planung die Abwägung für oder gegen eine Eigenblutspende weiter erleichtern zu können, wurden neben den individuellen Patientendaten auch operationstypische Variablen bezüglich ihres Einflusses auf die Operationsdauer und den Blutverlust untersucht. Dabei wurde der nach Brecher et al.¹³ objektiv berechnete Blutverlust als Grundlage verwendet.

Zwischen der Operationsdauer und dem berechneten Blutverlust ergab sich sowohl bei der Betrachtung aller 117 Operationen als auch bei einer isolierten Betrachtung der 82 bimaxillären Operationen ein signifikanter Zusammenhang ($p < 0,01$). Der Korrelationskoeffizient nach Spearman lag allerdings nur bei der gemeinsamen

Betrachtung aller 117 Operationen mit $r = 0,504$ in einer relevanten Größenordnung (Abbildung 9). Bei der isolierten Betrachtung der 82 bimaxillären Operationen erreichte Korrelationskoeffizient nur eine Größe von $r = 0,325$.

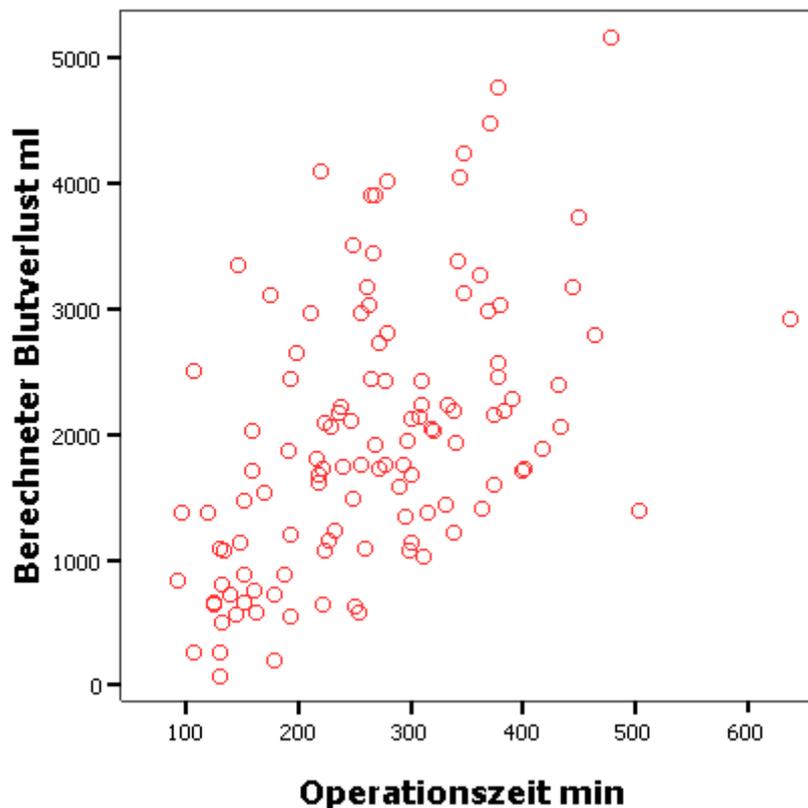


Abbildung 9: Grafische Darstellung des Zusammenhangs zwischen Operationszeit und berechnetem Blutverlust bei 117 Operationen ($p < 0,01$).
Der Korrelationskoeffizient nach Spearman lag bei $r=0,504$.

Bei der Untersuchung der 82 bimaxillären Operationen zeigte sich bei einer zusätzlichen Transplantation von Beckenkammknochen ein signifikant größerer Blutverlust ($p < 0,05$) und eine signifikant verlängerte Operationsdauer ($p < 0,01$). Eine zusätzliche median-sagittale Spaltung der Maxilla ergab zwar eine signifikant verlängerte Operationsdauer ($p < 0,05$), jedoch keine signifikante Erhöhung des Blutverlustes (Tabelle 10 und Tabelle 11). Die Klassifikation der Patienten nach Angle

und die Durchführung einer kontrollierten Hypotension während der LeFort-I-Osteotomie hatten weder auf die Operationsdauer noch auf den Blutverlust einen erkennbaren Einfluss. Auch die in der Modelloperation für den Molarenbereich geplante maxilläre Impaktion (Summe der vertikalen Verschiebung beider Kieferhälften in Millimetern) zeigte keine signifikante Korrelation mit dem Blutverlust ($r = -0,043$; $p = 0,698$) oder der Operationszeit ($r = 0,41$; $p = 0,712$). Abbildung 10 zeigt die Summe der geplanten vertikalen Impaktionen der Regionen 18 und 28 im Verhältnis zum operativen Blutverlust.

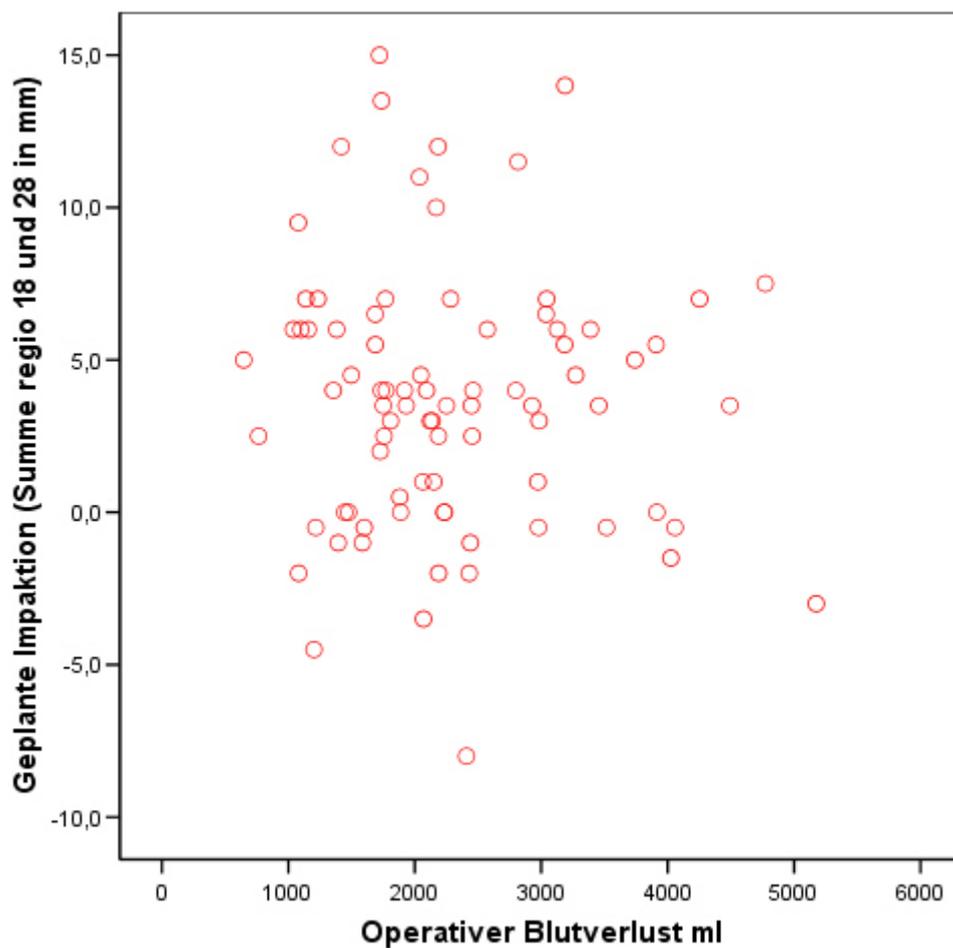


Abbildung 10: Grafische Darstellung des Zusammenhanges zwischen der geplanten Impaktion der Regionen 18 und 28 in der Modelloperation im 3D-OSS und dem berechneten Blutverlust bei 82 bimaxillären Operationen. Es war kein signifikanter Zusammenhang nachweisbar ($r = -0,043$; $p = 0,698$).

Tabelle 10: Zusammenhang zwischen den operativen Parametern (zusätzliche Transplantation von Beckenkammknochen, zusätzliche median-sagittale Spaltung der Maxilla, Klassifikation nach Angle, kontrollierte Hypotension) und dem berechneten Blutverlust (ml).
Das Symbol * kennzeichnet einen signifikanten Zusammenhang.

	Anzahl	MW	SD	CI	Median	Range	p
Keine Knochentransplantation	72	2190 ± 895		[1980 ; 2400]	2058	[1519 ; 2812]	
Knochentransplantation	10	3055 ± 1151		[2232; 3878]	2750	[2203 ; 4167]	0,02 *
Keine median sagittale Spaltung	61	2301 ± 989		[2049 ; 2555]	2092	[1644 ; 2976]	
Median sagittale Spaltung	21	2279 ± 911		[1864; 2694]	2250	[1636 ; 2983]	0,84
Angle-Klasse I	8	2564 ± 723		[1960 ; 3168]	2329	[2185 ; 3001]	
Angle-Klasse II	30	2351 ± 1210		[1899 ; 2803]	1945	[1415 ; 3030]	
Angle-Klasse III	44	2209 ± 809		[1963 ; 2455]	2066	[1696 ; 2899]	0,34
Keine kontrollierte Hypotension	66	2235 ± 937		[2005 ; 2466]	2066	[1665 ; 2630]	
Kontrollierte Hypotension	16	2545 ± 1066		[1977 ; 3113]	2708	[1546 ; 3303]	0,18

Tabelle 11: Zusammenhang zwischen den operativen Parametern (zusätzliche Transplantation von Beckenkammknochen, zusätzliche median-sagittale Spaltung der Maxilla, Klassifikation nach Angle, kontrollierte Hypotension) und der Operationsdauer (min).
Das Symbol * kennzeichnet einen signifikanten Zusammenhang.

	Anzahl	MW	SD	CI	Median	Range	p
Keine Knochentransplantation	72	300,1 ± 75		[283 ; 318]	292	[243 ; 349]	
Knochentransplantation	10	393,6 ± 106		[318; 470]	375	[326 ; 445]	<0,01 *
Keine median sagittale Spaltung	61	296,3 ± 75		[277 ; 316]	279	[240 ; 356]	
Median sagittale Spaltung	21	355,6 ± 96		[312; 399]	334	[298 ; 426]	0,01 *
Angle-Klasse I	8	343 ± 73		[282 ; 404]	339	[283 ; 419]	
Angle-Klasse II	30	297 ± 76		[269; 326]	275	[246 ; 355]	
Angle-Klasse III	44	315,8 ± 91		[288; 343]	311	[258 ; 368]	0,29
Keine kontrollierte Hypotension	66	315 ± 88		[293 ; 337]	302	[246 ; 375]	
Kontrollierte Hypotension	16	297 ± 66		[262 ; 332]	291	[256 ; 362]	0,69

4 Diskussion

Allogene Blutprodukte haben in den letzten Jahren ein hohes Maß an Sicherheit erreicht^{34, 64}. Trotzdem zeigen die Patienten nach wie vor ein hohes Interesse an der Vermeidung von Fremdbluttransfusionen durch autologe Hämotherapieverfahren⁷⁵. Im Bereich der kieferorthopädischen Chirurgie hat sich diesbezüglich neben der akuten normovolämischen Hämodilution^{14, 39, 57, 82, 85} besonders die Eigenblutspende bei der Durchführung von bimaxillären Umstellungsosteotomien als sicheres Verfahren zu Vermeidung von Fremdbluttransfusionen etabliert^{68, 84}. Viele Autoren empfehlen daher auch bis in die jüngere Zeit hinein vor bimaxillären Operationen generell eine Eigenblutspende durchzuführen^{54, 59, 68, 84}.

4.1 Nachteile der Eigenblutspende

Neben dem Vorteil der Vermeidung von Fremdbluttransfusionen müssen mit der Durchführung einer Eigenblutspende aber auch Nachteile in Kauf genommen werden. So wurde bereits mehrfach darüber berichtet, dass die Transfusionshäufigkeit (Fremdblut und Eigenblut) bei einer generellen Indikation zur Eigenblutspende insgesamt deutlich über dem normalen Niveau liegt^{20, 36}. So wurde zum Beispiel in der Studie von Gong et al. bei bimaxillären Operationen eine Transfusionshäufigkeit der Eigenblutspender von 47 % einer Transfusionshäufigkeit von 0 % bei den Nicht-Eigenblutspendern gegenübergestellt³³. Ähnliches wurde von Martini et al. berichtet⁶⁸. Hier war die Transfusionshäufigkeit der Eigenblutspender mit 56 % wie auch in der eigenen Untersuchung ebenfalls deutlich höher als die der Nichtspender. Da die Transfusion von autologen Konserven aufgrund der Verwechslungsgefahr, der Gefahr von bakteriellen Kontaminationen und möglicher hämolytischer Reaktionen nicht ohne Risiko sind, sollte die Transfusion von Eigenblut allenfalls unter einer geringfügig großzügigeren Indikationsstellung erfolgen⁹⁵. Dies führt jedoch zu einem weiteren Nachteil der Eigenblutspende. So wird berichtet, dass die Kosteneffektivität des Verfahrens auf Grund des oft hohen Anteils an verworfenen Erythrozytenkonzentraten als eher gering einzuschätzen ist⁹⁵. Goodnough et al. berichteten, dass bis zu 50 % der gesammelten autologen Konserven verworfen werden³⁶. In der Studie von Nkenke et al. an bimaxillär operierten Patienten

erhielten nur drei von 29 Eigenblutspendern eine Retransfusion des autologen Blutes⁷⁸. Damit lag der Anteil der verworfenen Konserven in dieser Arbeit sogar noch deutlich höher als bei 50 %.

Da die Eigenblutspende zu einer Absenkung des präoperativen Hämatokrits von 1 bis 3 % pro gespendeter Einheit führen kann, können beim Verwerfen der autologen Konserven sogar niedrigere postoperative Hämatokritwerte resultieren als dies ohne Eigenblutspende zu erwarten gewesen wäre²¹. Zudem scheint ein Teil der Patienten durch die präoperative Absenkung des Hämatokrits intraoperativ überhaupt erst transfusionsbedürftig zu werden⁹⁸. Mathematische Analysen konnten diesbezüglich zeigen, dass gerade ein hoher nicht-transfusionspflichtiger Blutverlust in Verbindung mit einer deutlichen Absenkung des präoperativen Hämatokrits zu einer solchen Transfusionspflichtigkeit führen kann²¹.

4.2 Abnehmende Bedeutung der Eigenblutspende

Neben den genannten Nachteilen, haben in den letzten Jahren vor allem strengere Transfusionsrichtlinien zum Bedeutungsrückgang der Eigenblutspende beigetragen. So gilt die alte 10/30-Regel, nach der ein Patient beim Unterschreiten eines Hämatokrits von 30 % oder eines Hämoglobinwertes von 10 g/dl transfundiert werden sollte als wissenschaftlich nicht mehr haltbar^{77, 95}. In der jüngeren Literatur werden daher für herzgesunde Patienten zum Teil Hämoglobinwerte von weniger als 7 g/dl als Transfusionstrigger gefordert^{64, 95}. Brecher et al. wiesen darauf hin, dass bei den meisten Patienten unter isovolämischer Hämodilution hohe Blutverluste entstehen müssen um derart niedrige Hämoglobinwerte zu erreichen¹¹. So haben Umstadt et al. in ihrer Untersuchung an bimaxillär operierten Patienten bei einem Transfusionstrigger von 7,5 g/dl keine generelle Indikation zur Eigenblutspende festgestellt⁹⁸. Sie betonten aber, dass bei einem Transfusionstrigger von 10 g/dl eine generelle Indikation zur Eigenblutspende gerechtfertigt gewesen wäre. Andere Autoren kamen diesbezüglich zu ähnlichen Ergebnissen^{33, 51, 78, 97}.

Neben den strengeren Transfusionskriterien wird auch die ständige Verbesserung der Sicherheit bei den allogenen Blutprodukten für den Bedeutungsrückgang der Eigenblutspende verantwortlich gemacht¹¹. Insbesondere die Wahrscheinlichkeit

einer transfusionsassoziierten viralen Infektion konnte durch das zusätzliche Screening mit Hilfe von Nukleinsäure-Amplifikationstechniken um eine ganze Zehnerpotenz gesenkt werden ⁷. So wurde zum Beispiel in einer Übersichtsarbeit von Dellinger et al. das Risiko einer transfusionsassoziierten Übertragung von Hepatitis C zu Beginn der neunziger Jahre noch auf etwa 1 zu 103.000 geschätzt ²². Im Jahre 2004 hingegen wurde das gleiche Risiko nur noch mit etwa 1 zu 1,6 Millionen beziffert ²². Nach einem Kongressbericht aus dem Jahr 2003 wurde das Restrisiko einer unerkannt gebliebenen HIV- oder Hepatitis-C-Infektion eines Blutspenders mit 1 zu 10 Millionen bis 1 zu 20 Millionen sogar als noch niedriger eingeschätzt ⁷. Nach Brecher und Goodnough war zu Beginn der neunziger Jahre die Reduktion von transfusionsassoziierten Virusinfektionen das überzeugendste Argument für den Einsatz der Eigenblutspende ¹¹. Da allogene Blutprodukte aber mittlerweile nahezu frei von HIV und Hepatitisviren sind, sei zukünftig ein deutlicher Rückgang am Interesse der Eigenblutspende zu erwarten ¹¹. Sofern eine neue transfusionsassoziierte Erkrankung identifiziert würde oder die Fremdblutspenden den Anforderungen des Blutverbrauches nicht mehr nachkommen könnten, könnte das Pendel zu Gunsten der Eigenblutspende zurück schwingen und neues Interesse an dem Verfahren erwecken ¹¹.

4.3 Situation in Gießen

Aufgrund der allgemein rückläufigen Bedeutung der präoperativen Eigenblutspende ¹¹ und der diesbezüglich im Bereich der Dysgnathiechirurgie widersprüchlichen Studienlage sollte auch in Gießen die Transfusionspraxis kritisch überprüft werden. Wie in den Richtlinien der Bundesärztekammer empfohlen, wurde daher eine Transfusionsbedarfsliste für die in Gießen operierten Dysgnathiepatienten erstellt. Unter Einbeziehung der autologen Konserven zeigte diese eine im Vergleich zu anderen Untersuchungen deutlich erhöhte Transfusionshäufigkeit für maxilläre und bimaxilläre Operationen. Auch bei einer isolierten Betrachtung der jüngeren Jahre war keine deutliche Verminderung der Transfusionshäufigkeit festzustellen.

4.3.1 Überprüfung der Transfusionspraxis

Da die Bedarfsliste mit einer Rate an verworfenen Eigenblutkonserven von nur 18,4 % (12,3 % bei den bimaxillären Operationen) eher für eine weitere Anwendung der Eigenblutspende sprach, wurde mit dem Verdacht auf eine liberalere Transfusionsindikation bei Eigenbluteinheiten zusätzlich eine rechnerische Abschätzung und Überprüfung der Transfusionsbedürftigkeit durchgeführt. Dies wurde entsprechend den Empfehlungen des „Arbeitskreises Blut“ des Bundesministeriums für Gesundheit und soziale Sicherung anhand der frühzeitig verfügbaren Basisdaten (Geschlecht, Körpergröße, Gewicht und präoperativer Hämatokrit), dem Blutverlust und dem minimalen akzeptablen intra- und postoperativen Hämatokrit mit einem Rechenverfahren durchgeführt¹⁹.

Bei der Bestimmung des Blutverlustes ergab sich jedoch das Problem, den Verlust der Patienten exakt zu bestimmen. Zahlreiche Autoren haben gezeigt, dass Schätzungen des operativen Blutverlustes nicht exakt sind, in der Regel unterschätzt werden und zum Teil erheblich von der tatsächlichen Menge abweichen können^{13, 26, 27, 71, 87}. So wurde auch im Bereich der Dysgnathiechirurgie bereits von einer Unterschätzung des tatsächlichen Blutverlustes von bis zu 50 % ausgegangen⁸⁶. Einige Autoren verzichteten daher auf die Angabe eines Blutverlustes und gaben stattdessen die Absenkung des Hämatokrit- oder des Hämoglobinwertes durch den operativen Eingriff an^{51, 78, 98}. Da diese Werte jedoch nicht linear abfallen und in erheblichem Maße vom Ausgangswert und vom Blutvolumen der Patienten abhängig sind^{13, 45, 62}, ist auch dieses Vorgehen nur von begrenzter Aussagekraft, insbesondere wenn es intraoperativ zur Transfusion von Erythrozyten kommt. Zusätzlich zu den Schätzungen des Blutverlustes durch die Anästhesiologen wurde daher der operative Blutverlust anhand der von Brecher et al. vorgeschlagenen Methode ermittelt¹³. Dieses Verfahren basiert auf den objektiven, perioperativ gemessenen Laborwerten und berücksichtigt neben dem Blutvolumen der Patienten auch die perioperativ durchgeführten Transfusionen. Es wurde von den Autoren für die Anwendung im Bereich der Transfusionsmedizin ausdrücklich empfohlen¹³.

Wie von Cohen et al. vorgeschlagen²¹, wurde der operative Blutverlust mit dem individuellen maximal zulässigen Blutverlust verglichen. Dieser Vergleich wurde jeweils zweimal, einmal mit dem geschätzten Blutverlust und einmal mit dem

berechneten Blutverlust durchgeführt. Sofern die Schätzung verwendet wurde, ergab sich nur bei 8,5 % der bimaxillären und bei keiner monomaxillären Operation eine Überschreitung. Wenn keine präoperative Eigenblutspende durchgeführt worden wäre, wäre sogar nur bei 3,7 % der bimaxillären Operationen eine Überschreitung aufgetreten. Wurde hingegen der nach Brecher⁵² berechnete Blutverlust verwendet, so traten Überschreitungen deutlich häufiger auf. Ohne die präoperative Absenkung des Hämatokrits durch die Eigenblutspende wäre hierbei immerhin noch bei 26,8 % der bimaxillären und bei 11,5 % der maxillären Operationen eine Überschreitung aufgetreten. Der daraus abzuleitende Transfusionsbedarf lag damit deutlich über dem aus der anästhesiologischen Schätzung resultierenden Bedarf. In Hinblick auf die tatsächliche Transfusionshäufigkeit (80% bei bimaxillären und 60 % bei maxillären Operationen) und die Häufigkeit des Auftretens von transfusionspflichtigen Laborwerten (12 % bei bimaxillären Operationen) ließ sich letztlich das Ergebnis aus dem berechneten Blutverlust besser mit der Realität vereinbaren als das des geschätzten Verlustes. Trotzdem war unabhängig vom Erhebungsverfahren zu erkennen, dass die Abschätzung der Transfusionsbedürftigkeit deutlich unter der tatsächlichen Transfusionshäufigkeit lag. Bei den bimaxillären Operationen wurde in fast 80 % der Fälle transfundiert, während der Vergleich zwischen dem maximal zulässigen und dem berechneten Blutverlust bei einem minimalen akzeptablen Hämatokrit von 22 % nur für etwa 40 % der Patienten eine Transfusionsbedürftigkeit ergab. Demnach hätte jede zweite Transfusion unterbleiben können. Bei den isoliert maxillären Operationen war diese Diskrepanz mit einer Transfusionshäufigkeit von über 60 % und einer berechneten Transfusionsbedürftigkeit von etwa 15 % sogar noch größer. Hier hätte man nach der Berechnung sogar auf 75 % der Transfusionen verzichten können. Da in den vergangenen acht Jahren nur die Eigenblutspender so häufig eine Transfusion von Erythrozyten erhalten hatten, kann man von einer deutlich liberaleren Indikationsstellung zur Transfusion bei den Eigenblutprodukten ausgehen. Dies wird auch durch die relativ hohen postoperativen Hämatokritwerte unterstrichen (Tabelle 4). Zukünftig sollte in Gießen daher eine deutliche Reduktion der Transfusionshäufigkeit bei maxillären und bimaxillären Operationen möglich sein.

4.3.2 Probleme bei der Umsetzung der Richtlinien

Nach den Empfehlungen soll die Indikation zur Eigenblutspende frühzeitig auf der Basis der Transfusionsbedarfsliste und einer individuellen Einschätzung des Transfusionsrisikos erfolgen¹⁹. Beide Verfahren werfen dabei aber erhebliche Probleme auf. Wenn wie in der eigenen Untersuchung die meisten Patienten einer autologen Hämotherapie zugeführt wurden, kann eine aussagekräftige Bedarfsliste nur unter Einbeziehung dieser Patienten erstellt werden. Da die in Gießen praktizierte generelle Durchführung einer präoperativen Eigenblutspende die Transfusionshäufigkeit aber ansteigen lassen kann, rechtfertigt sich das Verfahren unter Umständen von selbst: Aus juristischen Gründen wird den Patienten eine Eigenblutspende angeboten und die Patienten sind aus Angst vor einer transfusionsassoziierten Infektionsübertragung meistens mit der Eigenblutspende einverstanden⁷⁵. Der dadurch verminderte präoperative Hämatokrit und die oft liberalere Transfusionsindikation bei Eigenblutkonserven führen aber zu einer erhöhten Transfusionshäufigkeit. Diese wiederum begünstigt letztlich die Entscheidung für die Anordnung der Eigenblutspende.

Die zusätzliche Abschätzung des Transfusionsrisikos anhand der individuellen Patienten- und Labordaten kann in diesem Zusammenhang hilfreich sein, ist aber auf die unsichere Festlegung des Blutverlustes angewiesen. So wurden zum Beispiel für bimaxilläre Umstellungsosteotomien mittlere Blutverluste zwischen 256 und 1391 ml angegeben^{33, 59, 68, 72, 86, 97}. Diese Unterschiede erreichen eine Größenordnung von mehr als 500 % und werden noch größer, wenn man zusätzlich die Extremwerte der Verluste berücksichtigt²³. Um den operativen Blutverlust möglichst genau festlegen zu können, wurde in unserer Untersuchung daher neben der sonst üblichen Schätzung des Blutverlustes der nach Brecher et al.¹³ berechnete Blutverlust für die Abschätzung verwendet. Es zeigte sich jedoch, dass zum Teil erhebliche Unterschiede zwischen der Berechnung und der Schätzung auftraten. Die zum Vergleich zwischen beiden Verlusten durchgeführte Regressionsanalyse ergab bei guter Korrelation zwar einen hochsignifikanten Zusammenhang, die Bland-Altman-Analyse zeigte jedoch, dass die Erhebungsverfahren trotzdem nicht als äquivalent eingestuft werden können. Der berechnete Verlust lag in den meisten Fällen höher, in einigen Fällen jedoch auch niedriger als der geschätzte Blutverlust. Die

Abweichungen zwischen der Schätzung und der Berechnung waren bei kleinen Blutverlusten eher gering, wurden aber mit steigender Menge des Blutverlustes immer größer. Da in Hinblick auf den voraussichtlichen Transfusionsbedarf aber gerade die hohen Blutverluste von Interesse sind^{11, 21, 36}, erscheint die in den Richtlinien geforderte Ermittlung des zu erwartenden Blutverlustes außerordentlich problematisch zu sein. Berechnungen und Schätzungen des Blutverlustes sollten daher für Fragestellungen bezüglich der Transfusionsbedürftigkeit zukünftig mit entsprechenden Verfahren validiert werden⁴¹. Ob sich der Aufwand zu einer exakteren Bestimmung des Blutverlustes im Verhältnis zu möglichen Einsparungen von Blutprodukten allerdings lohnen kann, wird dann zu untersuchen sein.

4.3.3 Abschätzung des Transfusionsbedarfs in Gießen

Im Vergleich mit früheren Arbeiten^{33, 59, 68, 72, 86, 97} lag der operative Blutverlust unabhängig vom Erhebungsverfahren (berechnet oder geschätzt) eher in einem höheren Bereich. Bei zukünftigen präoperativen Einschätzungen des individuellen Transfusionsrisikos sollte daher in Gießen die Indikation zur Eigenblutspende generell eher etwas großzügiger gestellt werden.

4.3.3.1 Monomaxilläre Umstellungsosteotomien

Mandibuläre Osteotomien:

Bei sämtlichen isolierten Eingriffen im Unterkiefer wurden keine Transfusionen durchgeführt. Selbst beim Vorhandensein von Eigenblutkonserven wurden diese nicht zurück transfundiert. Überschreitungen des maximal zulässigen Blutverlustes traten weder unter Verwendung des berechneten, noch unter Verwendung des geschätzten Blutverlustes auf. Wie von zahlreichen anderen Autoren beschrieben⁶⁸ sollte daher vor monomaxillären Eingriffen im Unterkiefer auf eine Eigenblutspende verzichtet werden. Der zu erwartende Blutverlust liegt bei etwa 400 bis 550 ml.

Maxilläre Osteotomien:

Bei den maxillären Eingriffen lagen die Transfusionshäufigkeit und der Blutverlust deutlich höher als bei den mandibulären Eingriffen. Die Transfusionshäufigkeit lag bei etwa 60 % und damit deutlich über der Wahrscheinlichkeitsgrenze von 10 %, ab der den Patienten die Eigenblutspende als Fremdblut sparendes Verfahren angeboten werden soll. Der Vergleich zwischen dem maximal zulässigen und dem operativen Blutverlust zeigte jedoch, dass auf Grund der liberaleren Transfusionsindikation für Eigenblutprodukte zukünftig eine deutliche Absenkung der Transfusionshäufigkeit möglich sein sollte. Unter Berücksichtigung des maximal zulässigen Blutverlustes vor den Eigenblutspenden trat eine Überschreitung des zulässigen Verlustes durch den berechneten Blutverlust nur in drei der 26 auswertbaren Fälle (11,5 %) auf und transfusionspflichtige Laborwerte (Hämatokrit ≤ 22 %; Hämoglobin $\leq 7,5$ g/dl) waren mit einer Häufigkeit von 7,7 % ebenfalls selten. Eine Überschreitung des zulässigen durch den geschätzten Blutverlust sowie eine Transfusion von Fremdblut trat in keinem Fall auf. Die relative Häufigkeit der Überschreitungen des zulässigen durch den berechneten Blutverlust lag damit zwar knapp oberhalb von 10 %, sie konnte jedoch durch die Berechnung des zulässigen Blutverlustes mit einem noch akzeptablen Hämatokrit von 20 %⁷ ebenfalls unter die Häufigkeit von 10 % gesenkt werden. Mit dieser Betrachtungsweise lagen außer der tatsächlichen Transfusionsrate alle Anhaltspunkte für eine Transfusionsbedürftigkeit unter der Grenze von 10 %. Trotz der Transfusionshäufigkeit von mehr als 60 % ist der zukünftige Verzicht auf die präoperative Eigenblutspende vor maxillären Osteotomien damit auch in Gießen gerechtfertigt. Wie von Martini et al. vorgeschlagen⁶⁸ sollte nur bei einem besonders hohen individuellen Risiko (niedriges Blutvolumen, geringer präoperativer Hämatokrit) eine Eigenblutspende erwogen werden. Der zu erwartende Blutverlust liegt bei 850 bis 1260 ml.

4.3.3.2 Bimaxilläre Umstellungsosteotomien

Bei den bimaxillären Operationen lag die Transfusionshäufigkeit mit knapp 80 % deutlich über der Wahrscheinlichkeitsgrenze von 10 %. Auch bei einer isolierten Betrachtung der 17 Patienten, bei denen keine präoperative Eigenblutspende

durchgeführt worden war, lag die Transfusionshäufigkeit der allogenen Blutprodukte oberhalb von 10 %. Unter Berücksichtigung des maximal zulässigen Blutverlustes vor den Eigenblutspenden trat eine Überschreitung des zulässigen Verlustes durch den berechneten Blutverlust in 22 von 82 Fällen (26,8 %) auf und auch die Häufigkeit der transfusionspflichtigen Laborwerte (Hämatokrit ≤ 22 %; Hämoglobin $\leq 7,5$ g/dl) lag mit 12,2 % oberhalb der Wahrscheinlichkeitsgrenze von 10 %. Lediglich die Überschreitungen des zulässigen durch den geschätzten Blutverlust hatten mit 3,7 % eine relative Häufigkeit unterhalb von 10 %. Da auch eine Berechnung des maximal zulässigen Blutverlustes mit einem strengeren noch akzeptablen Hämatokrit von 20 %⁷ die Häufigkeit der Überschreitungen durch den berechneten Blutverlust nicht unter 10 % senken konnte, überwogen letztlich die Anhaltspunkte für eine weitere zukünftige Anwendung der Eigenblutspende bei bignathen Eingriffen. Der zu erwartende Blutverlust liegt zwischen 1300 und 2130 ml.

Berücksichtigung individueller Patientenparameter bei bimaxillären Osteotomien:

Trotz der unsicheren Festlegung des zum Teil hohen Blutverlustes bei bimaxillären Operationen lohnt sich jedoch die präoperative Bestimmung des maximal zulässigen Blutverlustes. In diesen Wert gehen alle als Prädiktoren eines erhöhten Transfusionsrisikos identifizierte Parameter (Geschlecht, Gewicht, Größe, Blutvolumen und präoperativer Hämatokrit) ein^{21, 50, 52, 101} und die Bestimmung entspricht zudem den aktuellen Empfehlungen des „Arbeitskreises Blut“ des Bundesministeriums für Gesundheit und soziale Sicherung bezüglich der Indikationsstellung zur Eigenblutspende¹⁹.

Mit der nach Klassen getrennten Auswertung konnte in dieser Untersuchung trotz der liberalen Indikationsstellung bei den Eigenblutprodukten gezeigt werden, dass ein niedriger maximal zulässiger Blutverlust bei bimaxillären Osteotomien mit einem erhöhten Transfusionsrisiko einhergeht. So wurden transfusionspflichtige Laborwerte bei einem niedrigen maximal zulässigen Blutverlust signifikant häufiger gemessen. Auch die Überschreitungen des zulässigen Blutverlustes durch den operativen Blutverlust waren bei niedrigen Werten für den zulässigen Verlust signifikant häufiger als bei hohen Werten. Bei den tatsächlich durchgeführten Transfusionen erwies sich

dieser Zusammenhang zwar nicht als signifikant, die Tendenz zu einer höheren Transfusionshäufigkeit bei einem niedrigeren zulässigen Blutverlust war jedoch deutlich zu erkennen. So stand einer Transfusionshäufigkeit von fast 90 % in der kleinsten Klasse (< 2000 ml) eine Transfusionshäufigkeit von nur 65 % in der größten Klasse (> 3000 ml) gegenüber. Die Patienten mit einem maximal zulässigen Blutverlust von mehr als 3000 ml waren damit in Hinblick auf die Transfusionshäufigkeit, die Häufigkeit von Überschreitungen des zulässigen Blutverlustes und die Häufigkeit von transfusionspflichtigen Laborwerten gut mit den isoliert im Oberkiefer operierten Patienten vergleichbar. Bei der präoperativen Abschätzung des Transfusionsrisikos und der Entscheidung für oder gegen eine Eigenblutspende ist der aus den individuellen Patientenparametern bestimmte maximal zulässige Blutverlust damit als genauso gewichtig einzuschätzen, wie die Unterscheidung zwischen einer isolierten maxillären und einer bimaxillären Operation. Anders als in allen bisherigen Untersuchungen zu diesem Thema sollte daher nicht die Antwort auf die Frage nach einer generellen Indikation zur Eigenblutspende bei bimaxillären Operationen diskutiert werden, sondern im Rahmen der präoperativen Planung die vom Bundesministerium für Gesundheit und soziale Sicherung geforderte frühzeitige Abschätzung des individuellen Transfusionsrisikos¹⁹ vorgenommen werden. Das Ergebnis dieser Abschätzung sollte dann als Grundlage für eine gemeinsame Entscheidungsfindung mit dem Patienten verwendet werden. Bei einem maximal zulässigen Blutverlust von mehr als 3000 ml ist eine perioperative Transfusionsbedürftigkeit unwahrscheinlich. Da in Gießen bei diesen Patienten außer der tatsächlichen Transfusionshäufigkeit alle Anhaltspunkte seltener als 10 % waren, sollte in solchen Fällen ein zukünftiger Verzicht auf die Eigenblutspende auch auf juristischem Hintergrund gerechtfertigt sein. Bei einem normalem Body-Mass-Index und einem normalen präoperativen Hämatokrit betrifft dies in etwa Männer mit einem Gewicht von mehr als 75 kg und Frauen mit einem Gewicht von mehr als 80 kg (Abbildung 2).

Andererseits sollte bei einem niedrigen maximal zulässigen Blutverlust weiterhin eine präoperative Eigenblutspende durchgeführt werden. Insbesondere, wenn eine lange Operationsdauer und eine zusätzliche Transplantation von Beckenkammknochen bereits präoperativ absehbar sind, sollte wie von Samman und Yu beschrieben^{86, 103},

bei der Abschätzung des Transfusionsbedarfs von einem hohen zu erwartenden Blutverlust ausgegangen werden. Da die Eigenblutspende gerade in solchen Fällen eine hohe Effektivität und Kosteneffizienz erreichen kann ²¹, sollte sie ihre bewährte Rolle als Standardverfahren zur Vermeidung von Fremdbluttransfusionen bei aufwendigen bimaxillären Umstellungsosteotomien auch weiterhin beibehalten.

4.3.4 Organisation der präoperativen Planung

Die in der präoperativen Planung fest verankerte Modelloperation ist in der Regel für das operative Vorgehen als mono- oder bimaxilläres Verfahren entscheidend ^{2, 55}. Da sie in Gießen aber in der Regel erst nach der Anordnung zur Eigenblutspende durchgeführt worden war, war auch bei rein maxillären Operationen der präoperative Hämatokrit durch die Eigenblutspende abgesenkt, und damit das perioperative Transfusionsrisiko erhöht worden. Das perioperative Vorhandensein der Eigenblutkonserven und die großzügige Indikationsstellung zu ihrer Retransfusion führten dann offensichtlich zu der im Vergleich zu anderen Untersuchungen ^{51, 68, 78, 98} deutlich erhöhten Transfusionshäufigkeit bei den maxillären Operationen. Zukünftig sollte daher, sofern für den Patienten eine präoperative Eigenblutspende in Betracht kommt, die Modelloperation schon vor der Anordnung der Eigenblutspende durchgeführt werden. Dadurch würde zwar bei bignathen Eingriffen das Intervall zwischen der Modelloperation und der Operation durch die Eigenblutspenden verlängert, es könnten aber bei den isolierten maxillären Operationen die Kosten für die Eigenblutentnahmen eingespart werden und zudem die Transfusionshäufigkeit gesenkt werden.

Eine weitere Möglichkeit die Transfusionshäufigkeit zu senken, wäre eine frühzeitige Bestimmung des Hämoglobin- und des Hämatokritwertes. So zeigten einige Patientinnen bereits vor der Durchführung der Eigenblutspende anämische Hämoglobinwerte. Gerade aber niedrige Hämoglobinwerte konnten häufig als Prädiktoren einer intraoperativen Transfusionsbedürftigkeit identifiziert werden. Eine frühzeitige Bestimmung dieser Werte würde einerseits die vom Bundesgesundheitsministerium empfohlene Abschätzung des individuellen Transfusionsrisikos erleichtern ¹⁹ und andererseits die rechtzeitige Therapie einer

Anämie ermöglichen. Sofern in Gießen keine Eigenblutspende durchgeführt worden war, wurden die Laborparameter erst am Vortag der Operation zum ersten Mal erhoben. Dieser Zeitpunkt ist aber sowohl für die Abschätzung des Transfusionsrisikos als auch für eine gegebenenfalls notwendige Anämietherapie zu spät.

4.4 Akute normovolämische Hämodilution

Als Alternative zur präoperativen Eigenblutspende wurde häufig eine akute normovolämische Hämodilution (ANH) empfohlen^{37, 39, 82, 85, 95, 98}. Dabei wird das Blut im Gegensatz zur Eigenblutspende unmittelbar präoperativ entnommen und durch kristalloide oder kolloidale Lösungen ersetzt. Das entnommene Vollblut kann dann intra- oder postoperativ retransfundiert werden. Da bei einem niedrigeren Hämatokrit durch den operativen Blutverlust verhältnismäßig weniger Erythrozyten verloren gehen, als bei einem hohen Hämatokrit, kann auf diese Weise eine Einsparung an Erythrozyten bis zu einer Größenordnung eines ganzen Erythrozytenkonzentrats erreicht werden³⁶. In einer Studie, in der bei 40 bimaxillär operierten Patienten eine ANH durchgeführt wurde, traten neben der Retransfusion des autologen Blutes keine weiteren Transfusionen auf³⁹. Nach Weiskopf erscheint die ANH bei einem minimal tolerablen Hämatokrit von 0,18 bis 0,21 ab einem Blutverlust von mehr als 50 % des Blutvolumens effektiv zu sein¹⁰². Da eine solche Abschätzung aber wieder auf die unsichere Festlegung des operativen Blutverlustes angewiesen ist, besteht das gleiche Problem wie bei der Beurteilung der Notwendigkeit einer Eigenblutspende. Bei der Anwendung dieser Abschätzung auf die in Gießen operierten Patienten, hätte sich die ANH unter Berücksichtigung des berechneten Blutverlustes bei 46 % der bimaxillären Operationen als effektiv erwiesen. Nur bei einer der tatsächlich durchgeführten ANH wurde aber ein Blutverlust von mehr als 50 % des Blutvolumens erreicht. Wenn hingegen der geschätzte Blutverlust als Grundlage verwendet worden wäre, wäre die ANH nur in 10 % der Fälle effektiv gewesen und den tatsächlich durchgeführten ANH hätte gar keine Effektivität bescheinigt werden können.

Nach Puelacher⁸⁴ sollte die ANH gegenüber der Eigenblutspende nur bei monomaxillären Umstellungsosteotomien im Unterkiefer in Erwägung gezogen

werden. Da Habler et al. jedoch zeigen konnten, dass bei bimaxillären Operationen auch mit Hilfe einer ANH Transfusionen sicher vermieden werden können³⁹, sollte eine alternative Anwendung anstelle der Eigenblutspende keinen Beschränkungen mehr unterliegen. Die ANH ist kostengünstiger als die Eigenblutspende^{37,39} und kann unabhängig von Zeitpunkt der Modelloperation eingesetzt werden. Eine Metaanalyse kam allerdings zu dem Schluss, dass ihre Effektivität nicht eindeutig gesichert ist¹⁵. Nach den Ergebnissen dieser Untersuchung eignet sich die ANH besonders bei einem maximal zulässigen Blutverlust zwischen 2000 und 3000 ml. Bei dem beschriebenen Transfusionsrisiko dieser Patienten sollten Transfusionen von Fremdblut mit Hilfe der ANH sicher vermieden werden können.

4.5 Kontrollierte Hypotension

Das Verfahren der kontrollierten Hypotension wurde bereits vor über 50 Jahren in die klinische Praxis eingeführt. Durch den temporären Einsatz hypotensiv wirkender Pharmaka wird dabei der arterielle Mitteldruck auf Werte zwischen 50 und 60 mmHg abgesenkt um den operativen Blutverlust und damit auch den Fremdblutverbrauch zu senken⁵³. Obwohl in einigen Untersuchungen auch für den Bereich der kieferorthopädischen Chirurgie eine signifikante Verminderung des operativen Blutverlustes objektiviert werden konnte^{60, 83}, wurde der klinische Nutzen des Verfahrens jedoch häufig angezweifelt^{29, 53, 92}. So fanden Enlund et al. in ihrer Untersuchung keine signifikante Verringerung des Blutverlustes²⁹. Auch die Operationszeit und die Qualität des Operationsfeldes wurden nicht signifikant durch die Hypotension beeinflusst²⁹. Praveen et al. konnten zwar einen signifikant niedrigeren Blutverlust unter Anwendung der kontrollierten Hypotension zeigen⁸³, von Shepherd wurde dieses Ergebnis aber aufgrund der fehlenden Untersuchung der Transfusionshäufigkeit und anderer Variablen als wenig relevant beurteilt⁹². Lessard et al. publizierten 1989 eine signifikante Verminderung der Transfusionsrate unter Anwendung der kontrollierten Hypotension⁶⁰. Kleinschmidt wies diesbezüglich aber darauf hin, dass die damaligen Transfusionskriterien (Blutverlust > 20 % des errechneten Blutvolumens) unter heutigen Gesichtspunkten kritisch hinterfragt werden müssen⁵³. Die kontrollierte Hypotension scheint gegenüber den autologen Hämotherapieverfahren eine deutlich geringere Bedeutung in Bezug auf die Einsparung von Fremdbluttransfusionen zu haben⁵³. Theoretisch wirkt sich eine

temporäre Toleranz niedriger Blutdruckwerte zwar positiv auf den operativen Blutverlust aus⁵³, eine Bewertung ist hier aber wieder von der unsicheren Festlegung des operativen Blutverlustes abhängig. In der Giessener Klinik wurde besonders in der Phase der LeFort-I-Osteotomie versucht, den arteriellen Blutdruck möglichst gering zu halten, da der Blutverlust in dieser Phase erfahrungsgemäß relativ groß ist. In etwa 20% der Fälle wurde in diesem Zeitraum ein mittlerer arterieller Blutdruck zwischen 50 und 60 mmHg erreicht und damit die Bedingung einer kontrollierten Hypotension erfüllt. Im Vergleich zu den übrigen Fällen zeigte sich dabei aber wie in der Arbeit von Enlund et al.²⁹ keine signifikante Verminderung des Blutverlustes. Auch die Operationsdauer wurde durch eine kontrollierte Hypotension im Zeitraum der LeFort-I-Osteotomie nicht signifikant verkürzt. Wie von Enlund et al. beschrieben²⁹ scheint die klinische Relevanz des Verfahrens bei dysgnathiechirurgischen Eingriffen daher eher fragwürdig zu sein.

5 Schlussfolgerungen

Mit dieser Untersuchung konnte gezeigt werden, dass die Transfusionshäufigkeit bei Dysgnathieoperationen unter Berücksichtigung der aktuellen Richtlinien der Bundesärztekammer und des Bundesministeriums für Gesundheit und soziale Sicherung zukünftig deutlich gesenkt werden kann. Bei monomaxillären Umstellungsosteotomien ist die Durchführung einer Eigenblutspende in der Regel nicht erforderlich. Nur bei Oberkieferosteotomien sollte bei einem besonders hohen individuellen Transfusionsrisiko (niedriges Blutvolumen, geringer präoperativer Hämatokrit) eine Eigenblutspende in Erwägung gezogen werden. Vor bimaxillären Operationen sollte den Patienten prinzipiell auch weiterhin eine präoperative Eigenblutspende angeboten werden. Die Ergebnisse zeigen jedoch, dass dabei die individuellen Patientenparameter (Geschlecht, Körpergröße, Gewicht und Hämatokrit) berücksichtigt werden sollten, da sie in einem signifikanten Zusammenhang mit dem Transfusionsrisiko stehen. Auf der Basis dieser Untersuchung kann bei einem maximal zulässigen Blutverlust von 3000 ml oder mehr auch vor bimaxillären Osteotomien auf die Anwendung der Eigenblutspende verzichtet werden. Bei einem normalem Body-Mass-Index und einem normalen präoperativen Hämatokrit betrifft dies in etwa Männer mit einem Gewicht von mehr als 75 kg und Frauen mit einem Gewicht von mehr als 80 kg. Bei einem maximal zulässigen Blutverlust zwischen 2000 und 3000 ml sollte eine akute normovolämische Hämodilution durchgeführt werden. Sie ist kostengünstiger als die präoperative Eigenblutspende und erscheint bei einem mäßigen Transfusionsrisiko als Mittel der Wahl. Patienten mit einem maximal zulässigen Blutverlust von weniger als 2000 ml haben ein hohes Transfusionsrisiko und sollten daher weiterhin einer präoperativen Eigenblutspende zugeführt werden. Eine absehbar lange Operationsdauer und eine geplante Transplantation von Beckenkammknochen lassen einen höheren Blutverlust erwarten und sollten die Entscheidung für die Anwendung der Eigenblutspende begünstigen. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sollten in Zukunft durch eine prospektive Untersuchung untermauert werden.

6 Zusammenfassung

Bei dysgnathiechirurgischen Eingriffen handelt es sich um elektive Eingriffe, die in der Regel an jungen, gesunden Erwachsenen durchgeführt werden. Zahlreiche Studien haben sich in diesem Zusammenhang mit Frage nach der Notwendigkeit von autologen Hämotherapieverfahren beschäftigt. Dabei wird vor allem die Eigenblutspende als Standardverfahren bei bimaxillären Umstellungsosteotomien kontrovers diskutiert. Nach einem Urteil des Bundesgerichtshofes und den Richtlinien der Bundesärztekammer muss ein Patient, sofern die Wahrscheinlichkeit einer Transfusion größer ist als 10%, auf die Möglichkeit einer präoperativen Eigenblutspende hingewiesen werden. Die Richtlinien fordern aber auch, dass die Indikation zur Eigenblutspende frühzeitig anhand von präoperativ zu erhebenden Parametern wie Geschlecht, Größe, Gewicht und Hämoglobinwert sowie zulässigem und zu erwartendem Blutverlust gestellt wird. Dabei wird auf Rechenverfahren verwiesen.

Methodik:

Mit Hilfe eines Patienten-Daten-Management-Systems wurden für die von 1997 bis 2005 durch Umstellungsosteomie behandelten Patienten anhand von online erhobenen Daten die prä-, intra- und postoperativen Hämatokrit- und Hämoglobinwerte, die Transfusionshäufigkeit und die Anwendungshäufigkeit der Eigenblutspende ermittelt. Um den zu erwartenden Blutverlust bestimmen zu können, wurde der vom anästhesiologischen Personal geschätzte Blutverlust erhoben. Zusätzlich wurde der Blutverlust aus den mit dem PDMS gesammelten Labordaten nach der Methode von Brecher, Monk und Goodnough objektiv berechnet. Wie in den Richtlinien gefordert, so wurde auch der zulässige Blutverlust bestimmt, indem für jeden Patienten aus Geschlecht, Gewicht, Größe und den präoperativen Laborwerten der maximale zulässige Blutverlust, der ohne eine Transfusion noch tolerabel gewesen wäre, bestimmt wurde. Für jede Operation konnten somit die Variablen geschätzter Blutverlust, objektiv berechneter Blutverlust, zulässiger Blutverlust, niedrigster Hämatokrit- bzw. Hämoglobinwert und Transfusionsereignis kritisch analysiert und überprüft werden. Zusätzlich wurde der Effekt der Eigenblutspende auf die präoperativen Laborwerte und die

Transfusionshäufigkeit untersucht. Unter den operativen Variablen wurde außerdem versucht Risikofaktoren für einen erhöhten Blutverlust zu identifizieren.

Ergebnisse:

Es wurden die Daten von insgesamt 122 Operationen aus dem Zeitraum von 1997 bis 2005 ausgewertet. Die Transfusionsrate unter Einbeziehung der autologen Konserven lag mit insgesamt 80% bei den bimaxillären Umstellungsosteotomien und 60% bei den maxillären Osteotomien höher als in anderen Untersuchungen. Eigenblutspender wurden deutlich häufiger transfundiert als Nicht-Eigenblutspender und die Durchführung der Spenden führte zu einer signifikanten Absenkung des präoperativen Hämatokrits ($p < 0,01$). Der niedrigste perioperativ gemessene Hämatokrit betrug bei den bimaxillären Operationen im Mittel $0,28 \pm 0,05$, bei den maxillären Operationen $0,32 \pm 0,06$ und bei den mandibulären Operationen $0,35 \pm 0,05$. Der geschätzte und der berechnete Blutverlust zeigten eine signifikante Korrelation mit einem Koeffizienten von 0,63 nach Spearman ($p < 0,01$). Der Median des berechneten Blutverlustes lag jedoch besonders bei den bimaxillären Operationen mit 2129 ml höher als der geschätzte Blutverlust mit 1300 ml. Eine rechnerische Überschreitung des individuell zulässigen Blutverlustes trat bei diesen Operationen sowohl durch den berechneten (41,5 %) als auch durch den geschätzten Blutverlust (8,5 %) deutlich seltener auf als die Transfusion von Blutprodukten (80 %). Bei niedrigen zulässigen Blutverlusten (ermittelt aus Geschlecht, Gewicht und Körpergröße) traten transfusionspflichtige Laborwerte signifikant häufiger auf ($p < 0,05$). Transfusionen hingegen wurden bei niedrigen zulässigen Blutverlusten nicht signifikant häufiger durchgeführt, obwohl in diesen Fällen der operative Blutverlust signifikant häufiger über dem individuell zulässigen Blutverlust lag ($p < 0,01$). Als Risikofaktoren konnten eine verlängerte Operationsdauer ($p < 0,01$) und eine zusätzliche Transplantation von Beckenkammknochen ($p < 0,05$) identifiziert werden.

Schlussfolgerung:

Der retrospektive Vergleich zwischen zulässigem und tatsächlichem Blutverlust deutet unabhängig von Erhebungsverfahren (geschätzt bzw. berechnet) darauf hin, dass die Transfusionsrate in Hinblick auf die gültigen Richtlinien deutlich gesenkt werden

könnte. Die regelmäßige Verfügbarkeit von Eigenblutkonserven bei maxillären und bimaxillären Operationen führte offensichtlich zu einer liberaleren und verfrühten Gabe der autologen Konserven, die im Vergleich zu anderen Untersuchungen eine relativ hohe Transfusionshäufigkeit bedingte. Da bei den bimaxillären Operationen im Gegensatz zu den monomaxillären Eingriffen sowohl die Transfusionshäufigkeit der Nicht-Eigenblutspender als auch die Häufigkeit von transfusionspflichtigen Laborwerten oberhalb der Grenze von 10 % lagen, wird den Patienten vor bimaxillären Operationen auch weiterhin eine präoperative Eigenblutspende angeboten. Die Analyse zeigt jedoch, dass die individuellen Patientenparameter (Geschlecht, Körpergröße, Gewicht und Hämatokrit) dabei berücksichtigt werden sollten, da sie einen signifikanten Einfluss auf das Transfusionsrisiko haben. Nach der Untersuchung kann bei einem maximal zulässigen Blutverlust von 3000 ml oder mehr auch bei bimaxillären Umstellungsosteotomien auf die Anwendung der Eigenblutspende verzichtet werden. Dieses Ergebnis muss jedoch in einer prospektiven Untersuchung bestätigt werden.

7 Summary

Orthognathic surgery is only routinely performed on young and healthy adults. On this background numerous studies have dealt with the question concerning the necessity of autologous blood donations. In this context autologous blood donation is discussed controversially as a standard procedure for bimaxillary orthognathic surgery. According to a judgment of the German Supreme Court and the guidelines of the German medical association a patient, provided that the likelihood of a transfusion is higher than 10 %, must be informed of the possibility of a pre surgical autologous blood donation. However, the guidelines also demand that the indication for an autologous blood donation is placed early on the basis of preoperative available parameters like gender, size, weight, hemoglobin value as well as the expected blood loss. It is pointed out to arithmetic procedures.

Methods:

With help of a patient data management system we determined the transfusion frequency, the occurrence of autologous blood donation and the preoperative, the operative and the postoperative hemoglobin and hematocrit values for the patients treated between 1997 and 2005 on the basis of online collected data. To be able to determine the blood loss to be expected, the blood loss estimated by the anaesthesiological staff was raised. In addition, blood loss was calculated objectively on the basis of the online collected data with the standard procedure by Brecher, Monk and Goodnough. As demanded in the guidelines we also calculated the maximal allowable blood loss, which would have still been tolerable without a transfusion, from gender, size, weight and the preoperative hematocrit values. Thus for every surgery the following variables could be analyzed and scrutinized: estimated blood loss, objective calculated blood loss, maximal allowable blood loss, the event of a transfusion and the lowest hemoglobin and hematocrit values. In addition, the effect of the autologous blood donation on the preoperative lab values and the transfusion frequency was investigated. Among the surgical variables we tried to identify risk factors for a higher blood loss.

Results:

The data were evaluated by a total of 122 surgeries in the period from 1997 to 2005. The transfusion rate with inclusion of the autologous units lay with a total of 80 % for the bimaxillary and 60 % for the maxillary osteotomies higher than in other studies. Patients who predeposited blood were more often transfused than other patients. Predeposition resulted in a significant descent of the preoperative hematocrit ($p < 0.01$). In bimaxillary osteotomies the lowest measured mean hematocrit was 0.28 ± 0.05 , in maxillary osteotomies 0.32 ± 0.06 and in mandibular osteotomies 0.35 ± 0.05 . The estimated and the calculated blood loss showed a highly significant correlation with a coefficient of 0.63 according to Spearman ($p < 0.01$). Especially for bimaxillary osteotomies the median of the calculated blood loss was with 2129 ml higher than median of the estimated blood loss with 1300 ml. An arithmetic exceeding of the individual allowable blood loss for these surgeries appeared by the calculated (41.5 %) as well as by the estimated blood loss (8.5 %) more rarely than the event of transfusion (80 %). For low allowable blood losses (calculated by gender, weight and size) a transfusion trigger occurred significantly more often ($p < 0.05$). However transfusions for low allowable blood losses were not carried out significantly more often, although in these cases the surgical blood loss lay significantly more often above the individually allowable blood loss ($p < 0.01$). As risks factors an extended duration of surgery ($p < 0.01$) and an additional iliac bone harvest ($p < 0.05$) could be identified.

Conclusions:

The retrospective comparison between allowed and surgical blood loss points regardless of the elevation procedure (estimated or calculated) to the fact that the transfusion rate can be clearly lowered in view of the valid German guidelines. The regular availability of autologous units in maxillary and bimaxillary operations led obviously to a more liberal and premature application of the autologous blood. This caused a relatively high transfusion frequency in comparison to other studies. Because in double jaw surgery in contrast to single jaw surgery the transfusion frequency of the patients who did not predeposit blood as well as the frequency of lab values liable to transfusion lay above the threshold of 10 %, we still offer our patients preoperative autologous blood donation before double jaw surgery.

Nevertheless, our analysis shows that the individual patient's parameters (gender, body height, weight and hematocrit) should be considered, because they have a significant influence on the transfusion risk. According to this analysis abandonment of routine predepositing of autologous blood is also justified in double jaw surgery when the allowable blood loss exceeds 3000 ml or more. However, this result has to be scrutinized in future by a further prospective study.

8 Literaturverzeichnis

1. Anwar M, Harris M. Model surgery for orthognathic planning. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1990 Dec;28(6):393-7.
2. Bamber MA, Harris M, Nacher C. A validation of two orthognathic model surgery techniques. *J Orthod* 2001 Jun;28(2):135-42.
3. Bennett SR. Perioperative autologous blood transfusion in elective total hip prosthesis operations. *Ann R Coll Surg Engl* 1994 Mar;76(2):95-8.
4. Benson M, Hartmann B, Junger A, Dietrich G, Böttger S, Hempelmann G. Causes of higher blood loss during general anesthesia compared to spinal anesthesia in total hip replacement - a retrospective analysis of data collected online. *Infus Ther Transfus Med* 2000;27(6):311-6.
5. Benson M, Junger A, Quinzio L, Fuchs C, Michel A, Sciuk G, Marquardt K, Dudeck J, Hempelmann G. Influence of the method of data collection on the documentation of blood-pressure readings with an Anesthesia Information Management System (AIMS). *Methods Inf Med* 2001 Jul;40(3):190-5.
6. Benson M, Junger A, Quinzio L, Michel A, Sciuk G, Fuchs C, Marquardt K, Hempelmann G. Data processing at the anesthesia workstation: from data entry to data presentation. *Methods Inf Med* 2000 Dec;39(4-5):319-24.
7. Biscopig J, Bein G. Kongressbericht: Kritische Indikationsstellung beim Einsatz von Blutprodukten im klinischen Alltag. *Deutsches Ärzteblatt* 2003 Apr;100(14):A 929-A 932.
8. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986 Feb 8;1(8476):307-10.
9. Boldt J, Weber A, Mailer K, Papsdorf M, Schuster P. Acute normovolaemic haemodilution vs controlled hypotension for reducing the use of allogeneic blood in patients undergoing radical prostatectomy. *Br J Anaesth* 1999 Feb;82(2):170-4.
10. Bourke DL, Smith TC. Estimating allowable hemodilution. *Anesthesiology* 1974 Dec;41(6):609-12.
11. Brecher ME, Goodnough LT. The rise and fall of preoperative autologous blood donation. *Transfusion* 2001 Dec;41(12):1459-62.
12. Brecher ME, Goodnough LT, Monk T. The value of oxygen-carrying solutions in the operative setting, as determined by mathematical modeling. *Transfusion* 1999 Apr;39(4):396-402.
13. Brecher ME, Monk T, Goodnough LT. A standardized method for calculating blood loss. *Transfusion* 1997 Oct;37(10):1070-4.
14. Brecher ME, Rosenfeld M. Mathematical and computer modeling of acute normovolemic hemodilution. *Transfusion* 1994 Feb;34(2):176-9.
15. Bryson GL, Laupacis A, Wells GA. Does acute normovolemic hemodilution reduce perioperative allogeneic transfusion? A meta-analysis. *The International Study of Perioperative Transfusion. Anesth Analg* 1998 Jan;86(1):9-15.
16. Bundesärztekammer. Leitlinien zur Therapie mit Blutkomponenten und Plasmaderivaten. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln, 3. Auflage 2003;241-245;
<http://www.bundesaerztekammer.de/30/Richtlinien/Leitidx/Blutkomponentenpdf.pdf>

17. Bundesärztekammer. Bekanntmachung der Richtlinien zur Gewinnung von Blut und Blutbestandteilen und zur Anwendung von Blutprodukten (Hämotherapie) gemäß §§ 12 und 18 des Transfusionsgesetzes (TFG) (Novelle 2005). Bundesanzeiger 2005;209a.
18. Bundesärztekammer. Leitlinien zur Therapie mit Blutkomponenten und Plasmaderivaten, Revision 2002. Deutsches Ärzteblatt 2002;49:A3359-A3362.
19. Burger R, Offergeld R. Aktuelle Empfehlungen zur autologen Hämotherapie. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 2005 Jun;48(6):700-2.
20. Carless P, Moxey A, O'Connell D, Henry D. Autologous transfusion techniques: a systematic review of their efficacy. Transfus Med 2004 Apr;14(2):123-44.
21. Cohen JA, Brecher ME. Preoperative autologous blood donation: benefit or detriment? A mathematical analysis. Transfusion 1995 Aug;35(8):640-4.
22. Dellinger EP, Anaya DA. Infectious and immunologic consequences of blood transfusion. Crit Care 2004;8 Suppl 2:S18-23. Epub;2004 Jun 14.:S18-S23.
23. Dhariwal DK, Gibbons AJ, Kittur MA, Sugar AW. Blood transfusion requirements in bimaxillary osteotomies. Br J Oral Maxillofac Surg 2004 Jun;42(3):231-5.
24. Dietrich GV. Eigenblutspende versus Fremdbluttransfusion--eine Kosten-Nutzen-Analyse. Zentralbl Chir 1996;121(10):841-6.
25. Dietrich GV. Identischer Transfusionstrigger bei autologen und homologen Konserven? Anasthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 2002 Dec;37(12):749-51.
26. Dildy GA, III, Paine AR, George NC, Velasco C. Estimating blood loss: can teaching significantly improve visual estimation? Obstet Gynecol 2004 Sep;104(3):601-6.
27. Duthie SJ, Ven D, Yung GL, Guang DZ, Chan SY, Ma HK. Discrepancy between laboratory determination and visual estimation of blood loss during normal delivery. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol 1991 Jan 30;38(2):119-24.
28. Ellis E, III, Johnson DG, Hayward JR. Use of the orthognathic surgery simulating instrument in the presurgical evaluation of facial asymmetry. J Oral Maxillofac Surg 1984 Dec;42(12):805-11.
29. Enlund MG, Ahlstedt BL, Andersson LG, Krekmanov LI. Induced hypotension may influence blood loss in orthognathic surgery, but it is not crucial. Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg 1997 Dec;31(4):311-7.
30. Ettore G, Weber M, Schaaf H, Lowry JC, Mommaerts MY, Howaldt HP. Standards for digital photography in cranio-maxillo-facial surgery - Part I: Basic views and guidelines. J Craniomaxillofac Surg 2006 Mar;34(2):65-73.
31. Galli C, Brandes IF, Otten JE, Nagursky H, Schwarz U, Gellrich NC. Optimierte Hämodilution (OHD) mit Hydroxyethylstärke. Ein Blut sparendes Verfahren bei Dysgnathieoperationen. Mund Kiefer Gesichtschir 2001 Nov;5(6):353-6.
32. Glynn A, McCarthy T, McCarroll M, Murray P. A prospective audit of blood usage post primary total knee arthroplasty. Acta Orthop Belg 2006 Jan;72(1):24-8.
33. Gong SG, Krishnan V, Waack D. Blood transfusions in bimaxillary orthognathic surgery: are they necessary? Int J Adult Orthodon Orthognath Surg 2002;17(4):314-7.

34. Goodnough LT. Autologous blood donation. *Crit Care* 2004;8 Suppl 2:S49-52. Epub;2004 Jun 14.:S49-S52.
35. Goodnough LT, Bravo JR, Hsueh YS, Keating LJ, Brittenham GM. Red blood cell mass in autologous and homologous blood units. Implications for risk/benefit assessment of autologous blood crossover and directed blood transfusion. *Transfusion* 1989 Nov;29(9):821-2.
36. Goodnough LT, Brecher ME, Kanter MH, AuBuchon JP. Transfusion medicine. Second of two parts--blood conservation. *N Engl J Med* 1999 Feb 18;340(7):525-33.
37. Goodnough LT, Monk TG, Brecher ME. Acute normovolemic hemodilution should replace the preoperative donation of autologous blood as a method of autologous-blood procurement. *Transfusion* 1998 May;38(5):473-6.
38. Gross JB. Estimating allowable blood loss: corrected for dilution. *Anesthesiology* 1983 Mar;58(3):277-80.
39. Habler O, Schwenzer K, Zimmer K, Prager M, Konig U, Oppenrieder K, Pape A, Steinkraus E, Reither A, Buchrot A, Zwissler B. Effects of standardized acute normovolemic hemodilution on intraoperative allogeneic blood transfusion in patients undergoing major maxillofacial surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2004 Jul;33(5):467-75.
40. Hahn RG. Estimating allowable blood loss with correction for variations in blood volume. *Acta Anaesthesiol Scand* 1989 Aug;33(6):508-12.
41. Hartmann B, Junger A, Benson M, Lorson S, Jost A, Klein T, Hempelmann G. Comparison of Blood Loss using Fluorescein Flow Cytometry during Total Hip Replacement under General or Spinal Anesthesia. *Transfus Med Hemother* 2003 Feb;30(1):20-6.
42. Hartmann B, Junger A, Rohrig R, Klasen J, Jost A, Benson M, Braun H, Fuchs C, Hempelmann G. Intra-operative tachycardia and peri-operative outcome. *Langenbecks Arch Surg* 2003 Sep;388(4):255-60.
43. Hay SN, Monk TG, Brecher ME. Intraoperative blood salvage: a mathematical perspective. *Transfusion* 2002 Apr;42(4):451-5.
44. Helm AT, Karski MT, Parsons SJ, Sampath JS, Bale RS. A strategy for reducing blood-transfusion requirements in elective orthopaedic surgery. Audit of an algorithm for arthroplasty of the lower limb. *J Bone Joint Surg Br* 2003 May;85(4):484-9.
45. Hurle R, Poma R, Maffezzini M, Manzetti A, Piccinelli A, Taverna G, Bellavita P, Graziotti P. A simple mathematical approach to calculate blood loss in radical prostatectomy. *Urol Int* 2004;72(2):135-9.
46. Jacobson R, Sarver DM. The predictability of maxillary repositioning in LeFort I orthognathic surgery. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002 Aug;122(2):142-54.
47. Junger A, Benson M, Quinzio L, Jost A, Veit C, Kloss T, Hempelmann G. Qualitätsdokumentation mit einem Anästhesie-Informationen-Management-System (AIMS). *Anaesthesist* 1999 Aug;48(8):523-32.
48. Junger TH, Krenkel C, Howaldt HP. Le Fort I sliding osteotomy--a procedure for stable inferior repositioning of the maxilla. *J Craniomaxillofac Surg* 2003 Apr;31(2):92-6.
49. Karger R, Kretschmer V. Modern concepts of autologous haemotherapy. *Transfus Apher Sci* 2005 Apr;32(2):185-96.

50. Karkouti K, O'Farrell R, Yau TM, Beattie WS. Prediction of massive blood transfusion in cardiac surgery. *Can J Anaesth* 2006 Aug;53(8):781-94.
51. Kessler P, Hegewald J, Adler W, Zimmermann R, Nkenke E, Neukam FW, Fenner M. Is there a need for autogenous blood donation in orthognathic surgery? *Plast Reconstr Surg* 2006 Feb;117(2):571-6.
52. Khanna MP, Hebert PC, Fergusson DA. Review of the clinical practice literature on patient characteristics associated with perioperative allogeneic red blood cell transfusion. *Transfus Med Rev* 2003 Apr;17(2):110-9.
53. Kleinschmidt S. Hat die kontrollierte Hypotension einen Stellenwert im Rahmen fremdblutsparender Verfahren? *Anaesthesist* 2001 Jan;50 Suppl 1:S39-42.:S39-S42.
54. Kramer FJ, Baethge C, Swennen G, Teltzrow T, Schulze A, Berten J, Brachvogel P. Intra- and perioperative complications of the LeFort I osteotomy: a prospective evaluation of 1000 patients. *J Craniofac Surg* 2004 Nov;15(6):971-7.
55. Krenkel C, Lixl G. Ein Modelloperationsgerät zur Planung und Simulation von OK- und UK-Osteotomien. *Zahnärztl Prax* 1991 Dec 13;42(12):471-3.
56. Kulier A, Gombotz H. Perioperative Anämie. *Anaesthesist* 2001 Feb;50(2):73-86.
57. Kurian A, Ward-Booth P. Blood transfusion and orthognathic surgery--a thing of the past? *Br J Oral Maxillofac Surg* 2004 Aug;42(4):369-70.
58. Lanigan DT, Hey JH, West RA. Major vascular complications of orthognathic surgery: hemorrhage associated with Le Fort I osteotomies. *J Oral Maxillofac Surg* 1990 Jun;48(6):561-73.
59. Lenzen C, Trobisch H, Loch D, Bull HG. Bedeutung hämodynamischer Parameter für den Blutverlust in der Dysgnathiechirurgie. *Mund Kiefer Gesichtschir* 1999 Nov;3(6):314-9.
60. Lessard MR, Trepanier CA, Baribault JP, Brochu JG, Brousseau CA, Cote JJ, Denault PH. Isoflurane-induced hypotension in orthognathic surgery. *Anesth Analg* 1989 Sep;69(3):379-83.
61. Lockwood H. A planning technique for segmental osteotomies. *Br J Oral Surg* 1974 Jul;12(1):102-5.
62. Lorentz A, Gasteiger P, Osswald PM. Berechnung des zulässigen Blutverlustes vor Transfusion mit einem programmierbaren Taschenrechner. *Anaesthesist* 1987 Jun;36(6):306-12.
63. Luz JG, Rodrigues L. Changes in hemoglobin and hematocrit levels following orthognathic surgery of the mandible. *Bull Group Int Rech Sci Stomatol Odontol* 2004 Jan;46(1):36-41.
64. Madjdpour C, Marcucci C, Tissot JD, Spahn DR. Perioperative Bluttransfusion. Nutzen, Risiken und Richtlinien. *Anaesthesist* 2005 Jan;54(1):67-80.
65. Mahy P, Siciliano S, Reyhler H. Complications and failures in orthognathic surgery. *Rev Belge Med Dent* 2002;57(1):71-82.
66. Mankad B, Cisneros GJ, Freeman K, Eisig SB. Prediction accuracy of soft tissue profile in orthognathic surgery. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 1999;14(1):19-26.
67. Marciani RD, Dickson LG. Autologous transfusion in orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 1985 Mar;43(3):201-4.

68. Martini M, Steffens R, Appel T, Berge S. Eigenblutspende in der Dysgnathiechirurgie. *Mund Kiefer Gesichtschir* 2004 Nov;8(6):376-80.
69. Maurer P, Otto C, Eckert AW, Schubert J. Komplikationen bei der chirurgischen Behandlung von Dysgnathien. 50-jähriger Erfahrungsbericht. *Mund Kiefer Gesichtschir* 2001 Nov;5(6):357-61.
70. McCullough TC, Roth JV, Ginsberg PC, Harkaway RC. Estimated blood loss underestimates calculated blood loss during radical retropubic prostatectomy. *Urol Int* 2004;72(1):13-6.
71. Meiser A, Casagrande O, Skipka G, Laubenthal H. Quantifizierung von Blutverlusten. Wie genau ist visuelles Schätzen und wovon hängt die Genauigkeit ab? *Anaesthesist* 2001 Jan;50(1):13-20.
72. Moening JE, Bussard DA, Lapp TH, Garrison BT. Average blood loss and the risk of requiring perioperative blood transfusion in 506 orthognathic surgical procedures. *J Oral Maxillofac Surg* 1995 Aug;53(8):880-3.
73. Monk TG, Goodnough LT, Birkmeyer JD, Brecher ME, Catalona WJ. Acute normovolemic hemodilution is a cost-effective alternative to preoperative autologous blood donation by patients undergoing radical retropubic prostatectomy. *Transfusion* 1995 Jul;35(7):559-65.
74. Monk TG, Goodnough LT, Brecher ME, Pulley DD, Colberg JW, Andriole GL, Catalona WJ. Acute normovolemic hemodilution can replace preoperative autologous blood donation as a standard of care for autologous blood procurement in radical prostatectomy. *Anesth Analg* 1997 Nov;85(5):953-8.
75. Moxey AJ, O'Connell DL, Treloar CJ, Han PY, Henry DA. Blood transfusion and autologous donation: a survey of post-surgical patients, interest group members and the public. *Transfus Med* 2005 Feb;15(1):19-32.
76. Nadler SB, Hidalgo JU, Bloch T. Prediction of blood volume in normal human adults. *Surgery* 1962;51:224-32.
77. Nelson CL, Fontenot HJ, Flahiff C, Stewart J. An algorithm to optimize perioperative blood management in surgery. *Clin Orthop Relat Res* 1998 Dec;(357):36-42.
78. Nkenke E, Kessler P, Wiltfang J, Neukam FW, Weisbach V. Hemoglobin value reduction and necessity of transfusion in bimaxillary orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 2005 May;63(5):623-8.
79. Orth VH, Rehm M, Haller M, Thiel M, Finsterer U. Die Messung des Blutvolumens - aktueller Stand. *Anaesthesist* 2001 Aug;50(8):562-8.
80. Ozier Y, Pessione F, Samain E, Courtois F. Institutional variability in transfusion practice for liver transplantation. *Anesth Analg* 2003 Sep;97(3):671-9.
81. Panula K, Finne K, Oikarinen K. Incidence of complications and problems related to orthognathic surgery: a review of 655 patients. *J Oral Maxillofac Surg* 2001 Oct;59(10):1128-36.
82. Partnoy BE, Fridrich KL, Buckley MJ, Murray D. Hemodilution in orthognathic surgery. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 1990;5(4):233-9.
83. Praveen K, Narayanan V, Muthusekhar MR, Baig MF. Hypotensive anaesthesia and blood loss in orthognathic surgery: a clinical study. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2001 Apr;39(2):138-40.

84. Puelacher W, Hinteregger G, Nussbaumer W, Braitto I, Waldhart E. Preoperative autologous blood donation in orthognathic surgery: a follow-up study of 179 patients. *J Craniomaxillofac Surg* 1998 Apr;26(2):121-5.
85. Rohling RG, Zimmermann AP, Biro P, Haers PE, Sailer HF. Alternative methods for reduction of blood loss during elective orthognathic surgery. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 1999;14(1):77-82.
86. Samman N, Cheung LK, Tong AC, Tideman H. Blood loss and transfusion requirements in orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 1996 Jan;54(1):21-4.
87. Santoso JT, Dinh TA, Omar S, Gei AF, Hannigan EV. Surgical blood loss in abdominal hysterectomy. *Gynecol Oncol* 2001 Aug;82(2):364-6.
88. Schaaf H, Streckbein P, Ettorre G, Lowry JC, Mommaerts MY, Howaldt HP. Standards for digital photography in cranio-maxillo-facial surgery--part II: additional picture sets and avoiding common mistakes. *J Craniomaxillofac Surg* 2006 Sep;34(6):366-77.
89. Schäfer R, Eberhardt M. *Klinikleitfaden Anästhesie*. 4. Auflage ed. München, Jena: Urban & Fischer; 2002. p. 179.
90. Schmidt RF, Lang F, Thews G. *Physiologie des Menschen, mit Pathophysiologie*. Heidelberg: Springer Medizin Verlag; 2005.
91. Schneider M, Tzscharnke O, Pilling E, Lauer G, Eckelt U. Comparison of the predicted surgical results following virtual planning with those actually achieved following bimaxillary operation of dysgnathia. *J Craniomaxillofac Surg* 2005 Feb;33(1):8-12.
92. Shepherd J. Hypotensive anaesthesia and blood loss in orthognathic surgery. *Evid Based Dent* 2004;5(1):16.
93. Singbartl K, Innerhofer P, Radvan J, Westphalen B, Fries D, Stogbauer R, Van AH. Hemostasis and hemodilution: a quantitative mathematical guide for clinical practice. *Anesth Analg* 2003 Apr;96(4):929-35, table.
94. Singbartl K, Schleinzner W, Singbartl G. Hypervolemic hemodilution: an alternative to acute normovolemic hemodilution? A mathematical analysis. *J Surg Res* 1999 Oct;86(2):206-12.
95. Spohr F, Bottiger BW. Fremdblut sparende Massnahmen. *Anaesthesist* 2002 Mar;51(3):221-33.
96. Stewart A, Newman L, Sneddon K, Harris M. Aprotinin reduces blood loss and the need for transfusion in orthognathic surgery. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2001 Oct;39(5):365-70.
97. Ueki K, Marukawa K, Shimada M, Nakagawa K, Yamamoto E. The assessment of blood loss in orthognathic surgery for prognathia. *J Oral Maxillofac Surg* 2005 Mar;63(3):350-4.
98. Umstadt HE, Weippert-Kretschmer M, Austermann KH, Kretschmer V. Transfusionsbedarf bei Dysgnathieoperationen. Keine generelle Indikation für die präoperative Eigenblutspende. *Mund Kiefer Gesichtschir* 2000 Jul;4(4):228-33.
99. van Eeden SP, Bond SE, Currie A, Lehane JR. Re: Kurian A, Ward-Booth P, Blood transfusion and orthognathic surgery--a thing of the past? *Br J Oral Maxillofac Surg* 2005 Jun;43(3):269.
100. Waters JH, Lee JS, Karafa MT. A mathematical model of cell salvage compared and combined with normovolemic hemodilution. *Transfusion* 2004 Oct;44(10):1412-6.

101. Weber RS. A model for predicting transfusion requirements in head and neck surgery. *Laryngoscope* 1995 Aug;105(8 Pt 2 Suppl 73):1-17.
102. Weiskopf RB. Efficacy of acute normovolemic hemodilution assessed as a function of fraction of blood volume lost. *Anesthesiology* 2001 Mar;94(3):439-46.
103. Yu CN, Chow TK, Kwan AS, Wong SL, Fung SC. Intra-operative blood loss and operating time in orthognathic surgery using induced hypotensive general anaesthesia: prospective study. *Hong Kong Med J* 2000 Sep;6(3):307-11.
104. Zellin G, Rasmusson L, Palsson J, Kahnberg KE. Evaluation of hemorrhage depressors on blood loss during orthognathic surgery: a retrospective study. *J Oral Maxillofac Surg* 2004 Jun;62(6):662-6.

9 Abkürzungsverzeichnis

3D-OSS	3D-OSS-Artikulator der Firma Girschbach
ANH	Akute normovolämische Hämodilution
ASA	American Society of Anesthesiologists
BGH	Bundesgerichtshof
EBV	Blutvolumen des Patienten
EKG	Elektrokardiogramm
FRS	Fernröntgenseitaufnahme
Hb	Hämoglobin
Hct	Hämatokrit
Hct ₀	Präoperativer Hämatokrit
Hct _{ANH}	Hämatokrit des bei einer ANH entnommenen Blutes
Hct _{dc}	Postoperativer Hämatokrit
Hct _F	Erniedrigter Hämatokrit nach der präoperativen Entnahme von ANH-Blut
Hct _{min}	Minimaler perioperativer Hämatokrit
HIV	Human Immunodeficiency Virus
ICD	International Classification of Diseases
ICPM	International Classification of Procedures in Medicine
MCHC	Mittlere korpuskuläre Hämoglobinkonzentration
NNH	Nasennebenhöhlenaufnahme
OPMG	Orthopantomogramm
OPS-301	Operationsschlüssel nach § 301 SGB V
PDMS	Patientendatenmanagementsystem
RBC _{Allo}	Erythrozytenmenge aus allogenen Erythrozytenkonzentraten
RBC _{ANH}	Erythrozytenmenge aus dem bei einer ANH entnommenem Blut
RBC _F	Menge der in Phase III transfundierten Erythrozyten
RBC _{TBS}	Erythrozytenmenge aus intraoperativ aufbereitetem Wundblut
RBC _{PABD}	Erythrozytenmenge aus Eigenblutkonserven
RBC _T	Menge der in Phase II transfundierten Erythrozyten
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
SQL	Structured Query Language
V _{ANH}	Bei der ANH entnommenes Blutvolumen
V _{max}	Maximal zulässiger Blutverlust

10 Erklärung

Ich erkläre: Ich habe die vorgelegte Dissertation selbständig, ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten.

11 Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name: Böttger
Vorname: Sebastian
Geburtsdatum/-ort: 25.01.1975, Siegen
Anschrift: Breiter Weg 226
39104 Magdeburg
Familienstand: ledig

Schulbildung:

1981 – 1985 Grundschule in Freudenberg
1985 – 1992 Gymnasium am Löhrtor, Siegen
1992 – 1994 Evangelisches Gymnasium Siegen – Weidenau

Zivildienst:

1994 – 1995 Einsatz im mobilen Hilfsdienst des Diakonischen Werkes in Siegen

Hochschulbildung:

1995 – 2001 Justus-Liebig-Universität Gießen:
Studium der Humanmedizin
2001 – 2002 Rheinische Friedrich Wilhelms Universität Bonn:
Studium der Humanmedizin (Praktisches Jahr)
2002 Abschluss des Studiums der Humanmedizin
2002 – 2006 Justus-Liebig-Universität Gießen:
Studium der Zahnmedizin
2006 Abschluss des Studiums der Zahnmedizin

Promotion zum Dr. med.:

10.06.2003 Vollautomatische Berechnung von Scoring-Systemen in der Operativen Intensivmedizin mit Hilfe eines Patienten-Daten-Management-Systems

Beruf als Arzt:

07/2002 – 12/2003 Arzt im Praktikum in der Klinik für Anaesthesiologie, Intensivmedizin, Schmerztherapie am Universitätsklinikum Gießen

seit 01/2007

Assistenzarzt in der Klinik für Mund-, Kiefer- und
Gesichtschirurgie am Universitätsklinikum Magdeburg

12Danksagung

Ganz herzlich bedanken möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. med. Dr. med. dent. H.-P. Howaldt für die Überlassung des Themas. Mein weiterer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. Dr. h. c. G. Hempelmann, Herrn Prof. Dr. med. A. Junger und Herrn Priv. Doz. Dr. med. M. Benson, die mir die Arbeit mit den anästhesiologischen Datenbanken ermöglicht haben. Bedanken möchte ich mich außerdem bei Herrn Prof. Dr. med. G. Bein, Herrn Priv. Doz. Dr. med. H. Hackstein und Herrn H.-J. Misterek, die mir die transfusionsmedizinischen Daten zur Verfügung gestellt haben.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. med. Dr. med. dent. H. Maas von der Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie und Herrn Priv. Doz. Dr. med. B. Hartmann aus der Klinik für Anaesthesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie. Beide haben mit ihrem profunden Fachwissen und hilfreichen Hinweisen wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen.

Bedanken möchte ich mich auch bei Frau Dr. med. E. Seidlmayer-Grimm, die durch ihre große Erfahrung im kritischen Umgang mit autologen Blutprodukten ausschlaggebend für das Interesse an diesem Themengebiet war.

Bei Herrn M. Mogk von der Firma MoReData GmbH und bei Herrn W. Engelmann von der Firma IMESO GmbH möchte ganz herzlich für Unterstützung bei der Anfertigung der Statistiken bedanken.