

**Aus der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Tübingen**

**Abteilung Klinik und Poliklinik für
Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. Dr. S. Reinert**

**Der polarografisch gemessene
Sauerstoffpartialdruckverlauf unterschiedlicher
mikrochirurgisch reanastomosierter
Transplantate**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde**

**der Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen**

**vorgelegt von
Dr. med. Thomas Schaal
aus
Konstanz
2009**

Dekan:	Professor Dr. I.B. Autenrieth
1. Berichterstatter:	Professor Dr. Dr. J. Hoffmann
2. Berichterstatter:	Professor Dr. H. Aebert

INHALTSVERZEICHNIS	Seite
1	EINLEITUNG 1
1.1	Mikrochirurgische Transplantate 1
1.2	Historischer Überblick mikrochirurgischer Transplantate 2
1.3	Übersicht mikrovaskulär reanastomosierter Transplantate 4
1.3.1	Das faszioseptokutane Transplantat vom distalen radialen Unterarm 5
1.3.2	Das faszioseptokutane Transplantat vom lateralen Oberarm 6
1.3.3	Das Beckenkammtransplantat 7
1.3.4	Das Latissimus-dorsi Transplantat 8
1.3.5	Das Fibulatransplantat 8
1.3.6	Das Skapula- und Paraskapulatransplantat 9
1.3.7	Anterolateraler thigh flap (ALT) 10
1.4	Monitoring mikrovaskulär reanastomosierter Transplantate 11
1.5	Verfügbare Methoden zur Perfusionskontrolle 12
1.5.1	Klinische Überwachung 12
1.5.2	Technische Überwachung 12
1.5.3	Sauerstoffpartialdruck 15
2	PATIENTEN UND METHODE 16
2.1	Patientengut 16
2.2	PO ₂ -Messung mit der Licox [®] -Sonde 16
2.3	Intraoperative Implantation der Sonde 18
2.4	Datenerhebung und Datenverarbeitung 20
3	ERGEBNISSE 21
3.1	Patientengut 21
3.1.1	Anzahl, Alters- und Geschlechtsverteilung 21
3.1.2	Allgemeinerkrankungen 22
3.1.3	Nikotin- und Alkoholkonsum 23
3.2	Mikrochirurgische Rekonstruktionen 24
3.2.1	Indikation 24
3.2.2	Defektlokalisierung 26
3.3	Stationärer Aufenthalt 27
3.4	Arterielle Anschlussgefäße 28
3.5	TNM-Verteilung 29
3.6	Verluste 29
3.7	Komplikationen/Revisionen 30

3.8	Verlauf bei Komplikationen.....	32
3.9	Implausible Messwerte.....	34
3.10	Normalverläufe.....	35
3.10.1	Transplantatverteilung.....	36
3.10.2	PO ₂ -Verlauf bei Unterarmklappen.....	36
3.10.3	PO ₂ -Verlauf bei allen Oberarmklappen.....	39
3.10.4	Verlauf bei allen Transplantaten im Vergleich.....	41
4	DISKUSSION.....	46
4.1	Einleitung Diskussion.....	46
4.2	Diskussion des Patientenguts.....	46
4.2.1	Geschlechterverteilung.....	46
4.2.2	Tabak- und Alkoholkonsum.....	47
4.2.3	Defektlokalisierung.....	48
4.2.4	Indikation für mikrochirurgische Rekonstruktionen.....	48
4.3	Notwendigkeit des Monitorings.....	50
4.4	Monitoringdauer.....	51
4.5	Monitoringverfahren.....	52
4.6	Apparative Monitoringverfahren.....	53
4.7	PO ₂ -Monitoring und Licox-System.....	56
4.8	Normalverläufe.....	57
4.9	Komplikationen.....	58
4.10	Antithrombotische Prophylaxe/Therapie.....	60
4.11	PO ₂ -Verläufe bei Komplikationen.....	61
4.12	Transplantatspezifische Verläufe.....	62
4.13	PO ₂ - Grenzwerte.....	63
4.14	Erfolgsrate.....	64
4.15	Revision.....	65
4.16	Einschätzung der Wertigkeit des Licox-Systems.....	66
5	ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNG.....	68
6	LITERATURVERZEICHNIS.....	71
7	DANKSAGUNG.....	89
8	LEBENS LAUF.....	90

1 Einleitung

1.1 Mikrochirurgische Transplantate

Obgleich regionale Lappen die erste Wahl für Gesichtsrekonstruktionen sind, werden der ablativen Tumorchirurgie schnell ihre Grenzen aufgezeigt und verlangen bei größeren Defekten Gewebeübertragungen von einem anderen Teil des Körpers (*Bootz 2001; Domarus 2000; Grundmann 2001; Peek und Exner 2001*).

Der mikrochirurgische Gewebettransfer ist damit seit vielen Jahren bei großen Weichteil- und Knochendefekten im Kopf- und Halsbereich als Methode der Wahl etabliert. Schon seit Beginn der 90er Jahre wurden diese Methoden von vielen Autoren als unverzichtbare Bestandteile der operativen Tumorthherapie angesehen (*Ehrenfeld et al. 1991; Ehrenfeld und Riediger 1990; Weber W. 1991*). Durch seine Anwendung konnte das Spektrum der als operabel eingestuften Tumore erweitert werden. Heute wird die Tumorentfernung meist mit einer sofortigen und definitiven rekonstruktiven Maßnahme kombiniert.

Unfall-, tumorbedingte oder angeborene Gewebedefekte im Mund-, Kiefer- oder Gesichtsbereich sind nicht nur wegen ihrer funktionellen, sondern auch wegen der damit verbundenen ästhetischen und psychischen Beeinträchtigung besonders schwerwiegend. Die Erhaltung von Funktion und Ästhetik wird deshalb als wichtiges Ziel angestrebt (*Ehrenfeld und Mast 2000; Reuther und Kübler 1999*).

Obgleich freie, mikrochirurgisch anastomosierte Transplantate aufwändig sind, bieten sie dem Patienten eine unvergleichbar höhere Lebensqualität, verbunden mit der Möglichkeit auf eine Reintegration in die Gesellschaft. Daher ist der Wert dieser Transplantate nicht hoch genug einzuschätzen.

1.2 Historischer Überblick mikrochirurgischer Transplantate

Erste Versuche der Reanastomosierung von Gefäßen reichen bis ins 17. Jahrhundert zurück. JASSINOWSKI (1889) und DONAGHY (1969) berichten über die Naht einer Arterienverletzung, die HALLOWELL im Jahre 1759 durchführte.

Es folgten Eingriffe an einer menschlichen Vene im Jahre 1816 durch TRAVERS und End- zu End-Anastomosen beim Hund 1894 durch ABBE und 1897 beim Menschen durch MURPHY. Später wurden unter Verdiensten von Carrel und Guthrie die grundlegenden Verfahren zur Gewebetransplantation und zur Gefäßrekonstruktion erarbeitet und damit die moderne Gefäß- und Transplantationschirurgie um die Jahrhundertwende begründet (*Carrel und Guthrie 1906*).

Während und vor allem nach den beiden Weltkriegen erlebte die plastische Chirurgie und die Gefäßchirurgie, bedingt durch die zahlreichen Verletzungen unter den Kriegsversehrten, eine rasche Weiterentwicklung. Ausgedehnte Defekte im Kopf-Hals-Bereich mussten versorgt werden und die aufkommende Möglichkeit mit freien mikrochirurgischen Transplantaten zu arbeiten, bot starken Aufwind für die Forschung. So wurde bereits 1948 über hohe Erfolgsraten bei Gefäßanastomosen in Tierexperimenten berichtet (*Shumacker und Lowenberg 1948*).

1960 wurden mit Einführung des Operationsmikroskops und Entwicklung spezieller Instrumente und Nahttechniken durch Jacobsen et al. entscheidende Fortschritte erzielt (*Jacobsen und Suarez 1960*). Durch die Verwendung des Mikroskops konnten nun auch kleinere Gefäße dargestellt, Anastomosen gebildet und so die moderne mikrochirurgische Transplantationschirurgie entwickelt werden.

Erste erfolgreiche Anwendungen der neuen Operationsmöglichkeiten wurden in der Traumatologie beschrieben (*Kleinert und Kasdan 1965*), bevor auch Publikationen über Rekonstruktionen mittels mikrochirurgisch reanastomisierten

Transplantaten im Kopfbereich folgten (*James 1976*). Die erste freie Transplantation mittels mikrochirurgischem Gefäßanschluss erfolgte 1973 durch Daniel und Taylor. Sie transplantierten einen freien Leistenlappen (groin flap) zur Defektdeckung am Unterschenkel (*Daniel und Taylor 1973*). Bereits vier Jahre später wurde dieses Transplantat für Rekonstruktionen in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie eingesetzt (*Austermann 1977; Bitter 1980; Bitter et al. 1981*).

Seitdem gewannen mikrochirurgische Transplantate zur Defektdeckung knöcherner, weichgewebiger und kombinierter Defekte in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie immer mehr an Bedeutung und sind heute fester Bestandteil des operativen Repertoires (*Eckardt und Fokas 2003; Germann und Steinau 1996; O'Brien et al. 1998; Shestak et al. 1992; Simpson et al. 1996; Urken et al. 1991*).

In der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie am Universitätsklinikum Tübingen wurde die mikrochirurgische Technik 1980 etabliert.

Der Erfolg dieser neuen Methode veranlasste Chirurgen, nach weiteren Transplantaten zu suchen, die eine Ausweitung der Indikationen zum mikrochirurgischen Lappentransfer zuließen. Es wurde in den darauf folgenden Jahren eine Vielzahl neuer Gewebeareale erforscht, die sich zur mikrochirurgischen Transplantation eigneten.

Durch eine Perfektionierung der Anastomosentechniken und die Verfeinerung der Präparation aufgrund eines noch grundlegenden anatomischen Wissens kam es in den darauf folgenden Jahren zu einem enormen Zuwachs an Sicherheit. Die Erfolgsrate erhöhte sich dadurch bis auf 90 % und darüber (*Coskunfirat et al. 2005; Germain et al. 2004; Klug et al. 2005*).

1.3 Übersicht mikrovaskulär reanastomosierter Transplantate

In der modernen Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie sind mikrochirurgisch reanastomosierte Transplantate aus dem Spektrum der rekonstruktiven Techniken nicht mehr weg zu denken. Der Vorteil freier revaskularisierter Transplantate gegenüber herkömmlichen gefäßgestielten Transplantaten liegt in der fehlenden örtlichen Limitierung von Spender- und Empfängerregion, der größeren Auswahl an verschiedenen und auch zusammengesetzten Geweben zur Rekonstruktion, der einzeitigen Transplantation der Gewebe sowie dem starken und unabhängigen Blutfluss in entzündeten Wundregionen (*Fisher 1986*).

Nach Nocini et al. sind revaskularisierte freie Transplantate die Methode der Wahl bei breiten Defekte (> 6cm) im Mund-, Kiefer- und Gesichtsbereich (*Nocini et al. 2000*). Gerade hier bieten die mikrochirurgisch reanastomosierten Transplantate Vorteile gegenüber den lokalen Transplantaten, da die Defektdeckung in einer Operation durchgeführt werden kann.

Die in der vorliegenden Studie verwendeten Transplantate gliedern sich in Weichgewebstransplantate, Knochentransplantate und kombinierte Weich- und Knochengewebstransplantate.

Der jeweilige Einsatz der einzelnen Transplantate bei den verschiedenen Defekten hängt von dem jeweils zu ersetzenden Gewebe ab. Je nach Umfang an ossären, kutanen, muskulären oder kombinierten Ersatzgewebe, wählt man die verschiedenen freien Transplantate aus. Vereinfacht kann man sagen, dass der Defekt das zu verwendende Transplantat bestimmt (*Fisher 1986*).

Im Folgenden werden die in unserem Kollektiv verwendeten freien mikrochirurgisch reanastomosierten Transplantate vorgestellt.

1.3.1 Das faszioseptokutane Transplantat vom distalen radialen Unterarm

Die erste freie Transplantation eines Radialislappens wurde 1978 am Shenyang Militärhospital (Shanghai) durchgeführt und wird daher auch „chinese flap“ genannt (*Yang et al. 1981*).

Das erste Transplantat in Deutschland wurde 1981 von Mühlbauer et al. in München eingesetzt (*Mühlbauer et al. 1981*), im Folgenden modifiziert und im amerikanischen sowie europäischen Raum verbreitet (*Mühlbauer et al. 1982*).

Die arterielle Versorgung erfolgt über die A. radialis. Der venöse Abfluss kann sowohl über die Vv. radiales als auch über oberflächliche Hautvenen erfolgen (*Riediger und Ehrenfeld 1995*). Die Gefäßversorgung ist beim Unterarmklappen relativ konstant und das meist große Gefäßkaliber sowie die Länge des Gefäßstiels bieten eine hohe Anastomosensicherheit.

Die sichere Blutversorgung, die große Plastizität des Transplantats und die auch bei männlichen Patienten geringe Behaarung bieten eine vielseitige Einsatzmöglichkeit zur Rekonstruktion in der Mundhöhle und im Gesicht (*Schwenzer und Ehrenfeld 2002*).

Der Entnahmedefekt wird größtenteils mit einem freien Spalthauttransplantat gedeckt.

Nachteile dieses Transplantats können eine unbefriedigende Ästhetik im Entnahmegebiet, bedingt durch flächige exponierte Narben, die funktionelle Einschränkung oberflächlich liegender Strukturen durch Verwachsungen, sowie die Hebmorbidität sein (*Bardsley et al. 1990; Herndl et al. 1991; Swanson et al. 1990; Timmons et al. 1986*). Außerdem wird ein essentielles Gefäß, die A. radialis, geopfert.

Deshalb muss vor Transplantatentnahme unbedingt die Perfusion der A. ulnaris getestet werden damit die Blutversorgung der Hand nach Entfernung der A. radialis gewährleistet ist. Mit dem Allen-Test wird geprüft, ob die Perfusion der

Hand allein durch die A. ulnaris gesichert ist, nachdem der Blutfluss durch die A. radialis durch manuelle Kompression unterbunden wurde.

1.3.2 Das fasziöseptokutane Transplantat vom lateralen Oberarm

Song et al. berichteten 1982 als erste über mikrochirurgische Transplantate vom lateralen Oberarm (*Song et al. 1982*). Initial nur für kleinere bis mittelgroße Defekte im Bereich der Extremitäten angewendet, erschienen 1989 erste Publikationen über die Verwendung dieser Art von Transplantaten für intraorale Rekonstruktionen (*Matloub et al. 1989*).

Das Transplantat eignet sich aufgrund seiner zum Teil ausgeprägten Fettschicht zur Volumenauffüllung bei Weichgewebsrekonstruktionen oder wegen seiner recht starken Faszie zur Schleimhautdeckung (*Gehrking et al. 1998*).

Die das Transplantat versorgenden Gefäße sind die Arteria profunda brachii und ihr Endast die Arteria collateralis radialis posterior.

Nachteilig zeigten sich Berichten zu Folge bei diesem Transplantat die sensiblen Ausfälle an der Spenderregion distal des Ellenbogens und die recht schwierige Präparation des Transplantats (*Gehrking et al. 1998; Graham et al. 1992*).

Im Gegensatz zum Unterarmklappen kommt der Oberarmklappen weltweit deutlich seltener zum Einsatz. So erscheint dieses Transplantat in einigen umfangreichen Kollektiven mikrochirurgischer Transplantate nur sehr selten oder überhaupt nicht (*Brown et al. 2006; O'Brien et al. 1998; Schusterman et al. 1994; Watkinson und Breach 1991*). Mögliche Erklärungen für die zurückhaltende Anwendung des Oberarmklappens liegen einerseits an den kaliberschwächeren Spendergefäßen, was eine Anastomosierung technisch anspruchsvoller macht, zum anderen in der weit verbreiteten Meinung, dass der Klappen einen kurzen Klappenstiel aufweist (*Kuek und Chuan 1991*). Andere Autoren zeigten jedoch, dass der Oberarmklappen mit geringer

Komplikationsrate im Empfänger- sowie Spenderareal hervorragend zur Deckung kleiner bis mittelgroßer Defekte geeignet ist und die Lappenstiellänge um weitere 2 bis 3 cm über den Epicondylus hinaus ohne vaskuläre Beeinträchtigung verlängert werden kann (*Gellrich et al. 2001; Reinert 2000*).

1.3.3 Das Beckenkammtransplantat

Das mikrochirurgisch anastomosierte Beckenkammtransplantat zum Knochenersatz wurde von Taylor et al. 1979 (*Taylor et al. 1979*) sowie von Bitter 1980 (*Bitter 1980*) beschrieben. Durch die natürliche Form der Beckenschaufel und der zumeist ausreichenden Dicke der Crista illaca besteht die Möglichkeit der Rekonstruktion fast aller Abschnitte des Unter- und Oberkiefers (*Reuther und Kübler 1999*) Das Transplantat eignet sich besonders für Rekonstruktionen im Bereich des Kieferwinkels bzw. zu Defektdeckungen bis zu zwei Drittel des Unterkiefers (*Schwenzer und Ehrenfeld 2002*). Bei großer Unterkieferhöhe ist es ideal zur Rekonstruktion anteriorer Defekte. Dabei kann maximal die Strecke Kieferwinkel bis zum Kieferwinkel der Gegenseite rekonstruiert werden.

Die arterielle Versorgung dieses Transplantats erfolgt durch die Arteria circumflexa ilium profunda, sie versorgt sowohl den Markbereich als auch das Periost des Beckenknochens und weist bei ausreichender Länge einen guten Gefäßdurchschnitt auf (*Urken et al. 1989*). Die venöse Drainage des Lappens erfolgt im Allgemeinen durch eine die A. circumflexa iliaca profunda begleitende Vene.

Die ausreichende Dicke und Stärke des gebotenen Knochens bieten gute Voraussetzungen zur Insertion dentaler Implantate (*Boyd 1988; Urken et al. 1989*).

Komplikationen im Bereich des Donorgebietes sind zum einen die mögliche postoperative Ausbildung einer Hernie (*Urken et al. 1989*), welche sich aber durch sorgfältige Nahttechnik bzw. durch Einlage eines Polyethylennetzes

vermeiden lässt, und zum anderen die mögliche Fraktur im Bereich der Knochenentnahmestelle (*Richard et al. 1995*).

1.3.4 Das Latissimus-dorsi Transplantat

Der Latissimus-dorsi Lappen ist der älteste Muskelhautlappen. Er wurde bereits 1896 von Tansini beschrieben (*Tansini 1896*). Als myokutanen Transplantat wird es hauptsächlich zur Rekonstruktion bei großen, flächigen und voluminösen Weichteildefekten eingesetzt (*Fisher 1986*) und findet in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie Verwendung für Zungen- oder Skalprekonstruktionen an der Schädelbasis (*Schwenzer und Ehrenfeld 2002*).

Bedingt durch seine besondere Gefäßanatomie mit einem langen versorgenden Gefäßstiel und einer großen Transplantatoberfläche sind zahlreiche Variationen in der Lappengestaltung möglich. Das Transplantat wird deshalb bei komplizierten sekundären Rekonstruktionen verwendet (*Har-El et al. 1999; Quillen 1979; Riediger und Schmelzle 1986*).

Der M. latissimus dorsi wird im Wesentlichen von der A. thoracodorsalis versorgt. Lediglich der mediodistale Muskelanteil wird über die segmentalen Interkostalararterien versorgt. Der venöse Abfluss erfolgt über zwei die A. thoracodorsalis begleitende Venen, die sich meist zu einer größeren V. thoracodorsalis vereinigen. Die A. thoracodorsalis teilt sich intramuskulär in zwei bis drei Hauptäste auf. Dies ist für die Lappengestaltung insofern von Bedeutung, als jeder dieser Äste in der Lage ist, ein autonomes Transplantat zu versorgen, so dass ein mehrteiliges Transplantat an einem Gefäßstiel gewonnen werden kann (*Baudet et al. 1976*).

1.3.5 Das Fibulatransplantat

Das Fibulatransplantat wurde erstmals 1973 von Ueba und Fujikawa beschrieben (*Ueba und Fujikawa 1983*) sowie 1975 von Taylor et al. klinisch eingesetzt (*Taylor et al. 1975*). Erst 1989 wurde die Fibula von Hidalgo (*Hidalgo 1989*) für den Unterkieferersatz verwandt.

Das Fibulatransplantat wird von der A. peronea versorgt, die normalerweise aus der A. tibialis posterior entspringt. Von Vorteil sind der lange Gefäßstiel und ein konstantes Kaliber über die ganze Länge hinweg (*Valentini et al. 2005*).

Riediger und Ehrenfeld (*Riediger und Ehrenfeld 1995*) empfehlen aufgrund der häufig variablen Gefäßarchitektur des Unterschenkels vor der Hebung eines Fibulatransplantates eine dopplersonographische Untersuchung - im Zweifel sogar eine Angiographie - um die Blutversorgung des Fußes nicht zu gefährden.

Inzwischen setzt sich auch die präoperative Gefäßdarstellung mittels Magnetresonanzangiografie als nicht invasives Verfahren zur Sicherung der 3-Gefäßversorgung immer mehr durch (*Hölzle et al. 2003; Kelly et al. 2007*).

Das Fibulatransplantat bietet eine sichere und zuverlässige Möglichkeit für die mandibuläre Rekonstruktion (*Ad-el et al. 2002*). Es findet vorwiegend bei der langstreckigen Unterkieferrekonstruktion seine Anwendung. In der Literatur sind Entnahmelängen des Fibulaknochens von bis zu 25 cm beschrieben worden (*Cordeiro et al. 1999; Hidalgo 1989; Hidalgo und Rekow 1995; Santamaria et al. 1998*). Damit sind vielfältige Rekonstruktionsvariationen des Unterkiefers möglich (*Schwenzer und Ehrenfeld 2002; Valentini et al. 2005*).

Nachteilig erweist sich die geringe Dicke des angebotenen Knochens, die einem atrophen Unterkiefer ähnelt (*Schwenzer und Ehrenfeld 2002*). Dennoch ist die Möglichkeit der Insertion enossaler dentaler Implantate in diesen Knochen gegeben (*Cordeiro et al. 1999*).

1.3.6 Das Skapula- und Paraskapulatransplantat

1980 wurde von Dos Santos mit dem Skapulalappen ein weiterer Hautlappen neben dem Radialislappen beschrieben (*Dos Santos 1980*) zwei Jahre später wurde das erste freie mikrochirurgische Skapulatransplantat klinisch angewandt (*Gilbert und Teot 1982*). Im gleichen Jahr beschrieb Nassif et al. neben der Gefäßanatomie des Paraskapulatransplantats auch die Möglichkeit der

Kombination mit dem Skapulatransplantat (*Nassif et al. 1982*). Beide Transplantate, das Skapula- und das Paraskapulatransplantat, werden von der Arteria circumflexa scapulae, dem posterioren Ast der A. subscapularis, versorgt und können an deren Endästen sowohl gemeinsam als auch getrennt gehoben werden (*Schwenzer und Ehrenfeld 2002*).

Sowohl der Skapulalappen als auch der Paraskapulalappen zeichnen sich durch eine konstante Gefäßanatomie und -topographie aus. Die Transplantate sind gut kombinierbar und eignen sich besonders zur Deckung von Weichteildefekten.

Problematisch ist oftmals allerdings die Notwendigkeit, den Patienten zur Transplantathebung in Halbseitenlage umlagern zu müssen (*Rinaldo et al. 2002*).

1.3.7 Anterolateraler thigh flap (ALT)

Eine grundlegende Erweiterung des Spektrums mikrochirurgischer Gewebetransfers ergab sich durch die Einführung der Perforatorlappen, zu denen auch der ALT gehört, welcher erstmals 1984 von Song beschrieben wurde (*Song et al. 1984*).

Perforatorlappen sind Transplantate aus Haut oder subkutanem Gewebe die entsprechend der Definition von WEI (2001) auf einem Hautgefäß basieren - einem so genannten Perforator - welches Muskulatur und/ oder Faszie durchquert, um die Haut zu erreichen (*Blondeel et al. 2003; Koshima und Soeda 1991; Kroll und Rosenfield 1988*). Das Perforansgefäß entspringt aus einer der axial verlaufenden Arterien des Körpers, durchquert Muskel oder andere Strukturen des Körpers und versorgt das darüber liegende subcutane Fettgewebe und die darüber liegende Hautschicht eines bestimmten Areals (*Lyons 2006*). In den letzten Jahren wurde eine große Anzahl an Perforanslappen beschrieben von denen der ALT zu den am häufigsten verwendeten zählt (*Geddes et al. 2003*).

Der ALT wird von kleinen Hautgefäßen versorgt, die aus dem absteigenden Ast der Arteria circumflexa femoris lateralis entspringt (*Celik et al. 2002*). Dabei handelt es sich nicht um essentielle Gefäße, so dass eine kritische Minderperfusion im Bereich der Entnahmeregion nicht befürchtet werden muss. Er ist wegen seiner dünnen und gut modellierbaren Struktur ein vielseitig einsetzbares Transplantat mit minimaler Entnahmemorbidität und guten Erfolgsraten (*Gaggi et al. 2006; Pribaz et al. 1995; Wei et al. 2002*). Bei der Präparation von zwei benachbarten Perforansgefäßen kann das Transplantat sogar entsprechend des Gefäßverlaufs geteilt und damit für mehrdimensionale Rekonstruktionen eingesetzt werden (*Cipriani et al. 2002*).

Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit der zeitgleichen Transplantathebung durch ein zweites Team (two-team-approach) wodurch die OP-Zeit verringert werden kann.

1.4 Monitoring mikrovaskulär reanastomosierter Transplantate

Obwohl die freie mikrochirurgische Gewebetransplantation gute Erfolgsraten aufweist, ist der frühe postoperative Lappenverlust immer noch ein klinisches Problem. Allerdings kann nach Gefäßverschluss im Transplantat eine rechtzeitige Revisionsoperation mit Wiederherstellung durchgängiger Gefäßanastomosen eine Rettung des Transplantats bewirken (*Machens et al. 1999*).

Deshalb gilt es, postoperative Komplikationen – vor allem Perfusionsstörungen - frühestmöglich zu erkennen um irreversible ischämische Schäden am Transplantat und damit Transplantatverluste zu verhindern (*Machens et al. 1999; Schön et al. 2002; Wahlmann und Wagner 1990*).

Das ideale Überwachungsverfahren mikrochirurgisch reanastomosierter Transplantate sollte nach Jones (*Jones 1984*) atraumatisch, zuverlässig, objektivierbar, wiederholbar, geeignet zur kontinuierlichen Überwachung in

jeder Art von Gewebe, rasch auf Durchblutungsänderungen reagierend, leicht anwendbar und kostengünstig sein.

Es ist eine Vielzahl von Verfahren zur Beurteilung der Transplantatvitalität vorgestellt und erprobt worden (*Eckelt et al. 1994; Futran et al. 2000; Hellner und Schmelzle 1993; Hölzle et al. 2005; Khalid et al. 2006; Machens et al. 1997; Machens et al. 1994; Numata et al. 2002; Pickett et al. 2003; Schön et al. 2002; Schultze-Mosgau et al. 1995; Schultze-Mosgau et al. 2003; Soost et al. 1999; Strauss et al. 1994; Wechselberger et al. 1997; Wolff et al. 1998*).

Von diesen bisher in der Literatur beschriebenen Methoden konnte sich allerdings keine als Standardmethode durchsetzen (*Machens et al. 1999*).

1.5 Verfügbare Methoden zur Perfusionskontrolle

1.5.1 Klinische Überwachung

Die klinische Überwachung mikrochirurgisch reanastomosierter Transplantate kann als Beurteilungsparameter Haut- oder Muskelfarbe, Oberflächentemperatur, Gewebeturgor, Rekapillarierungszeit und die Blutungseigenschaft nach Stichinzision beinhalten. Sie ist sehr von der Erfahrung des Untersuchers als auch von äußeren Einflüssen wie Licht- und Raumtemperaturbedingungen abhängig. Unter die Haut gebrachte Lappen („buried flaps“) entziehen sich wegen einer fehlenden Monitorinsel der klinischen Beurteilung.

1.5.2 Technische Überwachung

Es ist in den letzten Jahren eine Vielzahl technischer Verfahren zur Beurteilung und Überwachung der postoperativen Gewebepfusion von mikrovaskulären Transplantaten entwickelt worden. Die technischen Verfahren zur Überwachung können in Techniken zur Darstellung der Blutgefäße und

Techniken zur Darstellung der Gewebedurchblutung (direkt oder indirekt) eingeteilt werden.

Techniken zur Darstellung der Blutgefäße:

Ultraschall-Doppler, Laser-Doppler, Laser-Scanner, elektromagnetische Flußmeßköpfe, Angiographie und Angioskopie.

Techniken zur direkten Darstellung der Gewebedurchblutung:

Radioaktive Marker, Clearance-Verfahren, Radioaktive Gase, Wasserstoffgas, Fluoreszenz-Marker.

Techniken zur indirekten Darstellung der Gewebedurchblutung:

Temperaturmessung, muskuläre Erregbarkeit, elektrische Leitfähigkeit, interstitieller Gewebedruck, Photoplethysmographie, Impedanzplethysmographie, Magnetresonanz-Spektroskopie, Magnetresonanztomographie, Gewebe-pH, Sauerstoff-Partialdruck, Pulsoxymetrie, Hämatokrit.

Eine Übersicht der technischen Monitoringverfahren gibt Tabelle 1.

Verfahren	invasiv	kontinuierlich	Prinzip	Vorteile	Nachteile	Bemerkung
pH-Monitoring	ja	ja	Messung des Gewebe-pH	Parameter spiegeln hypoxiebedingte Veränderungen wider	träge Veränderung der Meßwerte durch lokale Puffersysteme	nicht für die klinische Anwendung geeignet
Elektromagnetische Flussmessköpfe	ja	ja	Quantitative Messung des Blutflusses mit Hilfe eines Elektro-magnetischen Felds	hervorragende Messung der gesamten Lappenperfusion	technisch aufwändiges Verfahren, teuer	klinische Anwendung problematisch, v.a. experimentelle Nutzung.
Ultraschall-Doppler	ja	ja	Implantierbare Dopplersonde auf dem venösen Anschlußgefäß	schnell und einfach, auch durch nichtgeschultes Personal interpretierbar	Registrieren falscher Werte bei Dislokation des Meßkopfes	
Sauerstoffpartialdruck	ja	ja	polarographische Messung des Gewebe-PO ₂ im Transplantat	wenig invasiv, sehr genau		
Fluoreszenz-Marker	ja	nein	Bolusinjektion von Fluoreszein, Visualisierung unter UV-Licht	leicht erlernbar, günstig	Hautinsel erforderlich	kein Monitoring von "buried flaps" möglich
Mikrodialyse	ja	nein	Mikroproben werden auf metabolische Substanzen analysiert	Metabolische Substanzen (Lactat, Pyruvat, Glukose) zeigen früh hypoxische Veränderungen auf.	zeitaufwändig, technisch aufwändiges Verfahren	
Oberflächentemperatur	nein	ja	Messung der Oberflächentemperatur	einfach, günstig	Temperaturveränderung reagiert erst relativ spät	v.a. intraoral träge Temperaturänderung
transkutanes pO ₂ -Monitoring	nein	ja	Misst den pO ₂ auf der Hautoberfläche	nicht-invasiv	Hautinsel erforderlich	
Laser Doppler	nein	ja	Dopplershifting-Effekt des Laserlichts; das Meßsignal entspricht dem Fuß der Erythrozyten	Differenzierung zwischen venösem/arteriellem Verschluss	Meßergebnisse nicht leicht zu interpretieren und von Erfahrung des Untersuchers abhängig	Blutfluss ist dynamisch und kann sich ohne Gefäßverschluss ändern
Photoplethysmographie	nein	ja	Absorptionsmessung von Infrarotlicht im Gewebe	Differenzierung zwischen venösem/arteriellem Verschluss	Hautinsel erforderlich, bei dunkelhäutigen Patienten nicht möglich	
Duplexsonographie	nein	nein	Sonografische Darstellung des Blutflusses	zuverlässige Messung, direkte Gefäßdarstellung	geschultes Personal erforderlich	

Tabelle 1: Unterschiedliche Transplantatüberwachungsverfahren im Vergleich

1.5.3 Sauerstoffpartialdruck

Von allen Methoden, welche die Wirksamkeit der Gewebedurchblutung widerspiegeln, wird der Sauerstoffpartialdruck als sensitivster erachtet (*Gosain et al. 1991*). Er ist der Druckgradient der zwischen dem durch die Kapillaren bereitgestellten und den durch Mitochondrien verbrauchten Sauerstoff entsteht und spiegelt so direkt die zelluläre Sauerstoffverfügbarkeit wider (*Gottrup et al. 1984*). Deshalb nähert sich bei starker Perfusion der Partialdruck des Sauerstoffs in Gewebe und Venen dem von arteriellem Blut (PaO_2), während er unter Bedingungen die den mikrozirkulatorischen Fluss behindern, ein verlässlicher und schneller Indikator für Kreislaufbeeinträchtigungen ist (*Hunt et al. 1987*).

2 Patienten und Methode

2.1 Patientengut

Es wurden alle Patienten für diese retrospektiven Studie herangezogen, bei denen zwischen dem 15.12.2003 und dem 17.09.2007 an der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Tübingen eine weichgewebige, knöcherne oder kombinierte Rekonstruktion mit einem mikrochirurgisch reanastomosierten Transplantat vorgenommen wurde und dessen Sauerstoffpartialdruck postoperativ mit der Licox-Sonde überwacht wurde.

2.2 PO₂-Messung mit der Licox[®]-Sonde

Der Gewebesauerstoffpartialdruck wurde postoperativ mit der Licox-Sonde der Firma GMS Integra erfasst.

Die Licox-Sonde misst den Gewebesauerstoffpartialdruck polarographisch. Bei der polarographischen Methode wird molekularer Sauerstoff an der Oberfläche einer Edelstahlelektrode chemisch reduziert. Es findet also eine chemische Reaktion statt, bei der Elektronen verbraucht werden:



Die resultierende Stromstärke ist linear abhängig vom Sauerstoffpartialdruck im umliegenden Gewebe.

Technisch wird dieses Prinzip mit der "Clark-Elektrode" umgesetzt bei der Anode und Kathode über eine Elektrolytlösung in Verbindung stehen. Nach außen sind sie durch eine sauerstoffdurchlässige Membran getrennt.

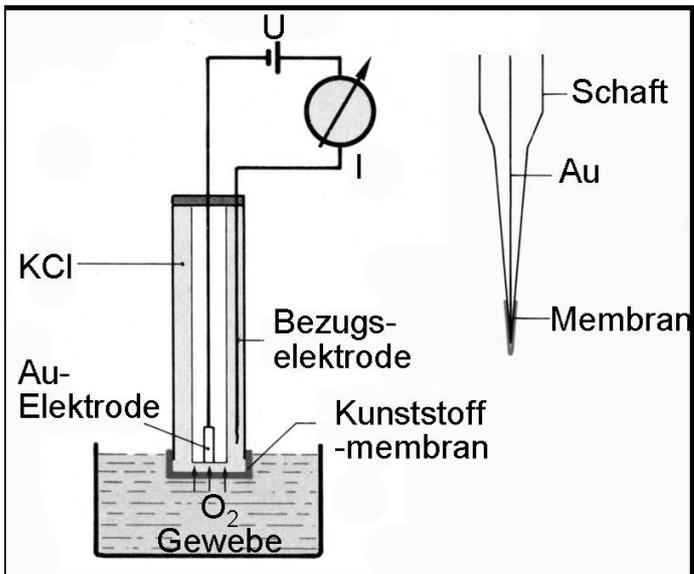


Abbildung 1: Schematischer Aufbau der Clark-Elektrode

Die schlanke Sonde mit einem Messbereich von 5 mm ist durch ein Kabel mit dem Messgerät verbunden. An das Messgerät wurde ein Computer zur Aufzeichnung der Messwerte angeschlossen.

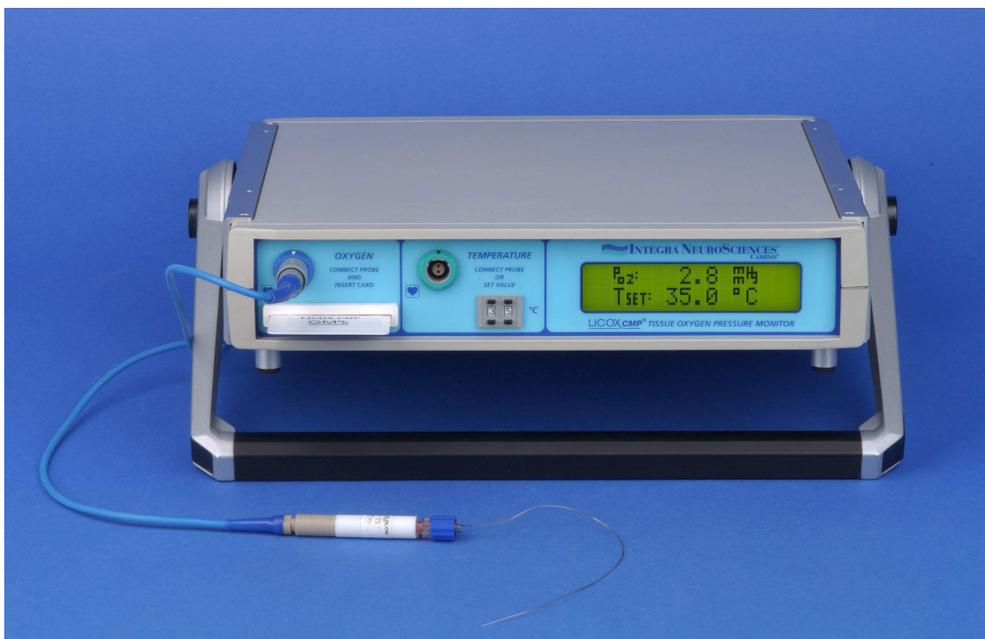


Abbildung 2: Sonde und Kabel mit Messgerät der Firma Integra

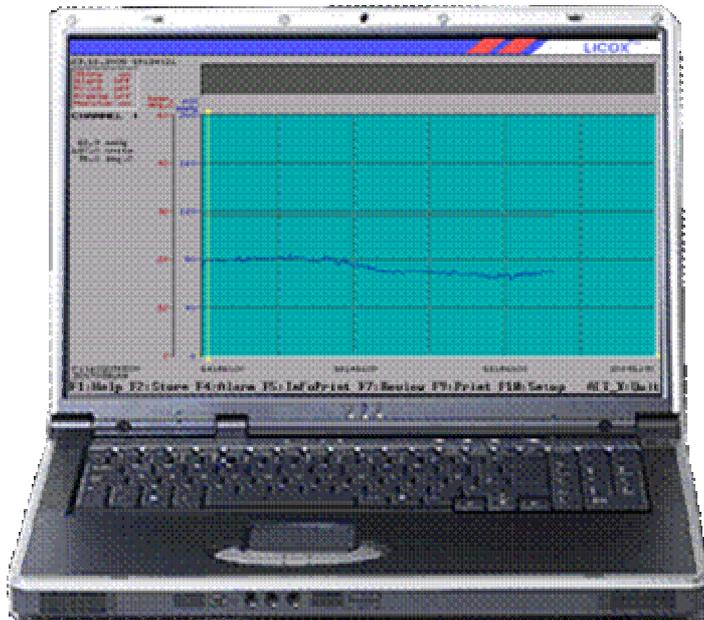


Abbildung 3: Computer mit Aufzeichnungsoberfläche

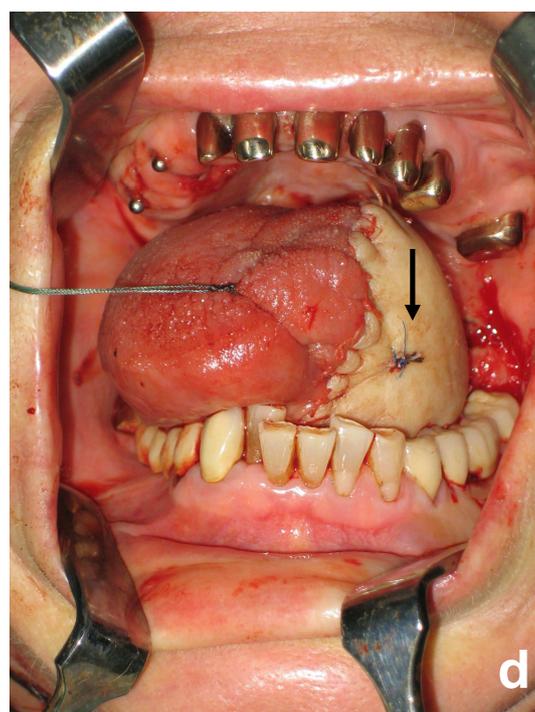
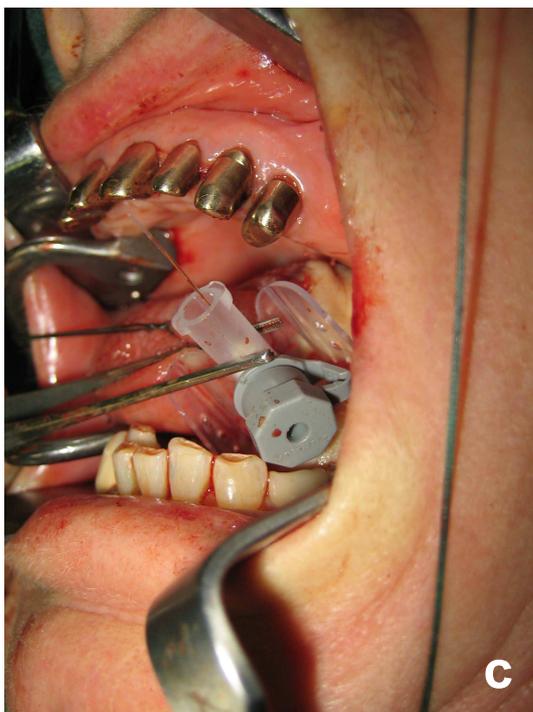
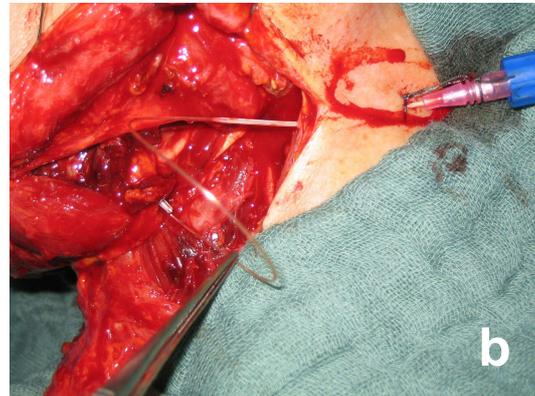
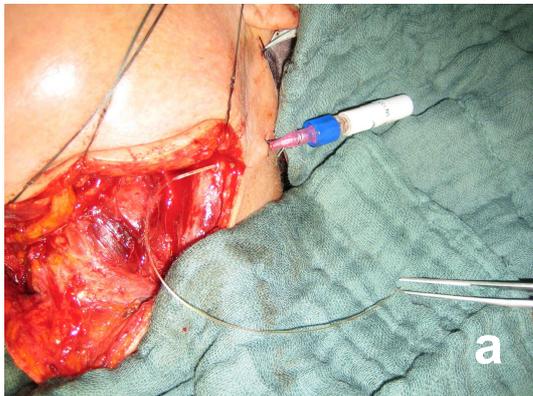
2.3 Intraoperative Implantation der Sonde

Die Licox - Sonde wurde intraoperativ – meist schon vor der mikrochirurgischen Anastomosierung der Gefäße - ins Transplantat eingebracht. Dabei wurde folgendermaßen vorgegangen:

Zunächst wurde meist von retroaurikulär eine Venenverweilkanüle in den Situs der Lymphknotenausräumung geschoben und über diesen Weg nach Entfernung der Stichkanüle eine Mikrokathetermesssonde über die Überkanüle in den Situs eingebracht. Die Venenverweilkanüle wurde – nachdem sie mit einer Naht fixiert wurde - an einem Gewinde des Sondensteckers verschraubt.

Nun wurde eine zweite Venenverweilkanüle – meist durch das intraoral gelegene Transplantat in den Situs der Lymphknotenausräumung vorgeschoben und nach Entfernung der Stichkanüle die Sonde durch die Überkanüle durch das Transplantat geschoben.

Nach Entfernung der Überkanüle wurde die Sondenspitze vor dem pO₂-sensitiven Bereich mit Clips sowie einer Naht an der Transplantatoberfläche fixiert.



Abbildungen 4 a-d

- a: Insertion der Sonde in den Situs
- b: Nach Vorschieben der Kanüle durch das Tx Einführen der Sonde
- c: Die Sonde ist durch das Tx nach intraoral vorgeschoben.
- d: Platzierte und am Transplantat fixierte Sonde (Pfeil).

Bei der Sondenplatzierung wurde darauf geachtet, dass der sensible Messbereich der Sonde im gut perfundierten Gewebe – bei Transplantaten mit

Muskelanteil vorzugsweise im Muskelgewebe - zu liegen kommt, um valide Messergebnisse zu erhalten. Mit der Datenaufzeichnung wurde schon intraoperativ begonnen.

2.4 Datenerhebung und Datenverarbeitung

Bei mit der Licox-Sonde postoperativ überwachten Transplantaten zeichnete der an das Messgerät angeschlossene Computer mit dem Programm der Firma GMS in 20 Sekunden Abständen den gemessenen Gewebesauerstoffpartialdruck im Transplantat auf.

Die so über einen Zeitraum von 96 Stunden gewonnenen Werte wurden nach Import in Microsoft Excel zu stündlichen Werten gemittelt und weiter verarbeitet.

Bei der statistischen Analyse des Sauerstoffpartialdruckverlaufs wurden nur die Verläufe mit plausiblen Messwerten herangezogen und jeder dieser Verläufe als einzelner Fall gewertet.

Die statistische Beratung erfolgte durch das Institut für medizinische Biometrie der Universität Tübingen.

3 Ergebnisse

3.1 Patientengut

3.1.1 Anzahl, Alters- und Geschlechtsverteilung

Insgesamt wurde im Zeitraum vom 15.12.2003 bis zum 17.09.2007 von insgesamt 157 Transplantaten der pO_2 -Verlauf von 125 (= 79,6%) Transplantaten an 119 Patienten postoperativ überwacht.

Die Differenz ergibt sich daraus, dass bei einem Patienten 4 und bei 3 weiteren Patienten 2 mikrochirurgische Gewebetransfers im Verlauf durchgeführt wurden.

Von den 119 Patienten waren 35 (=29%) weiblich und 84 (=71%) männlich. Das Geschlechterverhältnis männlich zu weiblich lag bei 2,5:1. Das Durchschnittsalter der Patienten betrug bei der Operation 60,5 Jahre. Der älteste Patient war 86,5 und der jüngste 16,9 Jahre alt. Bei den Männern betrug das Durchschnittsalter 57,7 Jahre, bei den Frauen 63,8 Jahre.

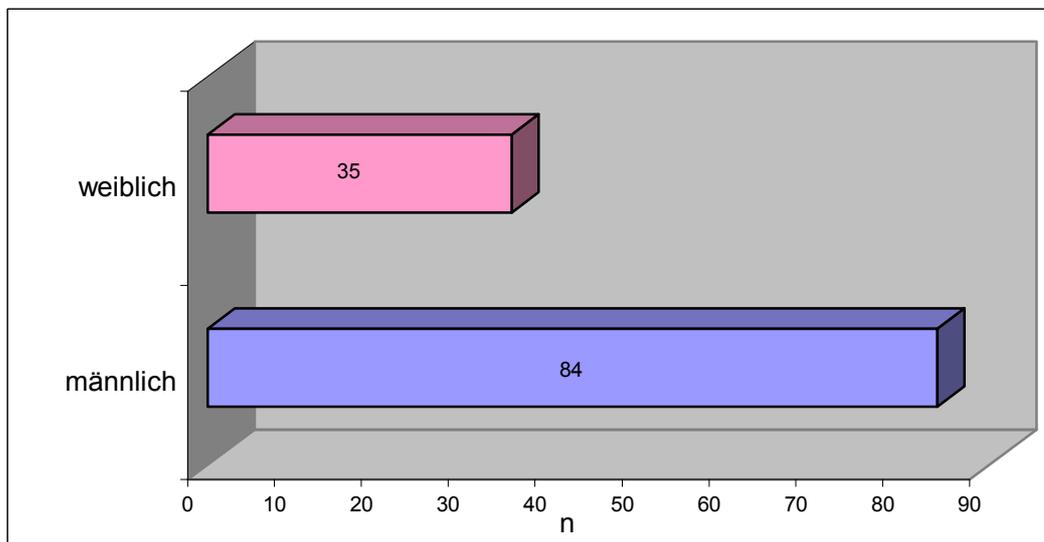


Abbildung 5: Grafische Darstellung der Geschlechterverteilung (n=119)

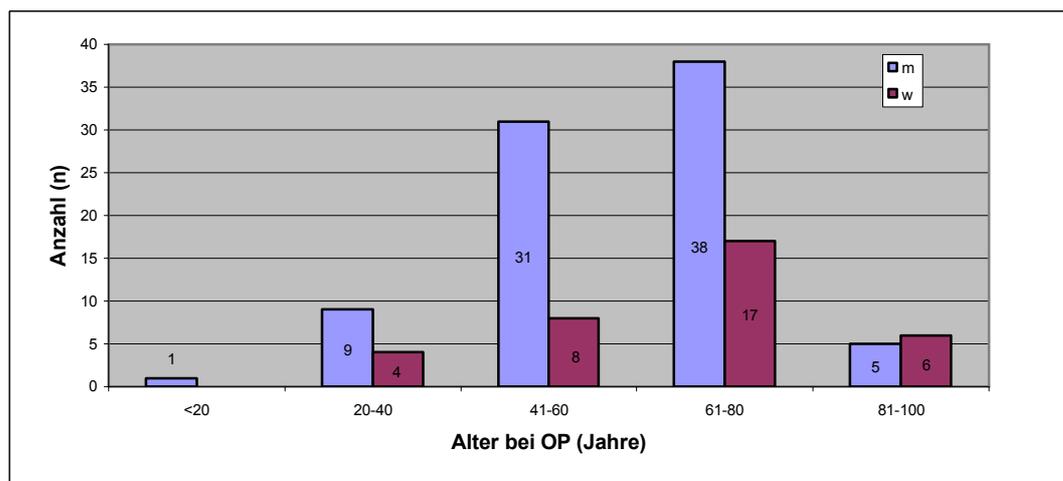


Abbildung 6: Darstellung der Altersverteilung

3.1.2 Allgemeinerkrankungen

Insgesamt litten 60 Patienten (= 51%) an Nebenerkrankungen. Davon hatten 17 (= 14%) eine, 31 (= 26%) zwei und 12 (= 10%) drei Nebenerkrankungen. Am häufigsten vertreten war die arterielle Hypertonie mit 31%, gefolgt von Diabetes mellitus (Typ II) mit 11%, der Koronaren Herzkrankheit (6%), der Herzinsuffizienz (5%) sowie der COPD (4%). Seltenerer Nebenerkrankungen waren Arrhythmien, Niereninsuffizienz, Hyper- oder Hypothyreose oder Psoriasis. Eine Übersicht über die Häufigkeit und Verteilung der Allgemeinerkrankungen gibt Abbildung 7.

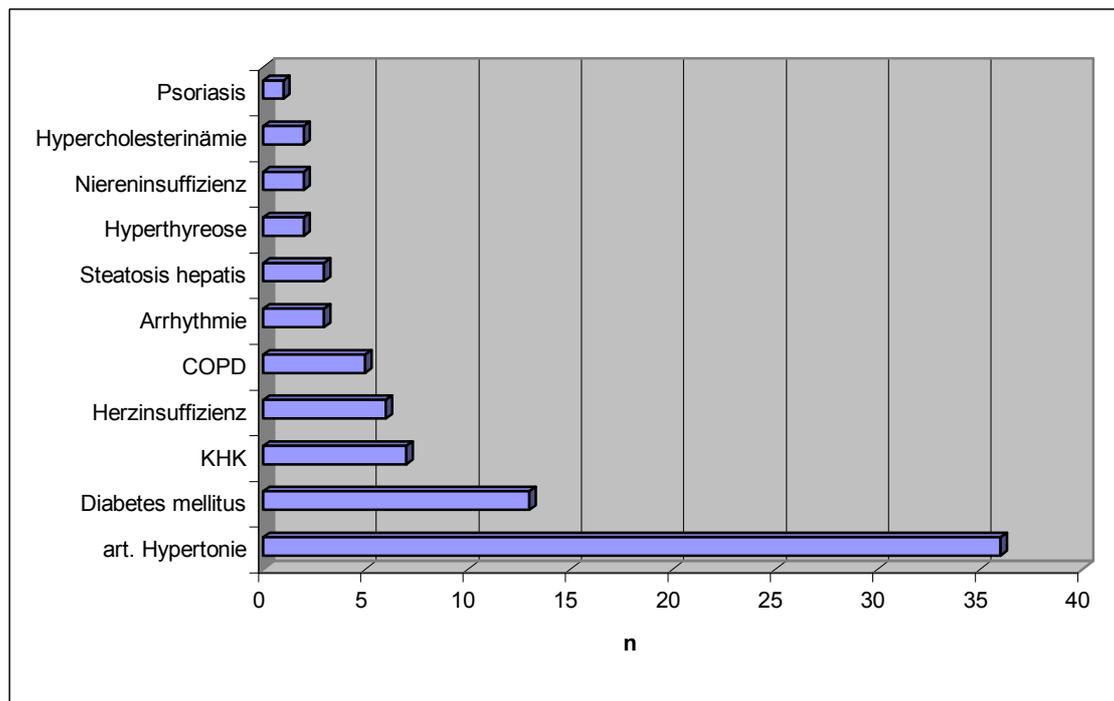


Abbildung 7: Häufigkeit und Verteilung der Allgemeinkrankheiten

3.1.3 Nikotin- und Alkoholkonsum

Von allen Patienten, bei denen der pO₂ postoperativ polarografisch überwacht wurde (n= 119) konnte bei 47 (= 40%) ein Alkohol- oder Nikotinabusus anamnestisch erhoben werden. Dabei war der kombinierte Konsum mit 30% am häufigsten, gefolgt vom isolierten Nikotinabusus (8%) und dem isolierten Alkoholabusus (1%). 47 (= 40%) Patienten gaben an, keinen Alkohol oder Nikotin zu konsumieren und bei 25 (= 21%) Patienten war der Konsum nicht bekannt. Von dem Alkohol oder Nikotin konsumierenden Teilkollektiv waren 40 (= 85%) Männer und 7 (= 15%) Frauen. Einen Überblick über die Geschlechtsverteilung gibt Abbildung 8.

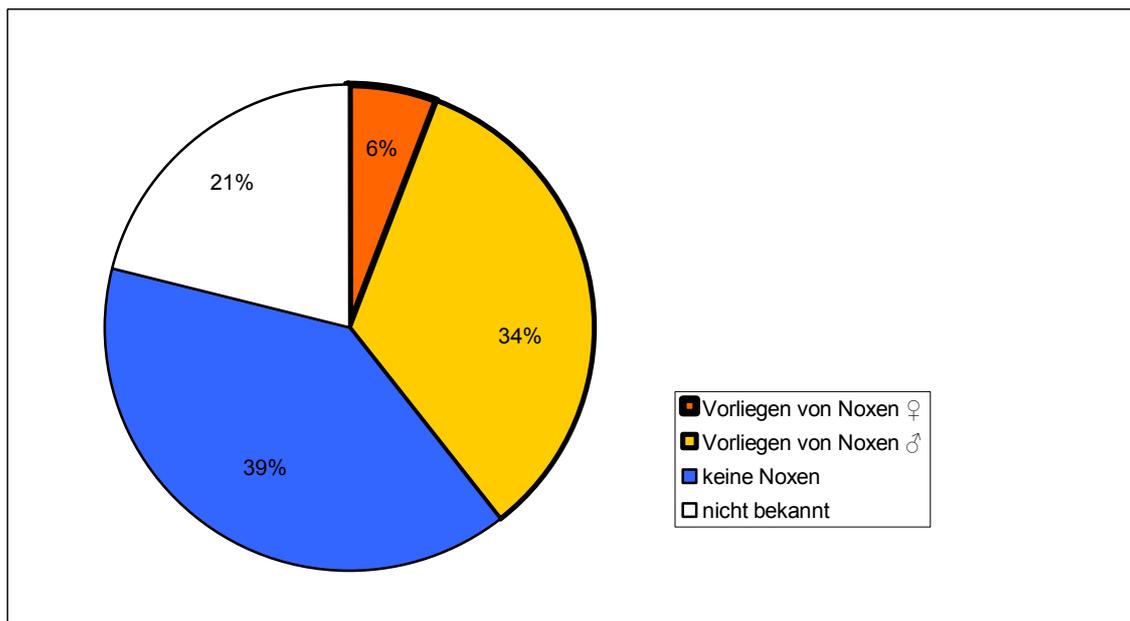


Abbildung 8: Verteilung der Noxen (Konsum von Alkohol oder Nikotin) auf das Gesamtkollektiv und Aufteilung auf Geschlechter bei Vorliegen eines Abusus.

3.2 Mikrochirurgische Rekonstruktionen

3.2.1 Indikation

Die Indikation für ein mikrochirurgisch reanastomosiertes Transplantat ergab sich in den meisten Fällen aus dem Defekt nach Resektion einer bösartigen Neubildung. Das Plattenepithelkarzinom war mit 93 (= 78,8%) die häufigste Ursache, gefolgt von dem adenoid-zystischen Karzinom und dem Ameloblastom mit je 3 Fällen (= 2,5%). In zwei Fällen (= 1,7%) lag ein Adenokarzinom vor. In nur 7 (= 5,9%) Fällen spielten andere Gründe als eine Neoplasie eine Rolle für die Indikation (Abbildung 9 und Tabelle 2).

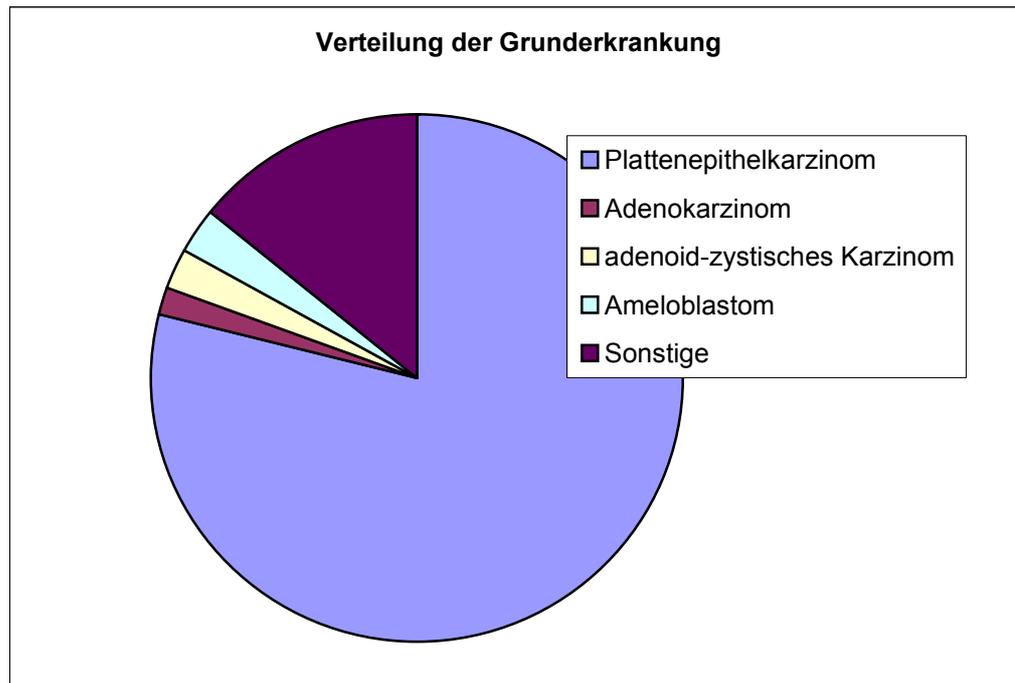


Abbildung 9: Verteilung der Grunderkrankung

Plattenepithelkarzinom	93
Adenokarzinom	2
Adenoidzystisches Karzinom	3
Ameloblastom	3
Angiosarkom	1
AV-Malformation	1
Chondroblastisches Osteosarkom	1
Chondrosarkom	1
extreme UK-Atrophie	1
Gewebedefizit Gesicht durch Mukormykose	1
Hartgaumendefekt bei LKG-spalte	1
infizierte Osteoradionekrose	1
Langerhanszellhistiozytose	1
Leiomyosarkom	1
malignes Melanom	1
Metastase eines papillären Schilddrüsenkarzinoms	1
Mukoepidermoidkarzinom	1
odontogenes Myxom	1
Pseudarthrose	1
Synovialsarkom	1
Weichteildefekt nach Schussverletzung	1

Tabelle 2: Verteilung der Indikationen für die mikrochirurgische Rekonstruktion

3.2.2 Defektlokalisierung

Am häufigsten wurden mit den mikrochirurgischen Transplantaten Defekte im Bereich der Zunge (28), des Mundbodens (26) und des Unterkieferalveolarfortsatzes rekonstruiert. Eine Übersicht über die Defektregionen, die rekonstruiert wurden, geben Tabelle 3 und Abbildung 10.

Defektregion	n	Defektregion	n
Zunge	28	Unterlippe	3
Mundboden	26	Gesichtshälfte	2
UK Alveolarfortsatz	16	Kiefergelenk	2
intermaxillär	10	Kinn	2
UK Corpus	10	infraorbital	1
Weichgaumen	5	Ohrmuschel	1
Wange	4	Orbita	1
präaurikulär	3	Pharynx	1
planum bukkale	3	UK-Winkel	1

Tabelle 3: Defektlokalisationen

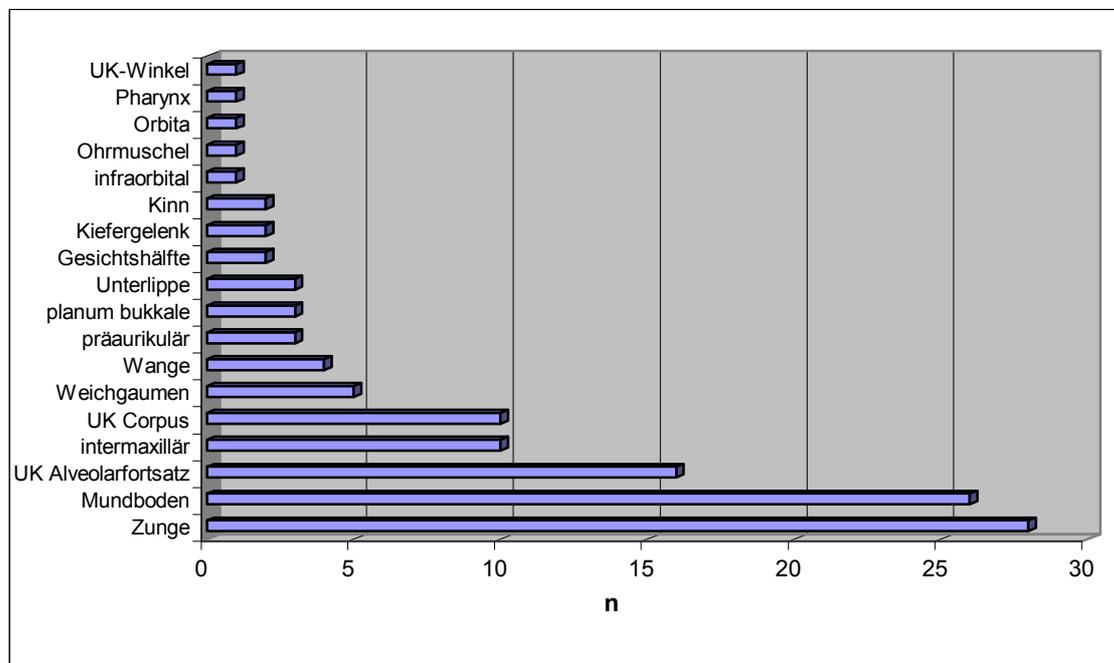


Abbildung 10: Verteilung der Defektlokalisationen

3.3 Stationärer Aufenthalt

Der durchschnittliche stationäre Aufenthalt nach dem Eingriff betrug 34 Tage. Der kürzeste Aufenthalt betrug 13 Tage und der längste Aufenthalt 79 Tage.

Faktoren welche den mittleren stationären Aufenthalt verlängerten waren Alter des Patienten sowie Alkohol- bzw. Nikotinabusus (Abbildung 11 und Abbildung 12).

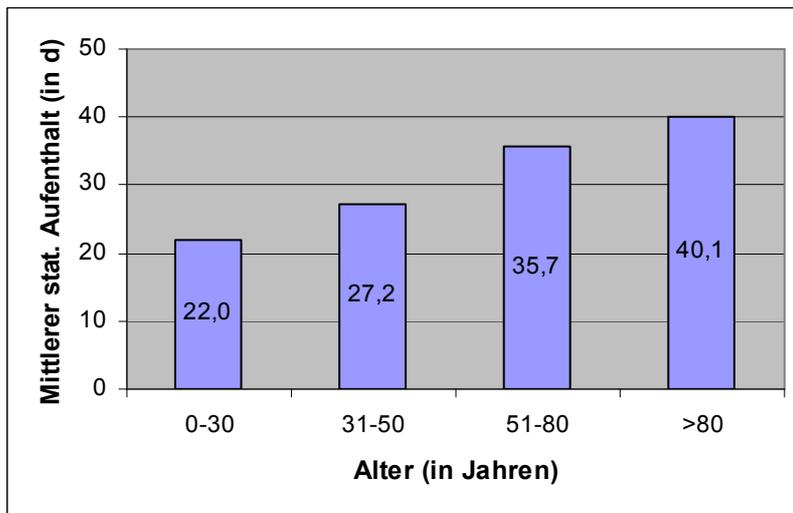


Abbildung 11: Mittlerer stationärer Aufenthalt in Abhängigkeit vom Alter

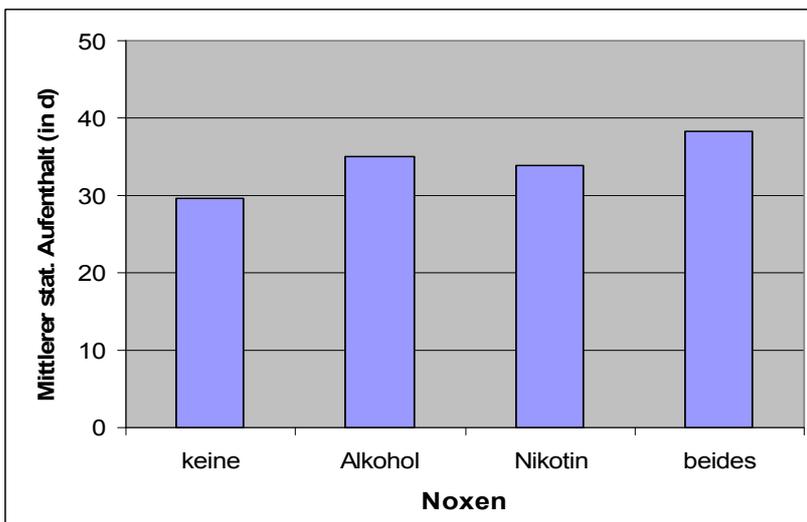


Abbildung 12: Mittlerer stationärer Aufenthalt in Abhängigkeit von Nikotin- oder Alkoholkonsum

3.4 Arterielle Anschlussgefäße

Als arterielles Anschlussgefäß zur mikrochirurgischen Reanastomosierung wurde in 111 Fällen (= 88,8%) die A. thyreoidea superior, in 6 Fällen (= 4,8%) die A. carotis externa, viermal (= 3,3%) die A. lingualis, zwei mal (= 1,6%) die A. Facialis und je einmal (= 0,8%) die A. transversa colli und die A. maxillaris verwendet (Abbildung 13).

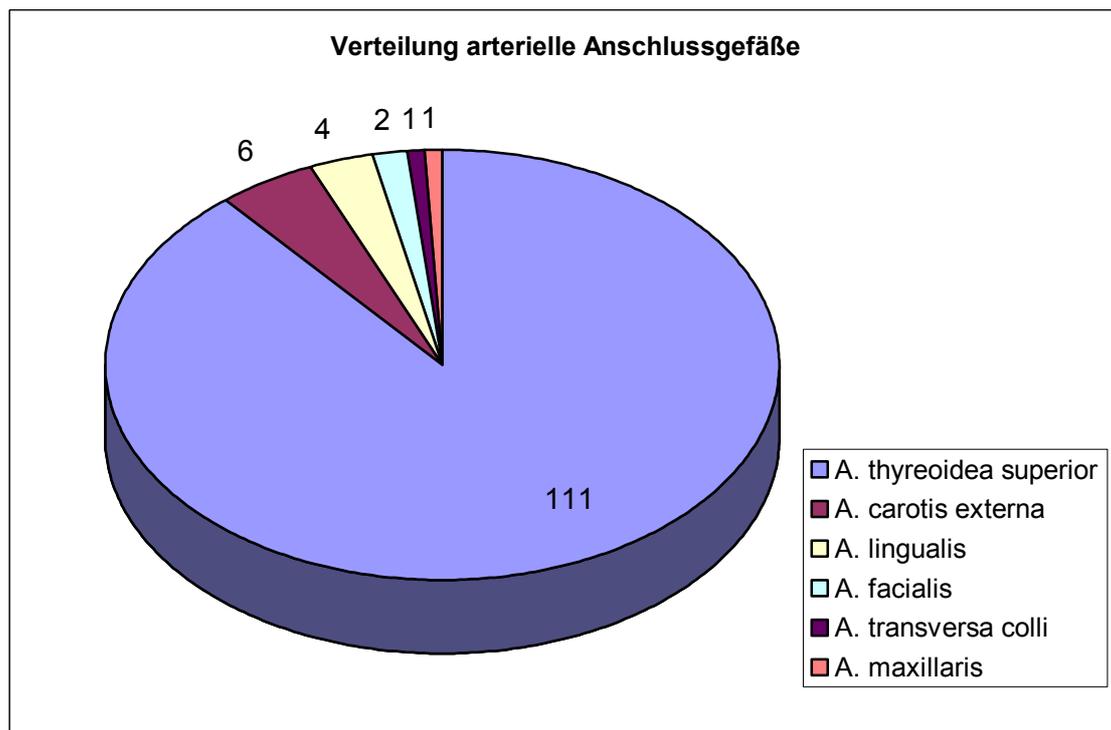


Abbildung 13: Arterielle Anschlussgefäße

3.5 TNM-Verteilung

Die Abbildung 14 gibt einen Überblick über die pT- und pN- Kategorie aller Patienten mit einem Plattenepithelkarzinom im Kollektiv.

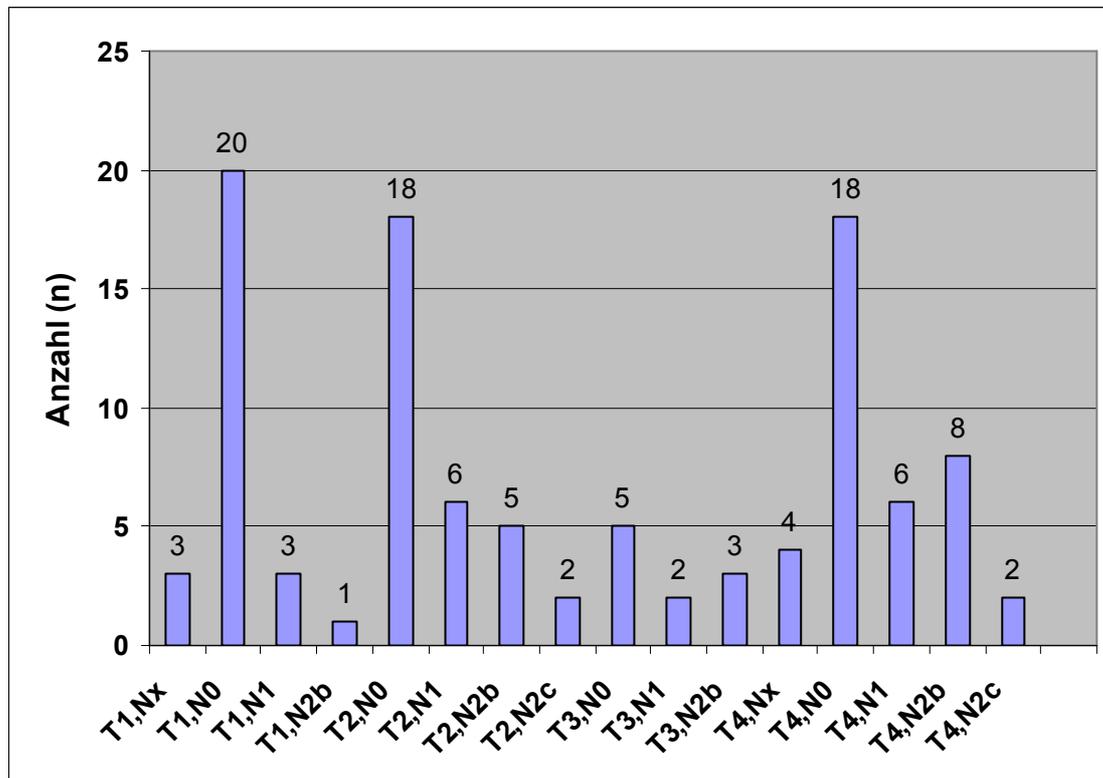


Abbildung 14: TNM-Verteilung

3.6 Verluste

Insgesamt kam es bei den 125 Messungen zu 8 Transplantatverlusten (= 6,4%). Es gingen 2 Unterarmlappen, 2 Oberarmlappen und je ein Latissimus-, Beckenkamm-, Skapula- und ALT-Transplantat zu Verlust. In 7 Fällen wurde durch eine Revisionsoperation versucht, das Transplantat zu retten. Die Minderperfusion mit charakteristischem pO_2 -Abfall wurde in allen 8 Fällen durch das Messgerät angezeigt.

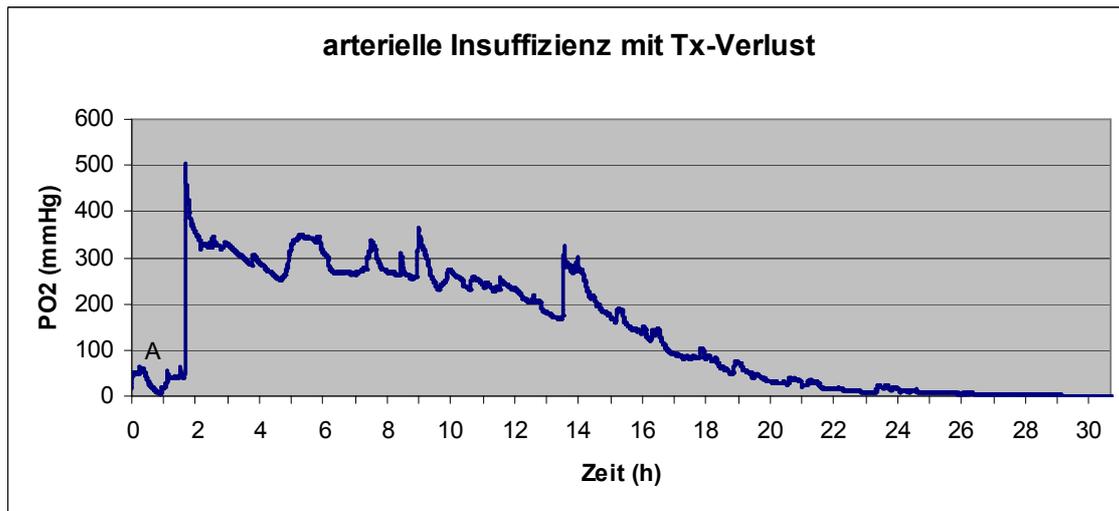


Abbildung 15: initialer starker pO_2 -Abfall bei Thrombus im arteriellen Anschlussgefäß (A). Nach Revisionsoperation steiler Anstieg des pO_2 auf unnatürlich hohe pO_2 -Werte. Danach kontinuierlicher langsamer Abfall des pO_2 über 24 Stunden und konsekutiver Transplantatverlust.

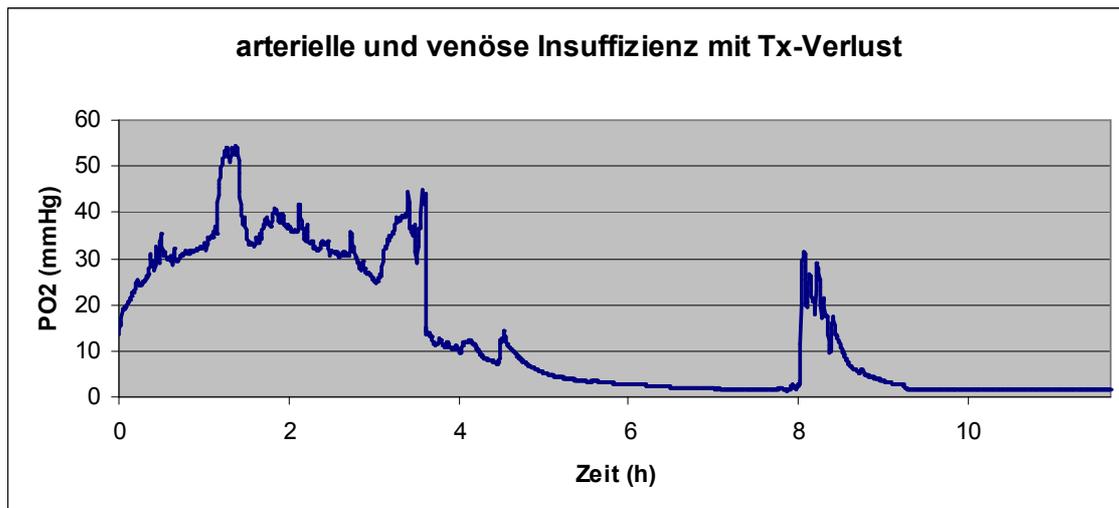


Abbildung 16: erst langsamer, dann steiler Abfall des Sauerstoffpartialdruckes. Nach Anastomosenrevision kurzzeitige Verbesserung, dann jedoch wieder Abfall und konsekutiver Transplantatverlust.

3.7 Komplikationen/Revisionen

Neben den 8 Transplantatverlusten traten in 10 weiteren Fällen Komplikationen auf. Die Komplikationen stellten in allen Fällen eine klinische Transplantatminderperfusion mit messbarem pO_2 -Abfall dar.

Revisionsoperationen wurden 17-mal durchgeführt. Damit betrug die Revisionsrate 13,6%. Von den 17 Transplantaten bei denen revidiert werden musste gingen 6(=35,3%) im weiteren Verlauf zu Verlust. 11 (=64,7%) konnten gerettet werden.

Es wurde bei den Revisionsoperationen 7-mal (=41,2%) eine venöse Anastomosenrevision vorgenommen, 5-mal (=29,4%) eine Revision der Arterie sowie in 2 Fällen (=11,8%) eine Revision eines venösen und eines arteriellen Anastomosengefäßes durchgeführt. In 3 Revisionsoperationen (=17,6%) wurde keines der Anschlussgefäße revidiert – einmal weil sich intraoperativ ohne Gefäßrevision der klinische Zustand des Transplantates plötzlich besserte und in zwei weiteren Fällen weil die Ursache der Durchblutungsstörung durch die Ausräumung eines Hämatoms beseitigt werden konnte.

In den 14 Fällen in denen die Anschlussgefäße revidiert wurden, zeigte sich in 6 Fällen ein venöser Thrombus, in 3 Fällen ein arterieller Thrombus und in zwei Fällen sowohl ein arterieller als auch ein venöser Thrombus welche intraoperativ entfernt wurden.

Einmal war ein Anastomosengefäß abgeknickt und dadurch nicht mehr durchgängig. In einem weiteren Fall war ein Hämatom im Bereich des Halses Ursache für eine venöse Insuffizienz, einmal kam es zu einer Blutung aus einer ausgerissenen Anastomosenvene. Insgesamt konnten durch rechtzeitige Revisionsoperationen 11 kritisch perfundierte Transplantate gerettet werden.

Von allen 17 Revisionen wurden 12 (=70,6%) innerhalb von 24 Stunden durchgeführt, 2 innerhalb von 48 Stunden, 1 nach 3 Tagen und zwei 5 Tage nach der Primäroperation. Von den 12 innerhalb 24h revidierten Transplantaten konnten 8 (=60%) gerettet werden – die Erfolgsrate der Revisionsoperation zwischen 24h und 72h postoperativ betrug 33%.

3.8 Verlauf bei Komplikationen

Die folgenden pO_2 -Verlaufsdigramme zeigen beispielhaft typische Komplikationsverläufe bei venöser Insuffizienz, arteriellem Verschluss, mechanischer Transplantatkompression und Anastomosenblutung. In den Verläufen ist auch gut zu sehen, wie der Sauerstoffpartialdruck im Transplantat nach Beseitigung des Problems rasch wieder ansteigt. Dabei zeigt sich besonders bei arteriellem Thrombus ein rascher Abfall des pO_2 . Im Falle der venösen Insuffizienz mit Thrombosierung fällt der pO_2 langsamer ab. Ebenso ist ein geringerer Abfall bei arterieller Anastomosenblutung zu verzeichnen.

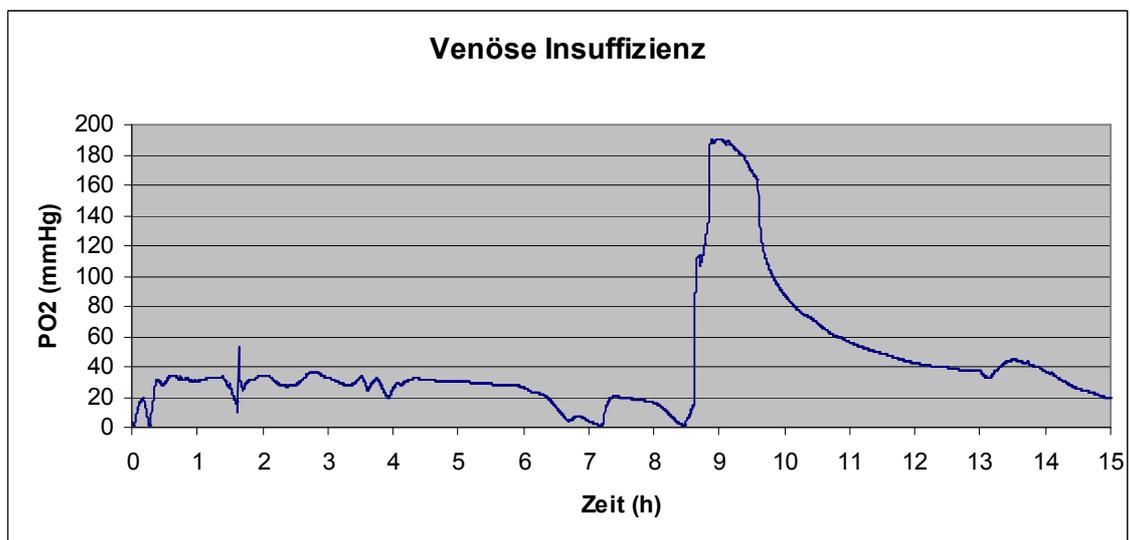


Abbildung 17: pO_2 -Abfall 6 Stunden postoperativ aufgrund eines Venösen Thrombus mit steilem pO_2 -Anstieg nach Revisionsoperation. Das Transplantat konnte durch die Revision gerettet werden.

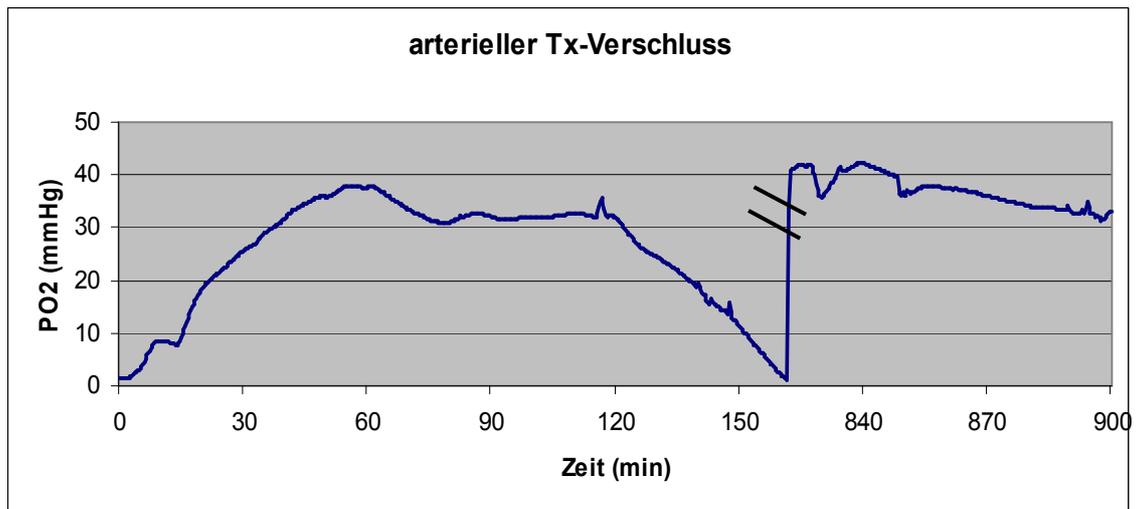


Abbildung 18: Steiler pO₂-Abfall innerhalb 30 min bei arterieller Anastomoseninsuffizienz; Erholung der Perfusion nach Revision.

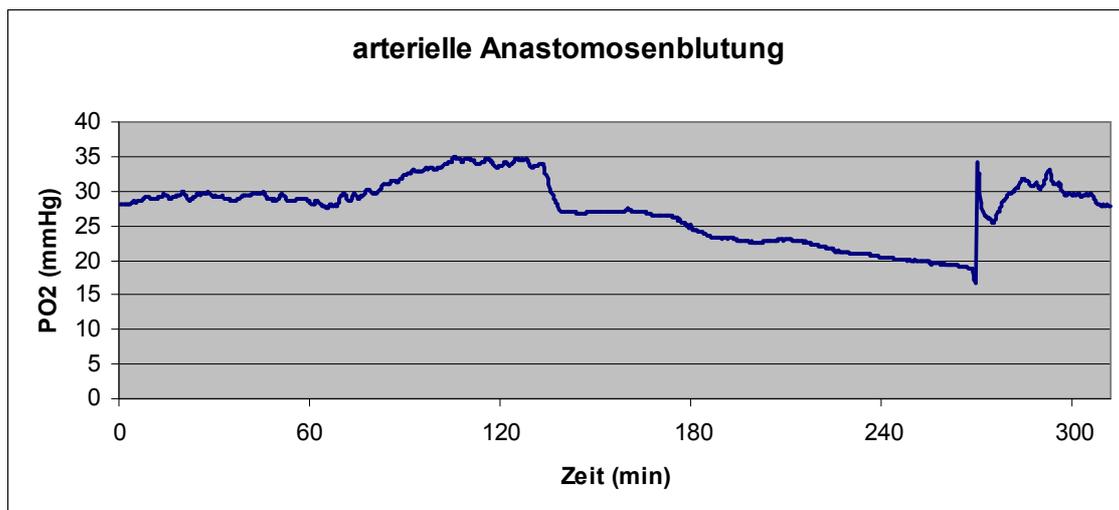


Abbildung 19: arterielle Anastomosenblutung mit kontinuierlichem, langsamem pO₂-Abfall über 2½ Stunden und guter Reoxygenierung nach operativer Anastomosenrevision. Das Transplantat konnte durch die rasche Intervention gerettet werden.

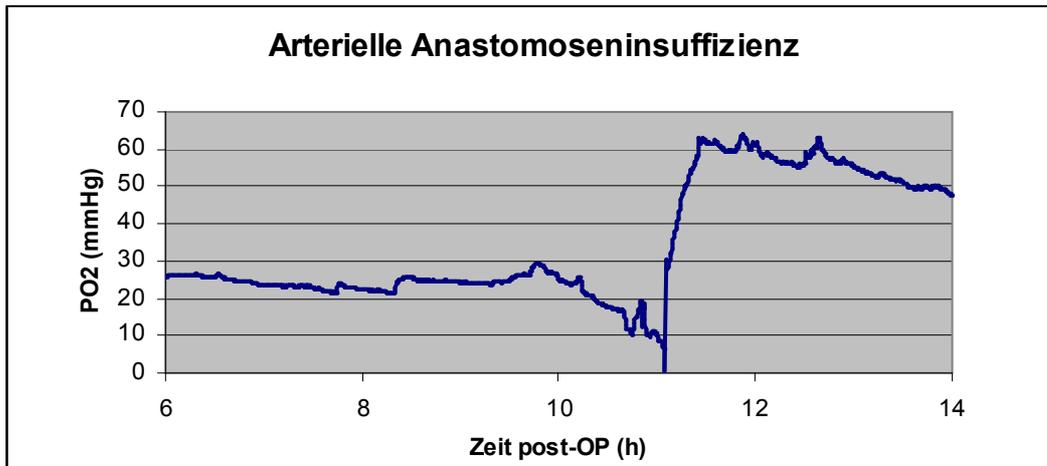


Abbildung 20: Steiler pO_2 -Abfall innerhalb einer Stunde 10 Stunden post-OP. Nach Revision des arteriellen Anschlussgefäßes gute Reperfusion.

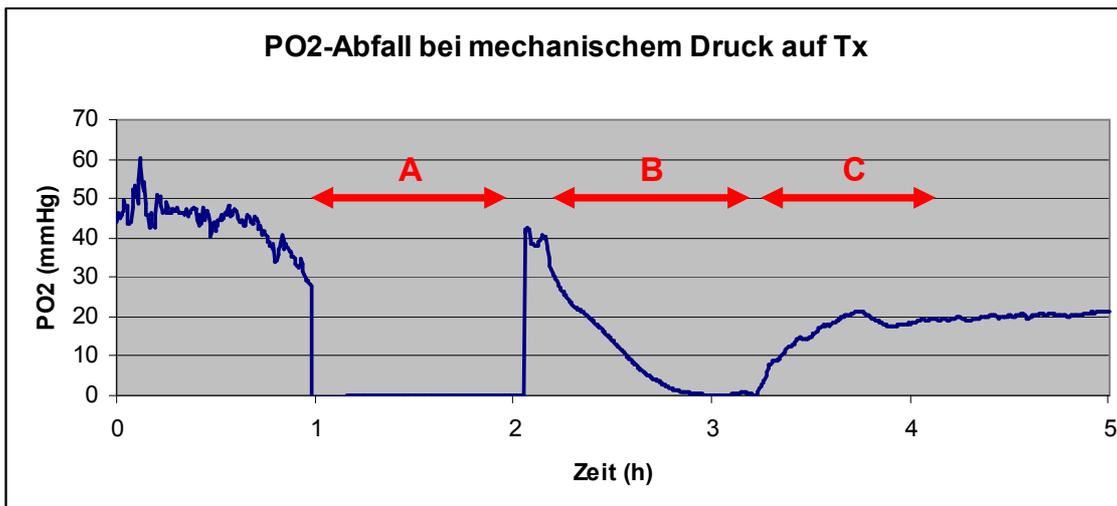


Abbildung 21

A: Transfer vom OP auf die Intensivstation ohne Anschluss des Messcomputers.

B: Rascher pO_2 -Abfall bei Kompression des Transplantates durch einen interdentalen Keil.

C: Erholung der Perfusion nach Entfernen des Keils.

3.9 Implausible Messwerte

Als implausible Messwerte wurden sowohl abnorm hohe Messwerte als auch implausibel niedrige Messwerte bei klinisch guter Transplantatperfusion

gewertet. Alle Messverläufe, die länger als 10 Stunden im Durchschnitt über 150 mmHg lagen wurden als implausibel zu hoch gewertet, ebenso alle Messverläufe die bei klinisch guter Beurteilbarkeit und klinisch guter Perfusion Werte von unter 10 mmHg über einen Verlauf von mehr als 10 Stunden boten. Unter diesen Kriterien wurden 8 Messverläufe als implausibel zu hoch und 7 Messverläufe als implausibel zu niedrig gewertet werden. Unter den implausiblen Werten fand sich kein Fall mit Transplantatverlust. Diese Messverläufe wurden als fehlerhaft gewertet, Sondenfehler konnten nicht nachgewiesen werden. Somit waren von allen 125 polarographisch überwachten Transplantaten bei 15 (= 12%) die pO_2 -Werte im Verlauf implausibel.

Von den insgesamt 15 implausiblen Messverläufen wurden 4 (= 26,7%) am Oberarmklappen, 3 (= 20%) am Latissimus dorsi Transplantat, 3 (= 20%) am Fibulatransplantat, zwei (= 13,3%) am Beckenkammtransplantat und je 1 (= 6,7%) am Unterarm-, Parascapula- und ALT-Lappen gemessen. Eine Übersicht über die Verteilung gibt Tabelle 4.

Implausible Messungen	gesamt	zu hoch	zu niedrig
Gesamtkollektiv	15	8	7
Unterarm	1	0	1
Oberarm	4	1	3
Latissimus	3	2	1
Fibula	3	2	1
Beckenkamm	2	1	1
Parascapula	1	1	0
ALT	1	1	0

Tabelle 4: Verteilung der implausiblen Messwerte

3.10 Normalverläufe

Als Normalverläufe wurden plausible Messverläufe über einen Zeitraum von mindestens 42 Stunden gewertet, bei denen das Transplantat nicht zu Verlust ging. Bei zwei Transplantaten war der Messverlauf zu kurz (5h und 23h). Von den 125 Messverläufen waren 8 Verluste, 15 implausible Messverläufe und 2 zu kurze Messverläufe. Daraus ergaben sich 100 Normalverläufe (= 80%) bei

denen ein verlässlicher Sauerstoffpartialdruck im Transplantatgewebe über mindestens 42 Stunden gemessen werden konnte.

3.10.1 Transplantatverteilung

Von den 100 Normalverläufen waren 41 Unterarm-, 14 Oberarm-, 13 Latissimus-dorsi-, 6 Fibula-, 14 Beckenkamm-, 2 Skapula-, 1 Parascapula- und 9 ALT-Lappen. Damit waren 22 der 100 Transplantate knöcherne Rekonstruktionen.

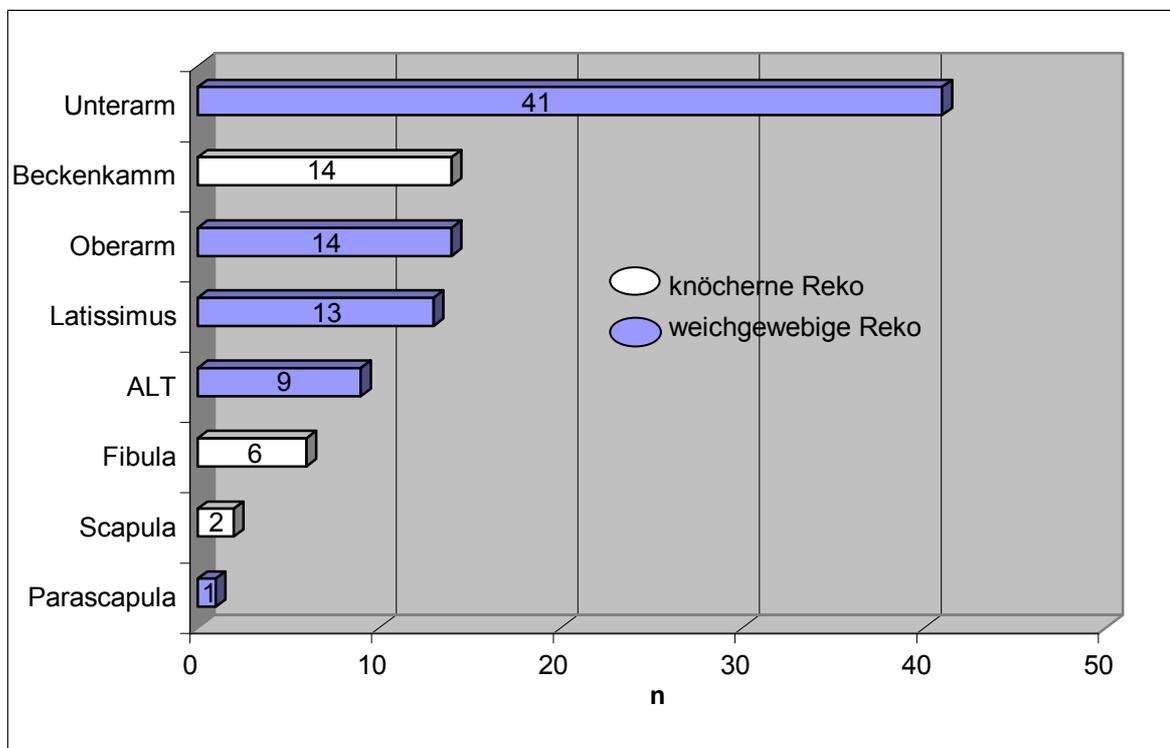


Abbildung 22: Übersicht über die Transplantatverteilung der plausiblen Messwerte.

3.10.2 PO₂-Verlauf bei Unterarmlappen

Abbildung 23 zeigt die pO₂-Einzelverläufe bei allen Unterarmlappen in der Kurvenschar, Abbildung 24 den Kurvenverlauf der Mittelwerte mit dem Intervall der Standardabweichung. Dabei zeigt sich deutlich ein initialer pO₂-Anstieg innerhalb der ersten 3 postoperativen Stunden mit darauf folgendem linearen

Abfall bis zum Ende der Messung. Die Bandbreite der Einzelmessungen ist recht groß, wie Abbildung 23 zeigt.

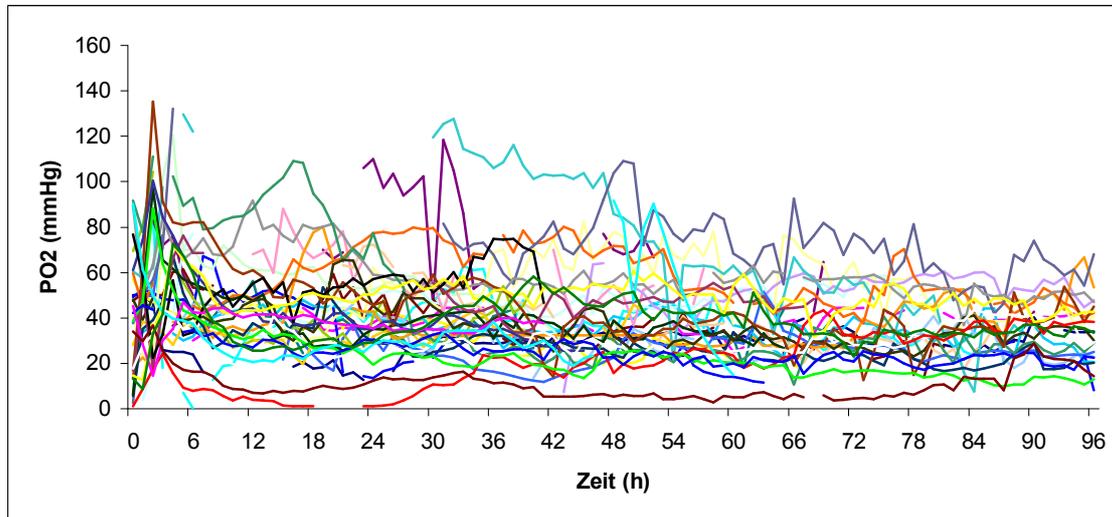


Abbildung 23: PO₂-Einzelerläufe bei allen Unterarmklappen.

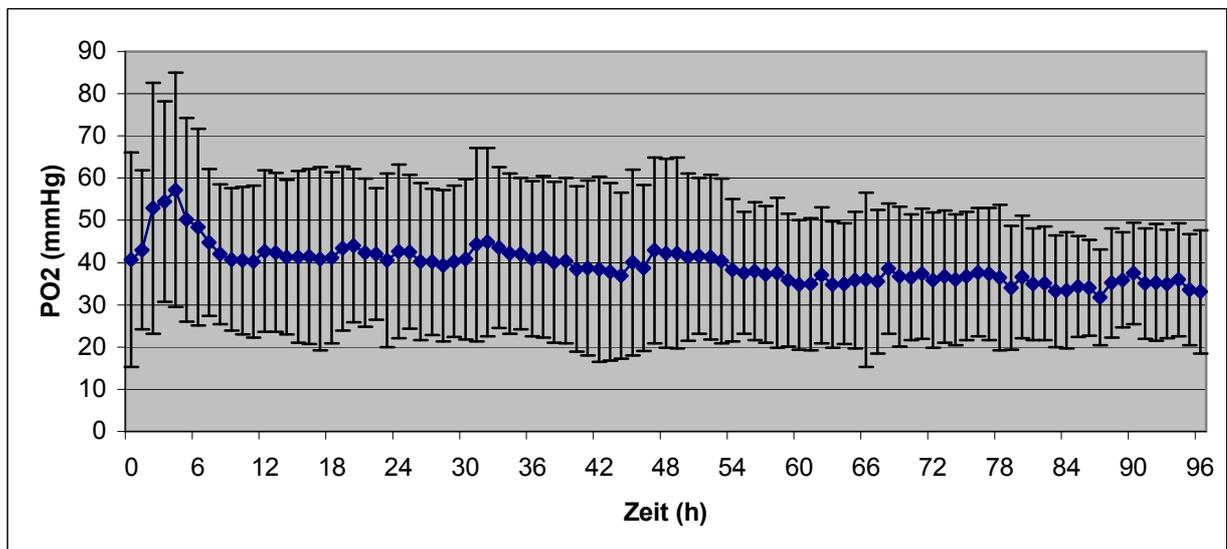


Abbildung 24: Kurvenverlauf der Mittelwerte bei allen Unterarmklappen mit Standardabweichung.

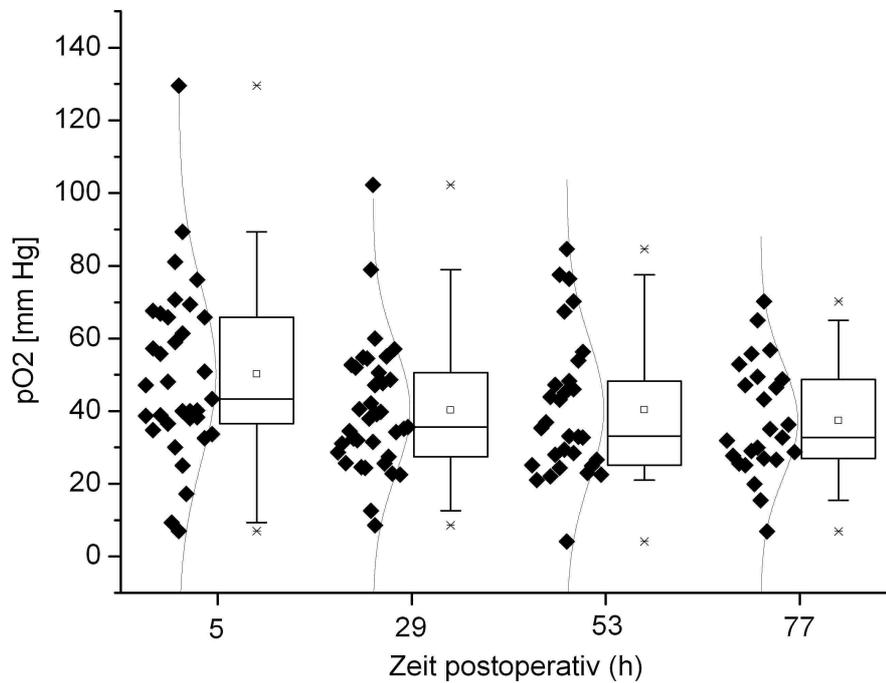


Abbildung 25 stellt die gemessenen pO₂-Werte aller Radialistransplantate zu 4 verschiedenen Zeitpunkten als Box-and-whiskers-Plot sowie aller dazugehörigen Einzelwerte dar. In der Abbildung ist deutlich der über die Zeitachse fallende Sauerstoffpartialdruck sowie die große Bandbreite der Einzelmesswerte zu erkennen.

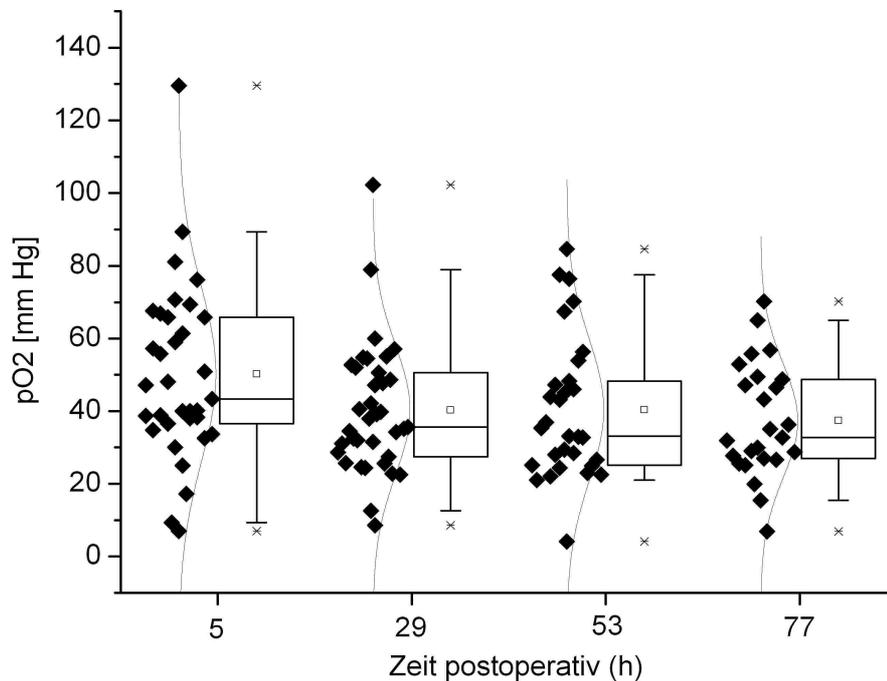


Abbildung 25: Box-and-whiskers-Plot der mittleren pO_2 -Werte aller gemittelten Einzelmesswerte der Radialstransplantate zu 4 verschiedenen Zeitpunkten. Die Boxen werden vom 1. und 3. Quartil begrenzt. Innere Linie: Median (2.Quartil). Kasten: Mittelwert. Die Whiskers reichen nach unten bis zur 5., nach oben bis zur 95. Perzentile. Stern: Extremwerte/Ausreißer. Links neben den Boxen sind die zugrunde liegenden Einzelmesswerte dargestellt sowie die Normalverteilung eingezeichnet.

3.10.3 PO_2 -Verlauf bei allen Oberarmklappen

Der Oberarmklappen war das am zweithäufigsten verwendete Transplantat. Abbildung 26 zeigt die Einzelverläufe aller Oberarmklappen in der Kurvenschar, Abbildung 27 den Kurvenverlauf der Mittelwerte mit dem Intervall der Standardabweichung.

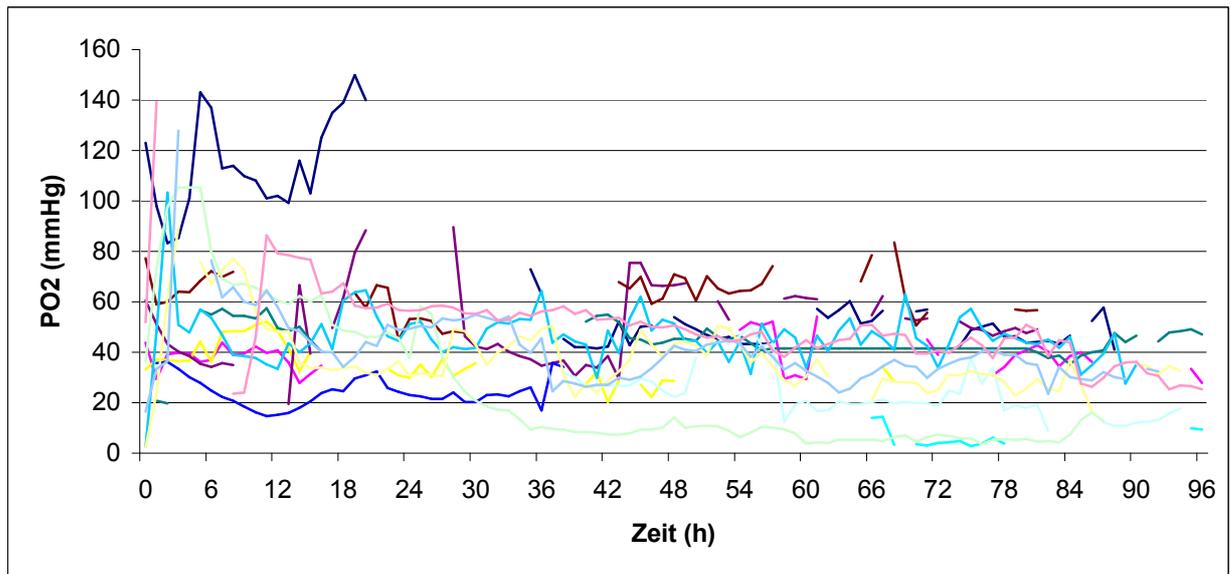


Abbildung 26: Kurvenschar der pO₂-Einzelverläufe bei allen Oberarmklappen

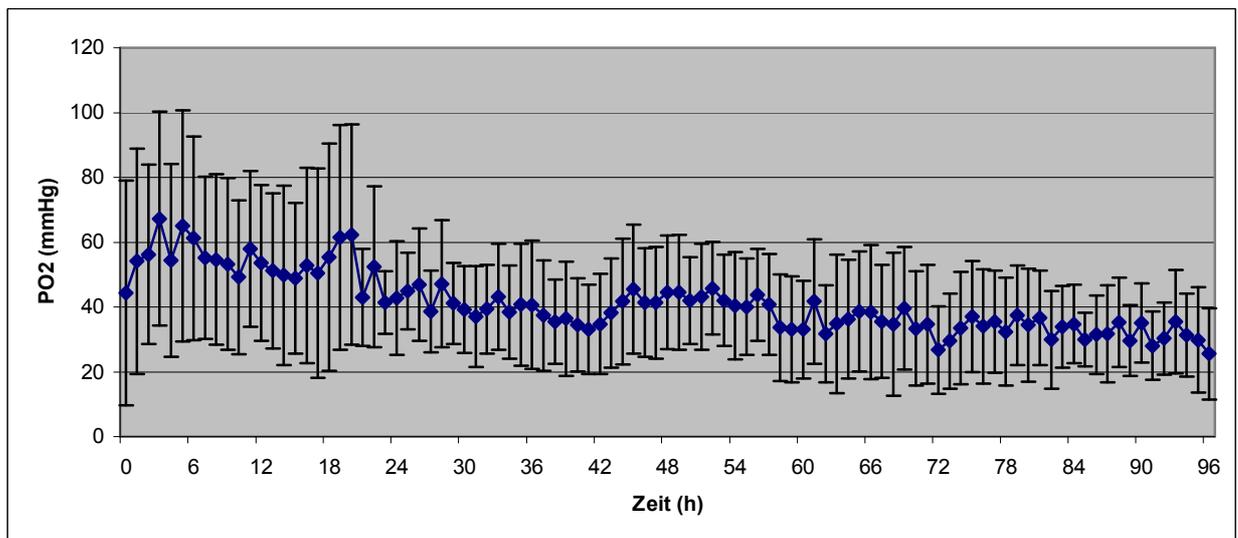


Abbildung 27: pO₂-Kurvenverlauf der Mittelwerte bei allen Oberarmklappen mit Standardabweichung.

Auch dieser Transplantattyp zeigt in seinem gemittelten Verlauf das typische, bereits beim Unterarmklappen beschriebene Muster.

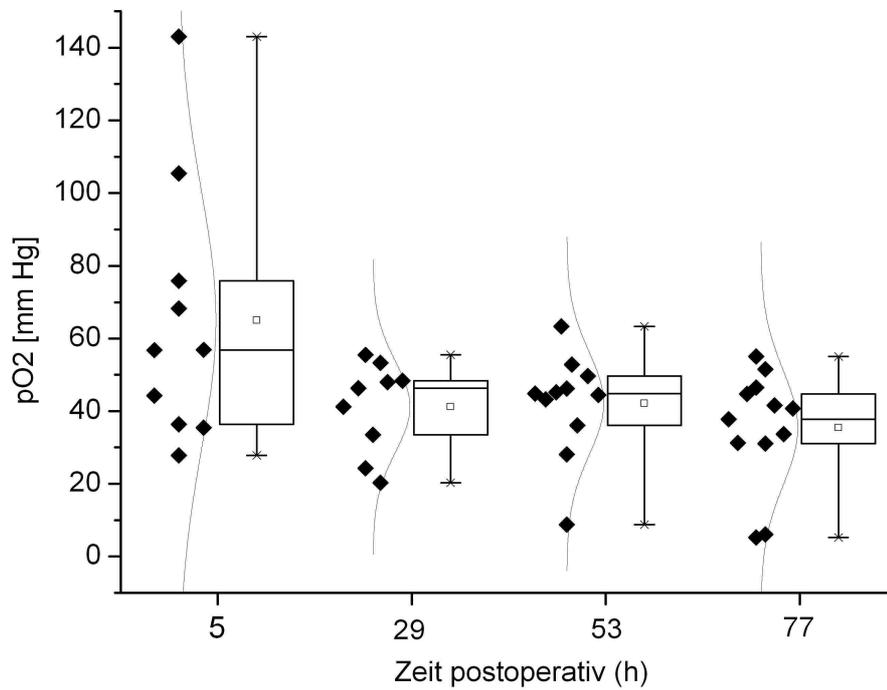


Abbildung 28: Box-and-whiskers-Plot der mittleren pO₂-Werte aller gemittelten Einzelmesswerte der Oberarmtransplantate zu 4 verschiedenen Zeitpunkten.

3.10.4 Verlauf bei allen Transplantaten im Vergleich

Abbildung 29 zeigt den Mittelwertsverlauf bei allen mikrovasculär reanastomosierten Transplantaten mit plausiblen Verlauf im Vergleich zueinander.

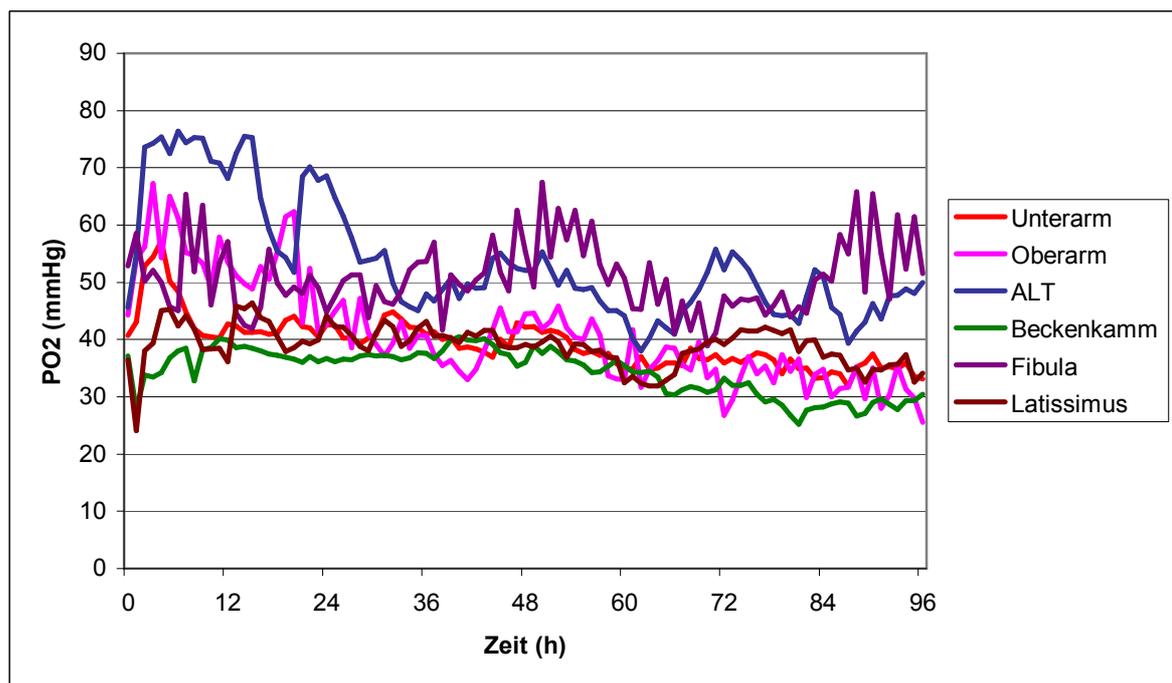
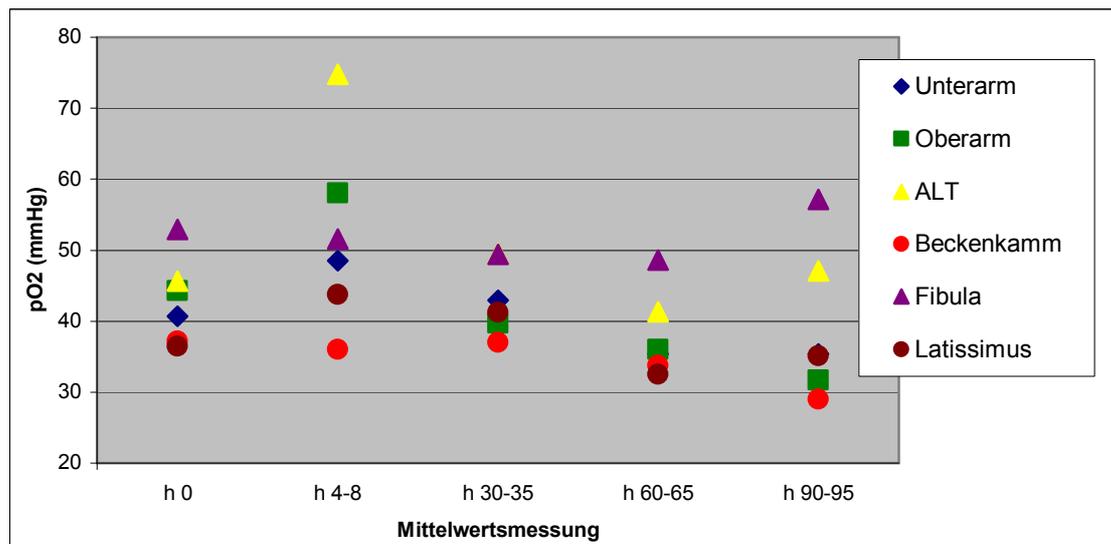


Abbildung 29: Gemittelter pO₂-Verlauf bei allen Transplantattypen im Vergleich

Auf der Abbildung kann man auch wieder gut den initialen postoperativen Anstieg aller Transplantate erkennen. Nach dem initialen Anstieg innerhalb der ersten 2-3 Stunden postoperativ beschreiben die meisten Kurven einen langsamen, kontinuierlichen Abfall bis zum Ende der Aufzeichnungszeit nach 96 Stunden. Eine Ausnahme bildet in unserem Kollektiv das Fibulatransplantat, dessen Kurve nach ca. 36 Stunden ansteigt, zwischendurch wieder abfällt und zum Ende hin wieder steigt. Auch der pO₂-Verlauf der ALT-Lappen ist im Vergleich zu den anderen Transplantattypen zwar inhomogener, der typische, zuvor beschriebene Verlauf jedoch ebenfalls gut erkennbar.

In Abbildung 30 werden die mittleren pO₂-Werte zu Beginn der Messung und in verschiedenen Zeitintervallen zueinander dargestellt. Tabelle 5 zeigt die dazugehörigen Messwerte.

Abbildung 30: Mittlere pO₂-Werte zu verschiedenen Zeitpunkten

	h 0	h 4-8	h 30-35	h 60-65	h 90-95	Diff Abfall
Unterarm	41	49	43	35	35	13
Oberarm	44	58	40	36	32	26
ALT	46	75	50	41	47	28
Beckenkamm	37	36	37	34	29	7
Fibula	53	52	49	49	57	-6
Latissimus	36	44	41	33	35	9

Tabelle 5: Gemittelte pO₂-Messwerte in definierten postoperativen Zeitintervallen.

Es zeigt sich ein pO₂-Abfall nach dem initialen Anstieg in den ersten 4-8 Stunden von 13 mmHg über 95 Stunden beim Unterarmlappen, von 26 mmHg beim Oberarmlappen, 28 mmHg beim ALT, 7 mmHg beim Beckenkammtransplantat und 9 mmHg beim Latissimus dorsi Transplantat. Beim Fibulatransplantat konnte ein Anstieg des pO₂ im Vergleich der letzten 5 Messwerte zum mittleren Messwert der Stunden 4-8 postoperativ verzeichnet werden.

Der initiale Anstieg des Sauerstoffpartialdrucks nach postoperativer Reanastomosierung wurde ermittelt, indem die Differenz des Mittelwertes der pO₂-Drücke 4-8 Stunden postoperativ zum Mittelwert des pO₂-Drucks der

ersten postoperativen Messstunde gebildet wurde. Es zeigte sich ein Anstieg von 8 mmHg beim Unterarmlappen, von 14mmHg beim Oberarmlappen, von 29 mmHg beim ALT-Lappen sowie 7 mmHg beim Latissimus dorsi Transplantat. Die knöchernen Transplantate (Fibula- und Beckenkammtransplantat) boten einen Abfall von 1 mmHg.

Abbildung 31 stellt den Verlauf der verschiedenen Transplantate zu verschiedenen Zeitpunkten als Box and Whiskers plot gut im Vergleich dar. Es zeigt sich auch hier grafisch gut dargestellt das typische Verlaufsmuster welches nur beim Fibulatransplantat abweicht.

Abbildung 32 stellt alle Transplantate im Block zu verschiedenen Zeitpunkten dar, wobei das unterschiedliche mittlere pO_2 -Niveau der Transplantate zur Darstellung kommt.

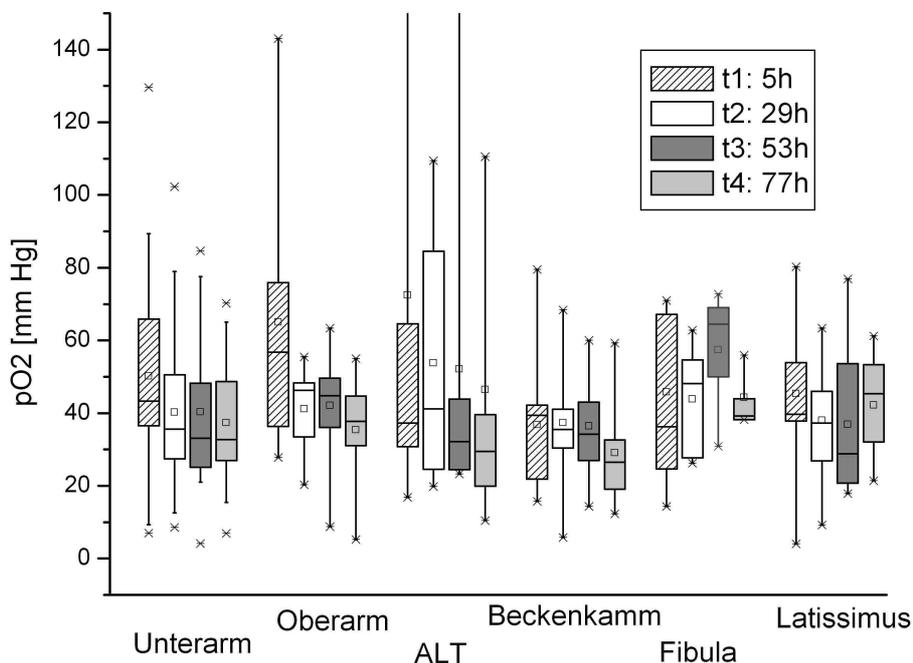


Abbildung 31: Box and Whiskers plot des pO_2 der einzelnen Transplantate zu verschiedenen Zeitpunkten zum direkten Vergleich des pO_2 -Verlaufs. Es ist bei allen Transplantattypen die deutliche Tendenz zum langsamen kontinuierlichen Abfall zu erkennen.

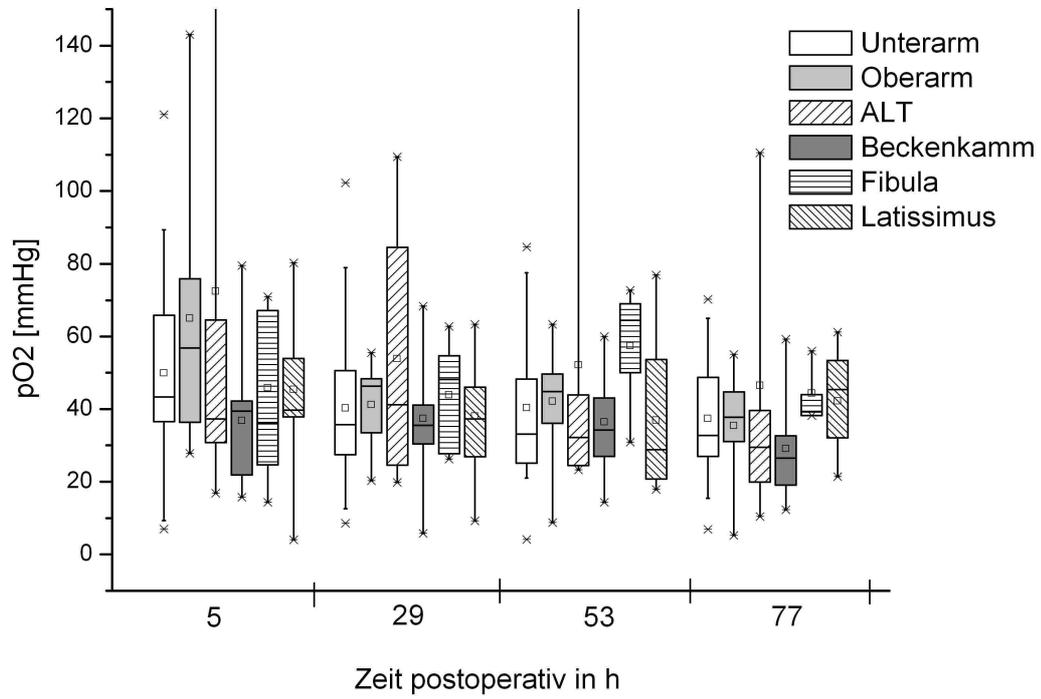


Abbildung 32: Box and Whiskers plot aller Transplantate zu verschiedenen Zeitpunkten nebeneinander dargestellt.

4 Diskussion

4.1 Einleitung Diskussion

In der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Tübingen wurden von Dezember 2003 bis September 2007 insgesamt 149 Rekonstruktionen mittels mikrochirurgisch reanastomosierten Transplantaten durchgeführt. Davon wurden 125 zusätzlich zur regelmäßigen klinischen Kontrolle mit dem Gebesauerstoffpartialdruckmessgerät Licox[®] postoperativ kontinuierlich überwacht.

4.2 Diskussion des Patientenguts

Über 93% aller Patienten im untersuchten Kollektiv litten an einer bösartigen Erkrankung im Kopf-Halsbereich. Die überwiegende Mehrheit davon (84,5%) hatte ein Plattenepithelkarzinom der Mundhöhle. Das Mundhöhlenkarzinom gehört zu den zehn häufigsten Karzinomen des Menschen. Insgesamt sind etwa 2% aller Karzinome in der Mundhöhle lokalisiert. Epidemiologische Studien zeigen meist ein deutliches Überwiegen des männlichen Geschlechts und signifikante Unterschiede in der Erkrankungsinzidenz weltweit. Die Inzidenz des Mundhöhlenkarzinoms steigt mit dem Alter und in Abhängigkeit von Risikomerkmale. Die Tatsache der allgemein ansteigenden Tumorraten in den höheren Lebensjahren wird mit einer Summation exogener und endogener Ursachengruppen im Alter erklärt (*Grimm 1990*). Derzeit treten in westlichen Ländern 98% aller Mundhöhlenkarzinome bei Personen über 40 Jahren auf (*Parkin et al. 1993*).

4.2.1 Geschlechterverteilung

Die Geschlechterverteilung männlich zu weiblich lag in unserem Patientengut bei 2,5 zu 1 und spiegelt die Geschlechterverteilung bösartiger Tumoren im Kopf-Hals-Bereich wieder. Es ist ein Trend zur Angleichung der Erkrankungsraten bei Männern und Frauen in den letzten Jahren zu verzeichnen und die Ursachen für den in den letzten Jahrzehnten zu beobachtenden abnehmenden Häufigkeitsunterschied zwischen den

Geschlechtern sind unter anderem im steigenden Tabakkonsum unter Frauen zu suchen (*El-Husseiny et al. 2000; Levy et al. 1991*).

Die Altersverteilung des Kollektivs ist stark von dem Vorliegen maligner Erkrankungen geprägt, welche vorwiegend in höherem Lebensalter auftreten. Nur 14,9% aller Patienten waren jünger als 40 Jahre.

4.2.2 Tabak- und Alkoholkonsum

Dass Zigarettenrauchen als häufigste Form des Tabakkonsums ein sehr hohes Risiko der Karzinogenese birgt, ist bekannt (*Gupta et al. 1996*). Die diesbezüglichen Risikoschätzungen wurden in den letzten Jahren nach oben korrigiert, wobei eine ausgeprägte Dosisabhängigkeit zwischen Tabakkonsum und Tumorentstehung besteht. Epidemiologische Studien zeigten ein sechsfach erhöhtes Risiko für die Entwicklung eines Malignoms bei Rauchern im Vergleich zu Nichtrauchern (*Mashberg et al. 1993*). Nach den Angaben des Statistischen Bundesamtes (1992) konsumieren in Deutschland 36,8% der Männer und 21,5% der Frauen Tabakprodukte. In unserem Kollektiv wurden diese Zahlen deutlich überschritten.

Der zweitwichtigste Faktor für die Entstehung von Mundhöhlenkarzinomen ist der exzessive Genuss von Alkohol (*Moreno-Lopez et al. 2000*). Während Raucher, die keinen Alkohol trinken, im Vergleich zu Nichtrauchern und Nichttrinkern ein zwei bis vierfaches erhöhtes Risiko aufweisen, an einem Mundhöhlenkarzinom zu erkranken, steigt das Risiko von Rauchern mit exzessivem Alkoholgenuss im Vergleich zu Nichtrauchern und Nichttrinkern um das sechs- bis fünfzehnfache (*de Visscher und van der Waal 1998*).

Bei der in unserem Patientenkollektiv erfolgten Erhebung katamnestischer Daten wurde das Vorliegen von Noxen (Alkohol- oder Nikotinkonsum) von knapp 40% unserer Tumorpatienten bejaht. Von 20% ist das Vorliegen von Noxen nicht bekannt und 40% gaben keine Noxen an. Diese Statistik ist jedoch

fraglich und man muss davon ausgehen, dass der tatsächliche Konsum von Alkohol und Nikotin von deutlich mehr als 40% der Patienten praktiziert wird.

4.2.3 Defektlokalisierung

In unserem Patientengut waren 94,1% aller Defekte, die mikrochirurgisch verschlossen werden mussten, tumorresektionsbedingt. Von diesen Tumorresektionsdefekten war die Zunge mit 22% am häufigsten vertreten. Danach folgten der Mundboden mit einem Anteil von 17%, der Alveolarfortsatz im Unterkiefer mit 10,2% und die intermaxilläre Region mit 6,8%. Das von uns angegebene Lokalisationsmuster intraoral gelegener Tumoren mit dem häufigsten Auftreten von Plattenepithelkarzinomen der Mundhöhle an der Zunge, im Mundboden und der retromolaren/intermaxillären Zone wird von Literaturangaben bestätigt (*Chen und Myers 2000; Platz et al. 1988*).

4.2.4 Indikation für mikrochirurgische Rekonstruktionen

Das klassische Indikationsgebiet für mikrochirurgische Rekonstruktionsverfahren im Kopf-Halsbereich sind tumorresektionsbedingte Defekte (*Acland und Flynn 1978; Evans 1997; Johnson et al. 1999; Markkanen-Leppanen et al. 2001; O'Brien et al. 1998; Schusterman et al. 1994; Suh et al. 2004; Urken et al. 1991; Zuker et al. 1980*).

(*Urken et al. 1991*) berichten von 71 Patienten mit Defekten im Kopf-Halsbereich, die mit mikrochirurgischen Rekonstruktionen gedeckt wurden. In 70 Fällen handelte es sich um Tumorresektionsdefekte, in nur einem Fall war der Defekt traumatischer Natur. Auch Wenig und Keller (1989) berichten von nur einem Patienten mit einem Defekt traumatogener Natur, der mit einem mikrochirurgischen Rekonstruktionsverfahren versorgt wurde, bei den übrigen 50 Patienten war die mikrochirurgische Defektdeckung nach Entfernung eines Tumors erforderlich gewesen.

Bei anderen Autoren findet man vorwiegend bis ausschließlich tumorresektionsbedingte mikrochirurgische Resektionsverfahren im Kopf-Halsbereich (*Acland und Flynn 1978; Foote et al. 1994; Markkanen-Leppanen et al. 2001; Morais-Besteiro et al. 1990; Schusterman et al. 1994; Suh et al. 2004; Urken et al. 1994; Watkinson und Breach 1991; Zuker et al. 1980*).

Der in der Literatur beschriebene bei weitem am häufigsten zugrunde liegende bösartige Tumor ist das Plattenepithelkarzinom der Mundhöhle (*Foote et al. 1994; Morais-Besteiro et al. 1990; Urken et al. 1991; Watkinson und Breach 1991; Wenig und Keller 1989*).

Nur wenige der den Resektionsdefekten zugrunde liegenden Tumoren werden als gutartig beschrieben. Dazu gehören das Fibromyxom, Meningeom, Ameloblastom, Hämangiom, Neurofibromatose oder Schwannom (*Morais-Besteiro et al. 1990; Watkinson und Breach 1991; Wenig und Keller 1989*).

Das in unserem Patientengut gefundene Indikationsmuster für mikrochirurgische Rekonstruktionen bestätigt die in der Literatur beschriebenen und oben genannten Indikationen. Die überwiegende Mehrzahl unserer Patienten (94,1%) hatten tumorresektionsbedingte Defekte. Bei den Tumoren handelte es sich bis auf fünf Fälle um bösartige Tumoren, davon waren 83,8% Plattenepithelkarzinome der Mundschleimhaut. Weitere bösartige Tumorentitäten waren Adenokarzinome, adenoidzystische Karzinome, ein Angiosarkom, Osteosarkom, Chondrosarkom, Leiomyosarkom, malignes Melanom, Metastase eines Schilddrüsenkarzinoms, Mukoepidermoidcarzinom, sowie ein Synovialsarkom.

Bei den fünf gutartigen Tumorentitäten handelte es sich um drei Ameloblastome des Unterkiefers, eine Langerhanszellhistiozytose und ein odontogenes Myxom. Nur in sieben Fällen lag eine nicht tumorresektionsbedingte Indikation für die Durchführung eines mikrochirurgischen Rekonstruktionsverfahren vor. Dabei handelte es sich in einem Fall um eine arterio-venöse Malformation, einmal um eine extreme

Unterkieferatrophie, einmal um eine infizierte Osteoradionekrose des Unterkiefers nach Strahlentherapie, einmal um einen Hartgaumendefekt bei Lippen- Kiefer- Gaumenspalte und einmal um einen ausgedehnten Weichteildefekt nach Schussverletzung.

4.3 Notwendigkeit des Monitorings

Trotz guter Erfolgsraten der freien mikrochirurgischen Gewebetransplantation ist der frühe postoperative Lappenverlust immer noch ein klinisches Problem. Bei rechtzeitiger Erkennung eines Gefäßverschlusses mit nachfolgend rascher Revisionsoperation kann allerdings eine Rettung des Transplantats erreicht werden. Diese Revisionen sind während der anfänglichen kritischen Phase der Transplantatperfusion - speziell in den ersten 24 bis 48 Stunden postoperativ aber gewöhnlich von einem Erfolg gekennzeichnet (*Hidalgo und Jones 1990; Kamolz et al. 2002; Machens et al. 1999; Schön et al. 2002; Wahlmann und Wagner 1990*).

Deshalb gilt es, postoperative Komplikationen – vor allem Perfusionsstörungen - frühestmöglich zu erkennen um irreversible ischämische Schäden am Transplantat und damit Transplantatverluste zu verhindern (*Hidalgo und Jones 1990; Machens et al. 1999; Schön et al. 2002; Wahlmann und Wagner 1990*).

Solange keine biologische Lösung zur Beseitigung der Reperfusionverletzung und des „no-reflow phenomens“ existiert, wird der Erfolg einer Revisionsoperation hauptsächlich vom Intervall der unbemerkten Ischämiedauer abhängen (*Kerrigan und Stotland 1993; Khouri 1992*). Das Zeitintervall zur Wiederherstellung der Perfusion ist limitiert durch das „no-reflow phenomon“ und auf wenige Stunden beschränkt (*May et al. 1978*).

Das „no-reflow phenomon“ tritt ein wenn vaskuläre Insuffizienz nicht rechtzeitig erkannt wird. Der Begriff wurde von Ames (*James 1976*) geprägt und bezieht sich auf experimentelle Arbeiten zu zerebraler Ischämie. Daraufhin wurde der Begriff auf einen Zustand angewendet der nach ausgedehnter

Myokardischämie, Schlaganfall und Thrombose mikrovaskulärer Transplantate beobachtet wird, bei dem nach Wiederherstellung des vaskulären Flusses eine Gewebedurchblutung ausbleibt. Das „no-reflow phenomenon“ ist noch nicht hinreichend verstanden, es gibt jedoch experimentelle Hinweise, dass es nach Ausschüttung freier Radikale auftritt, welches in Kapillarverschluss, Muskelzellödem und Endothelschädigung resultiert (*Kloner et al. 1974*).

Diese Ereigniskaskade führt zu einem irreversiblen Anstieg des Kapillarwiderstands. Einmal aufgetreten gibt es kaum Möglichkeiten diesen Zustand rückgängig zu machen.

Derzeit sind unterschiedlichste Methoden in Verwendung, um einen Lappen sowohl intra- als auch postoperativ zu überwachen. Optimale Ergebnisse können demnach erzielt werden, wenn ein aggressives Transplantat-Überwachungsprotokoll zu einer frühzeitigen Revision führt, was 100% Transplantaterfolgsraten in großen Kollektiven ermöglichte (*Hidalgo und Jones 1990*).

4.4 Monitoringdauer

Kroll und Kollegen untersuchten 990 mikrovaskulär reanastomosierte Transplantate, um den Zeitpunkt des Auftretens einer Lappenstielthrombose zu untersuchen. Sie sahen, dass ein Großteil (80%) der Thromben innerhalb der ersten zwei postoperativen Tage und 90% aller arteriellen Thrombosen innerhalb der ersten 24 Stunden auftreten. Auf der Basis dieser Feststellung empfahlen Kroll et al eine optimale intensive Monitoringperiode von 3-4 Tagen (*Kroll et al. 1996*). Dieser Umfang wird auch noch von anderen Autoren vertreten (*Brown et al. 2003; Chen et al. 2007; Jallali et al. 2005; Kamolz et al. 2002; Smit et al. 2007*).

Allerdings kann auch dahingehend argumentiert werden, dass bei gleich bleibender engmaschiger Überwachungsfrequenz spät auftretende vaskuläre Komplikationen früher erkannt werden und damit die Erfolgsrate insgesamt erhöht werden kann. Folgt man dieser Argumentation, so wäre für die lange

Überwachungszeit aber zumindest ein weniger zeit- und personalintensives technisches Überwachungsgerät hilfreich (*Smit et al. 2007*).

Die abnehmende klinische Überwachungsfrequenz hängt möglicherweise mit der schlechteren Prognose später auftretenden Perfusionsstörungen zusammen (*Kroll et al. 1996*), da in diesem Fall die Durchblutungsstörung erst später entdeckt wird.

Manche Autoren befürworten ein intensives Monitoring im Kopf- Halsbereich für mindestens 5 Tage wegen der Gefahr des Gefäßstiel-Abknickens durch Kopfbewegungen (*Bui et al. 2007*).

Im eigenen Kollektiv wurde in der Regel 96 Stunden mit der Licox-Sonde überwacht.

4.5 Monitoringverfahren

Das ideale Überwachungsverfahren mikrochirurgisch reanastomosierter Transplantate sollte nach Jones (*Jones 1984*) atraumatisch, zuverlässig, objektivierbar, wiederholbar, geeignet zur kontinuierlichen Überwachung in jeder Art von Gewebe, rasch auf Durchblutungsänderungen reagierend, leicht erlernbar und kostengünstig sein. Die altbewährte klinische Überwachung mit Beurteilung von Farbe, Turgor, Rekapillarierungszeit, Temperatur und Blutungseigenschaft nach Stichinzision ist sehr von äußeren Einflüssen und auch der Erfahrung des Untersuchers abhängig. Sie ist zwar verhältnismäßig kostengünstig, aber nicht zur kontinuierlichen Überwachung oder zur Delegation an Nicht-Fachpersonal geeignet.

Eine Umfrage zur postoperativen Überwachung mikrochirurgischer Transplantate unter 148 plastischen Chirurgen in 51 Abteilungen in Großbritannien zeigte, dass das Überwachungsregime als auch die verwendeten Techniken uneinheitlich sind (*Jallali et al. 2005*). So variierte vor allem die Dauer der Überwachung stark (zwischen 24 Stunden und über 5 Tagen). Die klinische Lappenkontrolle stand bei allen Chirurgen im Vordergrund

und wurde vorwiegend an Pflegepersonal oder Assistenzärzte delegiert. 61% der Chirurgen nahmen zusätzlich noch einfache technische Hilfsmittel zur Transplantatkontrolle zu Hilfe, wie Doppler, Oberflächentemperaturmessung oder Pulsoxymetrie. Aufwändigere technische Verfahren wie beispielsweise Laser-Doppler oder Sauerstoffpartialdruckmesssonden wurden nur sehr selten verwendet. Andere Autoren stützen sich vor allem auf die delegierte klinische Beurteilung der Transplantatvitalität (*Smit et al. 2007*) und benutzen adjuvant einfache technische Hilfsmittel. Allerdings bestehen erhebliche Unterschiede in der angegebenen Kontrollfrequenz.

Bemerkenswert an der o.g. anamnestischen Erhebung von Jallali et al. (2005) war, dass keine statistisch höhere Erfolgsrate bei Verwendung von aufwändigeren technischen Hilfsmitteln zur Transplantatkontrolle im Vergleich zur rein klinischen Kontrolle nachgewiesen werden konnte.

Dies könnte an der intensiveren klinischen Kontrolle bei fehlenden technischen Hilfsmitteln liegen, welche die kontinuierliche Überwachung kompensiert, aber personal- und zeitintensiver ist.

Selbst das Internet wurde schon als Hilfsmittel zum Monitoring beschrieben. Digitale Fotografien des Transplantats wurden im Zweifel per Internet an den Chirurgen übermittelt und von diesem bewertet (*Varkey et al. 2008*).

4.6 Apparative Monitoringverfahren

Aktuell ist die klinische Beobachtung die einzige routinemäßig angewendete Methode um freie Lappen zu überwachen (*Brown et al. 2003; Sinis et al. 2006*). Von der Vielzahl an technischen Verfahren zur Kontrolle der Transplantatvitalität hat sich bisher keines als Standardmethode durchsetzen können (*Kamolz et al. 2002; Machens et al. 1999*). Alle in der Literatur beschriebenen Methoden sind zum Teil sehr aufwändig, für die kontinuierliche Untersuchung ungeeignet oder der klinischen Beurteilung nicht überlegen (*Sinis et al. 2006; Strauss et al. 1994*)

Die in den letzten Jahren beschriebenen Verfahren zur technischen Überwachung von mikrovaskulär reanastomosierten Transplantaten haben Vor- und Nachteile. Diese sind bereits in Tabelle 1 dargestellt worden.

Beim Ultraschall-Doppler wird der „Doppler-Shift“ von Ultraschallwellen gemessen, die von einem piezoelektrischen Kristall ausgesendet werden. Diese Methode erlaubt zwar eine frühzeitige und prompte Registrierung vaskulärer Komplikationen und die Interpretation ist auch leicht erlernbar. Allerdings erwies sich die Invasivität des Verfahrens und das leicht mögliche Registrierten falscher Werte durch Dislokation des Messkopfes als problematisch (*Machens et al. 1999*).

Das Funktionsprinzip des Laser-Dopplers beruht ebenfalls auf dem so genannten „Dopplershifting“-Effekt des Laserlichtes. Das von den roten Blutzellen reflektierte Licht wird einer Frequenzänderung unterworfen (sog. Doppler-Effekt) und zusammen mit dem nicht veränderten Licht von Photodektoren aufgenommen. Das hierdurch errechnete Meßsignal entspricht dem Fluss der roten Blutzellen und kann quantifiziert werden. Dieses Verfahren hat sich inzwischen schon vielerorts als objektives, reproduzierbares und nichtinvasives Verfahren bewährt (*Kind et al. 1998; Machens et al. 1999; Mailaender et al. 1994; Yuen und Feng 2000*), ist allerdings nicht einfach zu interpretieren (*Liss und Liss 2000; Svensson et al. 1993*). Liss zeigte auch, dass obwohl sowohl die polarografische Meßmethode des Sauerstoffpartialdrucks als auch die Laser-Doppler-Flowmetrie zwischen einem arteriellen und einem venösen Verschluss unterscheiden können, die polarografische Methode verlässlicher zur Interpretation eines Gefäßverschlusses geeignet ist. Die simultane, nichtinvasive Laserdopplerflowmetrie und Gewebespektrophotometrie verspricht ebenfalls ein gutes, verlässliches und im klinischen Alltag anwendbares Verfahren zu sein (*Hölzle et al. 2006*). Die Laserdopplerflowmetrie hat zwar den Vorteil einer

kontaktlosen Messweise, welche sich aber bei aktiven und passiven Bewegungen des Patienten auch als Nachteil herausstellen kann.

Andere Techniken zur Darstellung der Blutgefäße wie Elektromagnetische Flussmessköpfe erwiesen sich in der klinischen Anwendung als zu aufwändig oder unverhältnismäßig invasiv (*Machens et al. 1999*).

Die Verfahren zur direkten Darstellung der Gewebedurchblutung wie die Verwendung von radioaktiven Markern, Clearance-Verfahren mit gasförmigen Indikatoren, Wasserstoffgas oder Fluoreszenz-Markern sind aus heutiger Sicht vorwiegend von experimentellem Interesse, da sie für den routinemäßigen klinischen Einsatz entweder zu teuer, aufwändig oder Umwelt belastend sind (*Machens et al. 1999*).

Zu den Techniken der indirekten Darstellung der Gewebedurchblutung gehört die Temperaturmessung. Sie ist zwar ein kostengünstiges Verfahren, kann aber zum Überwachen von Transplantaten bei intraoraler Lage nicht sinnvoll eingesetzt werden.

Weitere indirekte Darstellungen der Gewebedurchblutung sind die Photoplethysmographie, welche die Absorption von Licht im Gewebe in direkter Abhängigkeit vom Gewebeblutvolumen misst. Diese Technik vermag zwar zwischen arteriellen und venösen Verschlüssen zu unterscheiden, kann jedoch nur bei Vorhandensein einer Haut-Monitor-Insel angewendet werden und ist bei dunkelhäutigen Patienten nicht möglich.

Da jede Minderung der Gewebedurchblutung bei konstantem Energiebedarf den Gehalt an anaeroben Stoffwechselprodukten und sauren Metaboliten erhöht, sinkt durch die in der Folge ansteigende Konzentration von Wasserstoffionen auch der Gewebe-pH im betroffenen Gewebe. Dieser kann gemessen und als Parameter zur Transplantatvitalität herangezogen werden.

4.7 PO₂-Monitoring und Licox-System

Der Gewebesauerstoffpartialdruck hat seinen Nutzen als sensitiver Parameter der Gewebepерfusion bereits umfangreich unter Beweis gestellt (*Hofer et al. 1994; Jonsson et al. 1987; Pianim et al. 1993*) und in den vergangenen Jahren beträchtliches Interesse als Mittel zur frühzeitigen Erkennung von Zirkulationsstörungen in mikrovaskulär reanastomosierten Transplantaten erregt (*Hjortdal et al. 1990; Hofer et al. 1993; Mahoney und Lista 1988*). Vor allem die Rolle des Monitoring von sog. „buried flaps“ mit dieser Methode wurde erkannt (*Driemel et al. 2004; Hirigoyen et al. 1997; Raittinen et al. 2005*).

Erstmals erwähnt wurde die polarografische Überwachung eines mikrochirurgischen Transplantates 1990 durch Hjortdal.

Das Sauerstoffpartialdruckmesssystem Licox ist eine der Standardsonden für die Oxygenierung im Gehirn (*Gelabert-Gonzalez et al. 2002; Maas et al. 1993; Valadka et al. 1998*), hat sich in der plastischen Chirurgie aber immer noch nicht etabliert (*Kamolz et al. 2002*).

Der Sensor dieser Sonde liefert ein zum pO₂-proportionales Stromsignal. Die implantierte Elektrode kann im Gewebe unter günstigen Umständen mehrere Wochen lang den pO₂ messen. Sie repräsentiert ein effektives pO₂-Messfeld von einigen Kubikmillimetern als Stichprobe in der Tiefe des Gewebes.

In der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Tübingen wurde seit 2002 das Sauerstoffpartialdruckmesssystem Licox als Ergänzung zur klinischen Vitalitätskontrolle mikrochirurgischer Transplantate eingeführt. Ab Dezember 2003 wurden die Sauerstoffpartialdruckverläufe auch kontinuierlich aufgezeichnet.

Die Messung des Gewebesauerstoffpartialdrucks mit den polarografischen Mikrokathetersonden erlaubt zusammen mit dem klinischen Bild eine Beurteilung der Lappenperfusion. Durch das schnelle Ansprechverhalten der Mikrokathetersonde können Änderungen des pO₂-Werts im Transplantat meist

früh erfasst werden. Dadurch lassen sich manchmal Perfusionsstörungen diagnostizieren, bevor die Folgen klinisch sichtbar werden (*Hirigoyen et al. 1997*).

Allerdings reagierten die Messsonden in der Studie von Driemel empfindlich auf mechanische Belastung durch den Transport vom Operationssaal zur Intensivstation, auf Umlagerungen bei der intensivmedizinischen Patientenpflege. So konnte in seiner Untersuchung aufgrund eines vorzeitigen Sondenausfalls in 10 von 47 Fällen (20%) keine vollständig auswertbare Messung durchgeführt werden.

Auch im eigenen Kollektiv wurden im Verlauf implausible pO_2 -Werte bei 12% aller überwachten Transplantate festgestellt, welche als Sondenausfall bzw. Sondendislokation durch mechanische Belastung gewertet werden können.

4.8 Normalverläufe

In einer Studie von 70 mittels Licox-Sonde überwachten Transplantaten von Kamolz (2002) zeigte sich nach einem anfänglichen Abfall eine zunehmende Stabilisierung der gemessenen pO_2 -Werte. Das gleiche Verlaufsmuster beschreibt auch Raittinen (2005). Der anfängliche Gipfel mit darauf folgendem Abfall wird von Kamolz als eine Folge der Hyperämie nach erfolgtem Gefäßanschluss interpretiert. Die darauf anschließende Abnahme wird in Zusammenhang mit der Narkoseausleitung, dem „Weaning off“ und der daraus resultierenden Verminderung der Sauerstoffsättigung gesehen. Danach wurde auch ein solides und stabiles Niveau erreicht.

Dem entsprechend wurde im eigenen Patientenkollektiv eine Steigerung des pO_2 zwischen 7 und 29mmHg innerhalb der ersten 8 Stunden postoperativ beobachtet. Diese Steigerung war transplantatspezifisch im Mittel sehr unterschiedlich und mag mit der Transplantat-assoziierten Sondenlage zusammenhängen.

Auch Hirigoyen beschreibt eine postoperativ signifikante Schwankung des Sauerstoffpartialdrucks. Diese Schwankungen traten vermehrt bei subkutaner Lage der Sonde auf. Zwischen Hämatokrit, Gefäßvolumenstatus, arteriellem Blutgaslabor und gemessenem Transplantatsauerstoffpartialdruck wurde kein Zusammenhang festgestellt (*Hirigoyen et al. 1997*).

Dass der Sauerstoffpartialdruck im transplantierten Gewebe stark von der Lokalisation der Messsonde abhängt und gefäßnahe Areale durch einen im Vergleich zu gefäßfernen Arealen höheren pO₂-Wert charakterisiert sind, wurde schon beschrieben (*Eckelt et al. 1994; Schultze-Mosgau et al. 1995*). So lassen sich auch relativ starke interindividuelle Sauerstoffpartialdruckwerte innerhalb desselben Transplantattyps erklären.

Die für die Sauerstoffpartialdruckmessungen im Gehirn konzipierten Sonden haben eine Messstrecke von 5 mm. Bei inkorrekt Lage der Sonde oder selbst geringer Sondendislokation werden so inkorrekte Werte gemessen. Inzwischen sind bereits Sonden mit einer größeren Messstrecke auf dem Markt. Inwiefern der Einsatz solcher Sonden die Meßgenauigkeit bzw. die Verlässlichkeit der Messungen erhöht bleibt zu untersuchen.

4.9 Komplikationen

Die Verlustraten mikrochirurgisch reanastomosierter Transplantate können meist gering gehalten werden. Dennoch werden Komplikationshäufigkeiten teilweise bis über 20% angegeben (*Genden et al. 2004; Ozkan et al. 2005; Rosenthal et al. 2004*).

Komplikationen können eingeteilt werden in vaskuläre Komplikationen, Komplikationen der Entnahmeregion, der Empfängerregion sowie allgemeine Komplikationen (*Hoffmann et al. 1998*). Besonders vaskuläre Komplikationen können die Transplantatvitalität gefährden.

Die häufigsten Ursachen eines insuffizient perfundierten Transplantates sind mikrovaskuläre Thrombosen, gefolgt von Hämatomen und Blutungen (*Bui et al.*

2007). Venöse Thrombosen werden mehr als doppelt so häufig beobachtet als arterielle Thrombosen (*Brown et al. 2003; Bui et al. 2007; Hoffmann et al. 1998; Kroll et al. 1996*). Hämatome können nach ausgedehnten Resektionen entstehen oder weil keine ausreichende Saugdrainage in der Nähe der Anastomosen platziert werden kann (*Rinaldo et al. 2002*).

Arterielle Thrombosen treten fast immer innerhalb der ersten 24 Stunden nach Reanastomosierung auf (*Kroll et al. 1996*). Kroll stellte zudem in seiner Untersuchung fest, dass fast die Hälfte aller Lappenstielfrombosen innerhalb eines Tages postoperativ auftreten, 16% sogar noch am Tag der Operation selbst. Ähnliche Feststellungen machte Chen, mit 82% aller vaskulären Komplikationen innerhalb der ersten 24 Stunden und 30% sogar innerhalb der ersten postoperativen Stunde (*Chen et al. 2007*). Auch Smit (*Smit et al. 2007*) konnte in den ersten 24 Stunden postoperativ die meisten vaskulären Komplikationen feststellen.

Dies steht in Einklang mit den eigenen Beobachtungen. So traten 76% aller transplantatperfusionsrelevanten Komplikationen innerhalb 24h postoperativ auf, innerhalb 48h postoperativ waren es 88%. Zwei Spät komplikationen wurden am 4. und 5. postoperativen Tag detektiert. Danach wurden keine Perfusionsstörungen mehr festgestellt. Daher scheint uns eine Überwachungsdauer von 4 Tagen sinnvoll und vertretbar.

Die Thrombosehäufigkeit wird in mehreren umfangreicheren Transplantatkollektiven mit 3,2 bis 9,9% angegeben, die Transplantatrettung nach Thrombose mit 34-73% (*Brown et al. 2003; Khouri et al. 1998; Kroll et al. 1996*).

In einer umfangreichen prospektiven Studie von Khouri (*Khouri et al. 1998*) mit einem Kollektiv von 480 mikrovaskulären Transplantaten wurde die Komplikation Hämatom bzw. postoperative Nachblutung mit 9,4 Prozent

angegeben. Fettleibigkeit erhöhte das Risiko einer Nachblutung oder eines Hämatoms.

Eine langsame oder plötzliche Minderperfusion des mikrochirurgisch reanastomosierten Transplantats kann mehrere Ursachen haben. Venöse bzw. arterielle Thrombosen können systemische Ursachen haben wie z.B. eine heparininduzierte Thrombozytopenie. Häufiger sind allerdings lokale Komplikationen. Dazu gehören Gefäßstielabknicken durch z.B. ungünstige Lage des Halses, Gefäßstielkompression (z.B. durch ein Hämatom oder ungünstig angelegte Verbände). Es sollte bei Perfusionsstörung auch an insuffiziente arterielle Anastomosen mit ungenügender Transplantatperfusion gedacht werden.

4.10 Antithrombotische Prophylaxe/Therapie

Bei jeder mikrovaskulären Anastomose besteht ein Thrombosepotenzial. Deshalb wird die Notwendigkeit zur antithrombotischen Prophylaxe heftig diskutiert (*Esclamado und Carroll 1999*). Heparin, Aspirin und Dextran sind die gängigsten Prophylaxeformen. Es werden viele verschiedene antithrombotische Prophylaxeformen beim mikrochirurgischen Lappentransfer angewandt, von denen lediglich die postoperative subkutane Heparinapplikation einen signifikanten antithrombotischen Effekt zu haben scheint (*Khouri et al. 1998*). Einige Autoren geben einen Heparinbolus intraoperativ vor Absetzen des Transplantats. Auch die postoperative Gabe von Dextran oder Aspirin wird beschrieben (*Bui et al. 2007*). Die intravenöse Gabe von Heparin wird aufgrund Blutungs- und Hämatombildungsgefahr kaum routinemäßig durchgeführt (*Genden et al. 2004*).

Die intraoperative Spülung des Gefäßlumens mit Heparinlösung zeigte im prospektiven Studienkollektiv von Khouri keinen protektiven antithrombotischen Einfluss. Khouri konstatiert daraus, dass obwohl Heparin der gängige Zusatz zur Spüllösung ist, es keinen offensichtlichen Nutzen hinsichtlich der Verhinderung einer thrombotischen Komplikation oder des

Transplantatverlustes hat. Diese Aussage steht im Gegensatz zu einigen experimentellen Studien, die zeigten, dass die Spülung des Gefäßlumens einer thrombosegefährdeten Anastomose einen präventiven Effekt auf einen thrombotischen Verschluss hat (*Braam et al. 1995; Cox et al. 1992*).

Im eigenen Kollektiv wurde vor Absetzen des Transplantats ein Heparinbolus von 1000 IE Appliziert. Danach wurden über den ersten postoperativen Tag 5000 IE, über den zweiten 10.000 IE und ab dem dritten postoperativen Tag 15.000 IE Heparin für insgesamt 7 Tage gegeben, bevor auf ein niedermolekulares, subcutan applizierbares Heparinpräparat umgesetzt wurde.

4.11 PO₂-Verläufe bei Komplikationen

Bei Versorgungsstörungen der Transplantate zeigte die Licox-Sonde in mehreren Studien anderer Autoren die Versorgungsinsuffizienz richtig an (*Driemel et al. 2004; Kamolz et al. 2002; Raittinen et al. 2005*). In jenen Fällen, bei denen arterielle Durchblutungsprobleme vorlagen, kam es zu einem sehr raschen Abfall des Sauerstoffpartialdruckes. In den Fällen mit venösen Problemen kam es zu einer weniger raschen Abnahme. Bei allen Störungen kam es bei Kamolz zu einem Abfall von mehr als 10 mmHg innerhalb von einer halben Stunde (*Kamolz et al. 2002*). Driemel (*Driemel et al. 2004*) beobachtete bei allen Transplantaten mit gestörter Perfusion einen Rückgang des pO₂-Wertes auf 0 mmHg. Nach erfolgreicher Revision kehrte der Wert zum Ausgangswert vor der Gefäßstenose zurück.

Dass arterielle Gefäßverschlüsse einen unmittelbaren und eindrücklichen Effekt auf den Sauerstoffpartialdruckverlauf haben ist nachvollziehbar und wurde auch in der eigenen Studie mehrfach beobachtet und verifiziert. Ebenso boten venöse Gefäßverschlüsse einen weniger drastischen, aber immer noch eindrücklichen pO₂-Abfall im Vergleich zu arteriellen Verschlüssen. Bei arteriellen Verschlüssen wurde immer ein pO₂-Abfall bis auf 0 mmHg beobachtet welcher sich in Einklang mit den Beobachtungen von Kamolz innerhalb von einer halben Stunde vollzog.

4.12 Transplantatspezifische Verläufe

Untersuchungen zu transplantatspezifischen Sauerstoffpartialdruckunterschieden nach mikrovaskulärer Rekonstruktion gibt es wenige. Driemel untersuchte 32 mikrochirurgisch reanastomosierte Transplantate und 5 gestielte Pectoralis-major-Transplantate im Verlauf polarografisch. Der Vergleich der pO_2 -Werte bei den verschiedenen Transplantatgruppen ließ erkennen, dass die pO_2 -Werte bei Dünndarmtransplantaten signifikant höher als bei den Latissimus-dorsi und Pectoralis-major-Transplantaten lagen. Zwischen Latissimus-dorsi-Transplantaten, Radialislappen und Skapulatransplantaten ließen sich zu keinem Zeitpunkt signifikante Werteunterschiede berechnen. Allerdings waren die einzelnen Teilkollektive in dieser Studie sehr klein.

Wir konnten in unserer Studie feststellen, dass die mittleren Werte der ALT-Lappen und der Fibulatransplantate über denen der anderen Transplantate lagen welche sich im Mittel in einem homogenen Verlauf darstellten. Allerdings muss dabei relativierend erwähnt werden, dass die individuelle Streuung innerhalb der Transplantatgruppen sehr groß war und diese auch grafisch eindrücklich dargestellt wurde. Weiterhin auffallend war der im Vergleich zu den übrigen Transplantattypen unterschiedliche Verlauf in den letzten 48 Stunden der Überwachung in denen der Sauerstoffpartialdruck der ALT- und Fibulatransplantate im Mittel anstieg. Eine Ursache für den unterschiedlichen Verlauf dieser Transplantattypen konnte nicht eruiert werden.

Die Unterschiedlichkeit im pO_2 , der zwischen verschiedenen Gewebearten desselben Transplantats besteht, kann zum Teil durch Ihre unterschiedlichen anatomischen und physiologischen Eigenschaften erklärt werden. Obgleich die Subkutis wegen ihrer hohen Empfindlichkeit auf vasokonstriktive Einflüsse ein sensitiver Indikator systemischer Minderdurchblutung ist, so ist sie generell weniger verlässlich als ein Gewebe zur Überwachung freier Hautlappen oder „composite Flaps“ (Transplantate, die aus mehreren Gewebearten bestehen). Skelettmuskel zeigte sich als Indikator für Perfusionsveränderungen im

Transplantat geeigneter – vermutlich weil er ein reicheres Kapillarnetz besitzt und keine arterio-venösen Shunts hat. (*Hirigoyen et al. 1997*).

4.13 PO₂ - Grenzwerte

Mahoney und Lista (*Mahoney und Lista 1988*) regten in ihrer ersten klinischen Studie mit implantierten polarografischen Elektroden zur Messung des Sauerstoffpartialdrucks in mikrovaskulär reanastomosierten Transplantaten an, dass ein Sauerstoffpartialdruck von unter 20 mmHg auf ein Perfusionsproblem im Transplantat hindeutet. Allerdings machten sie keine Angabe über die überwachten Transplantattypen oder über die Platzierung des pO₂-Sensors im Transplantat.

In einer späteren Studie empfahlen Hofer et al. (*Hofer et al. 1993*), dass eine operative Lappenrevision durchgeführt werden sollte, sobald der pO₂ unter 10 mmHg fällt oder wenn er mehrere Stunden zwischen 10 bis 15 mmHg pendelt. In dieser Studie wurde jedoch nur Skelettmuskel überwacht.

Hirigoyen et al zogen aus ihrer Studie den Schluss, dass weniger der absolute Wert des Sauerstoffpartialdrucks, sondern eher der pO₂-Verlauf für die Beurteilung des Transplantatzustandes herangezogen werden sollte. So zeigte ihre Erfahrung, dass ein stetig fallender pO₂ im Transplantat, der nicht auf eine Erhöhung der Atemluftsaurestoffkonzentration reagiert auf eine Beeinträchtigung der Transplantatdurchblutung hinweist. Dabei ist es von akademischer Bedeutung, dass in den meisten Geweben nicht zuverlässig zwischen arterieller und venöser Obstruktion unterschieden werden kann, da in beiden Fällen eine dringliche operative Revision berechtigt ist (*Hirigoyen et al. 1997*).

Driemel kann aufgrund der überraschend großen Variabilität der pO₂-Messwerte in seiner Studie keine Interventionsschwellenwerte ohne Berücksichtigung des klinischen Zustands der Transplantate festlegen.

Entscheidend für die Früherkennung einer Gefäßstenose sind hierbei die dynamischen Veränderungen des Gewebe- pO_2 . Absolutwerte spielen bei der Entscheidungsfindung zur Einleitung pharmakologischer oder chirurgischer Maßnahmen zur Durchblutungsförderung des Transplantats eine untergeordnete Rolle. Ausschlaggebend für die Einleitung einer Lappenrevision war auch bei Driemel stets der Kurvenverlauf der abfallenden pO_2 -Werte kombiniert mit der klinischen Einschätzung unabhängig vom pO_2 -Ausgangswert. (*Driemel et al. 2004*).

Dieser Einschätzung können wir uns anschließen. Die große Bandbreite der pO_2 -Einzelmeßwerte bei klinisch guter Transplantatperfusion ließ in unserer Studie keine Definition von Grenzwerten zu. Allerdings korrelierte ein drastischer pO_2 -Abfall innerhalb eines kurzen Zeitintervalls von 30 Minuten bis 2 Stunden immer mit einer akuten Perfusionsstörung.

4.14 Erfolgsrate

Nach den Untersuchungen von *Machens et al. (1999)* haben sich die Erfolgsquoten für die freie Gewebstransplantation in den vergangenen 20 Jahren verbessert.

Die Erfolgsrate von mikrovaskulär reanastomosierten Transplantaten im Kopf-Hals-Bereich wird in der Literatur mit 94-98,6% angegeben und hat sich in den letzten Jahren stetig verbessert (*Brown et al. 2003; Bui et al. 2007; Chen et al. 2007; Coskunfirat et al. 2005; Disa et al. 2001; Esclamado und Carroll 1999; Hidalgo und Jones 1990; Hölzle et al. 2006; Jallali et al. 2005; Khouri et al. 1998; Kroll et al. 1996; Raittinen et al. 2005*).

Die Gesamterfolgsraten, d.h. Transplantate mit erfolgreicher Einheilung auch nach Revision oder zwischenzeitlichen Komplikationen werden mit 90% und teilweise höher angegeben (*Germain et al. 2004*).

Das eigene Untersuchungskollektiv aller polarographisch überwachten mikrovaskulären Transplantate inklusive Komplikationen und Revisionen bot eine Erfolgsrate von 93,6%.

Khouri et al konnten in ihrer prospektiven Studie keinen Einfluss des Alters oder Geschlechts des Patienten auf die Erfolgsaussicht des Transplantates feststellen. Ebenso wenig hatten Tabakkonsum, Diabetes mellitus oder Fettleibigkeit einen erkennbaren Einfluss auf die Erfolgsaussicht eines mikrovaskulären Lappentransfers (*Khouri et al. 1998*).

4.15 Revision

Weil insuffizient perfundierte Lappen durch eine dringliche Revision gerettet werden können, sollte eine großzügige Indikation zur Revisionsoperation gestellt werden - auch wenn intraoperativ nicht immer eine Ursache für die Insuffizienz gefunden werden kann (*Bui et al. 2007*).

Viele neue umfangreiche Serien freien mikrochirurgischen Gewebetransfers berichten über eine Revisionsrate von 6 bis 20% aufgrund von lokalen vaskulären Problemen (*Brown et al. 2003; Bui et al. 2007; Chen et al. 2007; Coskunfirat et al. 2005; Disa et al. 2001; Haughey et al. 2001; Hidalgo und Jones 1990; Schusterman et al. 1994; Simpson et al. 1996*).

Bei nötiger Revisionsoperation werden 63-80 % der Transplantate gerettet (*Brown et al. 2003; Bui et al. 2007; Chen et al. 2007*).

Smit (*Smit et al. 2007*) unterscheidet in seiner Studie intraoperative Revisionen – also Revision noch während der primären Operation - mit einer Erfolgsrate von 85% und späterer Revision mit einer deutlich schlechteren Erfolgsquote von 57%. Die meisten Revisionen wurden allerdings innerhalb der ersten 24 Stunden nach Anastomosierung durchgeführt.

Allerdings konnte von mehreren Autoren gezeigt werden, dass die Erfolgsquote der Revision mit zeitlichem Abstand zum Primäreingriff abnimmt (*Brown et al. 2003; Chen et al. 2007; Smit et al. 2007*).

Diese Resultate decken sich mit den eigenen Ergebnissen. Bei einer Revisionsrate von 13,6% konnten in unserer Studie 64,7% der Transplantate durch diese Revisionsoperation gerettet werden. Es zeigte sich weiterhin auch eine geringere Erfolgsrate mit größerem zeitlichem Abstand der Revisionsoperation zum Primäreingriff.

Bui fand, dass venös thrombosierte Transplantate häufiger durch eine Revisionsoperation gerettet werden konnten als arteriell thrombosierte Transplantate. Dies bestätigte auch Chen in seiner umfangreichen Untersuchung (*Chen et al. 2007*).

Der Erfolg der Revision wird weiterhin hauptsächlich von der Dauer postoperativer unbemerkter Ischämie abhängen, die das Transplantat vor der Revision erfahren hat (*Kerrigan und Stotland 1993; Khouri 1992*).

Optimale Ergebnisse können erreicht werden, wenn ein aggressives Transplantatüberwachungsprotokoll zu einer frühen Revision führt. In großen Kollektiven können so 100% Erfolgsraten verzeichnet werden (*Hidalgo und Jones 1990*)

4.16 Einschätzung der Wertigkeit des Licox-Systems

Das Licox-System wurde von den meisten Autoren als zuverlässiges Instrument zur postoperativen Überwachung freier mikrovaskulärer Transplantate anerkannt (*Hirigoyen et al. 1997; Kamolz et al. 2002; Raittinen et al. 2005; Wechselberger et al. 1997*).

Die Messung des Gewebesauerstoffpartialdrucks mit der Licox-Sonde erlaubt zusammen mit dem klinischen Bild eine Beurteilung der Lappenperfusion. Durch das schnelle Ansprechverhalten der Sonde können Änderungen des

pO₂-Werts im Lappentransplantat meist früh erfasst werden (*Driemel et al. 2004*). Dadurch lassen sich manchmal Perfusionsstörungen diagnostizieren, bevor die Folgen klinisch sichtbar werden. Die kontinuierlichen Daten können einfach auch von nichtärztlichen Mitarbeitern interpretiert werden. Damit wird die polarographische Sauerstoffpartialdruckmessung von einigen Autoren als Monitoringtrend gesehen. Vor allem die Möglichkeit sog. „buried flaps“ zu überwachen wird als nützlich eingeschätzt (*Hirigoyen et al. 1997*).

Obwohl die Sauerstoffpartialdruckmessung geringfügig träger als die Laser-Doppler-Methode ist, sind die Messwerte als diagnostischer Anhalt zur Interpretation eines Gefäßverschlusses zuverlässiger (*Liss und Liss 2000*).

5 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Von Dezember 2003 bis September 2007 wurden an der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Tübingen insgesamt 149 Rekonstruktionen im Kopf- Halsbereich mittels mikrochirurgisch reanastomosierten Transplantaten durchgeführt, wovon 125 zusätzlich zur regelmäßigen klinischen Kontrolle mit dem Gebesauerstoff-partialdruckmessgerät Licox[®] postoperativ kontinuierlich überwacht wurden.

Das Gerätesystem Licox misst den Sauerstoffpartialdruck direkt im Gewebe durch eine flexible Mikrokathetersonde polarografisch. Die Messwerte wurden von einem tragbaren Rechner kontinuierlich aufgezeichnet und später ausgewertet.

Insgesamt gingen von den 125 überwachten Transplantaten 8 Transplantate verloren. Dies entspricht einer Erfolgsrate von 93,6%. In 7 Fällen wurde versucht, das Transplantat durch eine Revisionsoperation zu retten. In allen 8 Fällen wurde die Perfusionsstörung des Transplantats durch das Messgerät richtig angezeigt. Implausible Messwerte wurden in 15 Fällen registriert. Diese implausiblen – mit dem klinischen Zustand des Transplantates nicht im Einklang stehenden Messwerte sind auf technische Defekte oder Sondendislokationen zurückzuführen. Transplantatverluste in Kombination mit implausiblen Messwerten kamen nicht vor.

100 Normalverläufe wurden über mindestens 96 Stunden aufgezeichnet und im Kollektiv sowie transplantatspezifisch näher untersucht.

Der typische Verlauf des Sauerstoffpartialdrucks im mikrovaskulär reanastomosierten Transplantat beschreibt einen initialen postoperativen Anstieg in den ersten 3 Stunden mit einem darauf folgenden langsamen linearen Abfall über die Messzeit von 96 Stunden um ca. 18 mmHg.

Dieser typische Verlauf konnte nach Mittelung der Werte bei allen Transplantattypen mit Ausnahme der Fibulatransplantate gesehen werden.

Allerdings variierten die individuellen Verläufe mitunter stark untereinander, sowohl im Niveau des Druckes als auch im Verlauf.

Beim Vergleich der Sauerstoffpartialdruckkurven der verschiedenen Transplantate untereinander wurde festgestellt, dass die mittleren Werte der ALT-Lappen und der Fibulatransplantate über denen der übrigen Transplantattypen lagen. Außerdem stieg der pO_2 dieser beiden Transplantattypen im Gegensatz zu den übrigen innerhalb der letzten 48 Stunden der Überwachung im Mittel an. Bei der beträchtlichen individuellen Streuung der einzelnen Transplantate innerhalb einer Gruppe ist dieser Unterschied jedoch relativierend zu sehen.

Das Gewebesauerstoffpartialdruckmessgerät Licox ermöglicht eine sichere, minimalinvasive und vor allem kontinuierliche postoperative Kontrolle des Sauerstoffpartialdrucks im freien mikrovaskulär reanastomosierten Transplantat welcher indirekt die Perfusion des Transplantats widerspiegelt.

Zwischen den einzelnen Transplantattypen konnten keine relevanten Verlaufsunterschiede des Sauerstoffpartialdrucks festgestellt werden.

Absolutwerte des Sauerstoffpartialdrucks haben für die Beurteilung der Transplantatvitalität eine untergeordnete Bedeutung. Viel wichtiger für die Diagnose einer Perfusionsstörung und somit auch die Indikation zur Revisionsoperation ist der Verlauf - mit einem kontinuierlichen Abfall des pO_2 bis 0 mmHg. In diesem Fall ist die Indikation zur Revisionsoperation großzügig zu stellen, da die Erfolgsrate einer Revisionsoperation im zeitlichen Verlauf abnimmt.

Das Messsystem erwies sich in unserer Studie zwar noch als technisch anfällig (mit 12% implausiblen Meßverläufen), kann aber bei initial nachvollziehbarem pO_2 -Verlauf als sehr zuverlässig bezeichnet werden.

Das System ist insgesamt ein wertvolles technisches Hilfsmittel zur Überwachung mikrochirurgisch reanastomosierter Transplantate zusätzlich zur

klinischen Lappenkontrolle. Es kann die klinische Kontrolle nicht ersetzen, gibt aber zusätzliche Sicherheit bei der Transplantatbeurteilung. Vor allem wenn der gemessene pO_2 -Wert initial postoperativ mit dem klinischen Aspekt korreliert, kann von weiterhin verlässlichen Messergebnissen ausgegangen werden. Ist dies nicht der Fall, so sollte bei den weiteren Transplantatkontrollen mehr Wert auf den klinischen Eindruck gelegt werden.

Die Methode ist minimalinvasiv, zuverlässig und unkompliziert klinisch einsetzbar.

Dadurch kann die Lappenkontrolle temporär auch an nichtärztliches Personal delegiert werden, wodurch einerseits das ärztliche Personal entlastet wird und zum anderen durch die kontinuierliche "technische Transplantatkontrolle" Perfusionsstörungen früher erkannt werden, weil die Kontrolle z.B. durch das auf der Intensivstation ständig präsente Pflegepersonal erfolgt.

Insbesondere bei Transplantaten ohne sichtbaren Monitoringanteil, sog. "buried flaps" bietet das System eine wertvolle Möglichkeit zur Transplantatbeurteilung.

6 Literaturverzeichnis

1. Acland RD, Flynn MB.
Immediate reconstruction of oral cavity and oropharyngeal defects using microvascular free flaps.
Am J Surg. Oct 1978; 136(4): 419-423.
2. Ad-el D, Casapi N, Regev E, Zeltser R, Nahlieli O, Shtayer A, Hochvald E, Sichel JY, Shpitzer T, Asher YB, Eldad A.
Reconstruction of the mandible by fibula free flap.
Isr Med Assoc J. Aug 2002; 4(8): 600-602.
3. Austermann KH.
Freie Transplantationen eines Haut-Subcutis-Lappens in die Mundhöhle durch microvasculäre Anastomose.
Dtsch. Z. Mund-Kiefer-Gesichtschir. 1977; 1: 67.
4. Bardsley AF, Soutar DS, Elliot D, Batchelor AG.
Reducing morbidity in the radial forearm flap donor site.
Plast Reconstr Surg. Aug 1990; 86(2): 287-292; discussion 293-284.
5. Baudet J, Guimberteau JC, Nascimento E.
Successful clinical transfer of two free thoraco-dorsal axillary flaps.
Plast Reconstr Surg. Dec 1976; 58(6): 680-688.
6. Bitter K.
Bone transplants from the Iliac crest to the maxillo-facial region by the microsurgical technique.
J Maxillofac Surg. Aug 1980; 8(3): 210-216.
7. Bitter K, Stahl P, Westermann U.
A modified groin flap for reconstruction of oral cavity defects after tumour resection.
J Maxillofac Surg. Aug 1981; 9(3): 146-150.
8. Blondeel PN, Van Landuyt KH, Monstrey SJ, Hamdi M, Matton GE, Allen RJ, Dupin C, Feller AM, Koshima I, Kostakoglu N, Wei FC.
The "Gent" consensus on perforator flap terminology: preliminary definitions.
Plast Reconstr Surg. Oct 2003; 112(5): 1378-1383.
9. Bootz F.
Mikrovaskuläre fasziokutane Transplantate im Kopf-Hals-Bereich.
Laryngorhinootologie. Nov 2001; 80(11): 630-631.

10. Boyd JB.
Mandibular reconstruction in the young adult using free vascularized iliac crest.
Microsurgery. 1988; 9(2): 141-149.
11. Braam MJ, Cooley BC, Gould JS.
Topical heparin enhances patency in a rat model of arterial thrombosis.
Ann Plast Surg. Feb 1995; 34(2): 148-151.
12. Brown JS, Devine JC, Magennis P, Sillifant P, Rogers SN, Vaughan ED.
Factors that influence the outcome of salvage in free tissue transfer.
Br J Oral Maxillofac Surg. Feb 2003; 41(1): 16-20.
13. Brown JS, Magennis P, Rogers SN, Cawood JI, Howell R, Vaughan ED.
Trends in head and neck microvascular reconstructive surgery in Liverpool (1992-2001).
Br J Oral Maxillofac Surg. Oct 2006; 44(5): 364-370.
14. Bui DT, Cordeiro PG, Hu QY, Disa JJ, Pusic A, Mehrara BJ.
Free flap reexploration: indications, treatment, and outcomes in 1193 free flaps.
Plast Reconstr Surg. Jun 2007; 119(7): 2092-2100.
15. Carrel A, Guthrie CC.
Uniterminal and biterminal venous transplantations.
Surg. Gynecol. Obstet. 1906; 2: 266-271.
16. Celik N, Wei FC, Lin CH, Cheng MH, Chen HC, Jeng SF, Kuo YR.
Technique and strategy in anterolateral thigh perforator flap surgery, based on an analysis of 15 complete and partial failures in 439 cases.
Plast Reconstr Surg. Jun 2002; 109(7): 2211-2216.
17. Chen AY, Myers JN.
Cancer of the oral cavity.
Curr Probl Surg. Oct 2000; 37(10): 633-731.
18. Chen KT, Mardini S, Chuang DC, Lin CH, Cheng MH, Lin YT, Huang WC, Tsao CK, Wei FC.
Timing of presentation of the first signs of vascular compromise dictates the salvage outcome of free flap transfers.
Plast Reconstr Surg. Jul 2007; 120(1): 187-195.
19. Cipriani R, Contedini F, Caliceti U, Cavina C.
Three-dimensional reconstruction of the oral cavity using the free anterolateral thigh flap.
Plast Reconstr Surg. Jan 2002; 109(1): 53-57.

- 20.** Cordeiro PG, Disa JJ, Hidalgo DA, Hu QY.
Reconstruction of the mandible with osseous free flaps: a 10-year experience with 150 consecutive patients.
Plast Reconstr Surg. Oct 1999; 104(5): 1314-1320.
- 21.** Coskunfirat OK, Chen HC, Spanio S, Tang YB.
The safety of microvascular free tissue transfer in the elderly population.
Plast Reconstr Surg. Mar 2005; 115(3): 771-775.
- 22.** Cox GW, Runnels S, Hsu HS, Das SK.
A comparison of heparinised saline irrigation solutions in a model of microvascular thrombosis.
Br J Plast Surg. Jul 1992; 45(5): 345-348.
- 23.** Daniel RK, Taylor GI.
Distant transfer of an island flap by microvascular anastomoses. A clinical technique.
Plast Reconstr Surg. Aug 1973; 52(2): 111-117.
- 24.** de Visscher JG, van der Waal I.
Etiology of cancer of the lip. A review.
Int J Oral Maxillofac Surg. Jun 1998; 27(3): 199-203.
- 25.** Disa JJ, Pusic AL, Hidalgo DH, Cordeiro PG.
Simplifying microvascular head and neck reconstruction: a rational approach to donor site selection.
Ann Plast Surg. Oct 2001; 47(4): 385-389.
- 26.** Domarus Hv.
Lappenplastiken im Gesicht.
Mund Kiefer Gesichtschir. 2000; 4: 286-289.
- 27.** Donaghy RM.
A history of microsurgery.
In: Jasargil MG: *Microsurgery.* Vol 4, 1969.
Thieme, Stuttgart
- 28.** Dos Santos L.
Rethalo escapular: um novo rethalo livre microciruegico.
Rev bras Cir. 1980; 70: 133-144.
- 29.** Driemel O, Oberfahrenheit I, Hakim SG, Kosmehl H, Pistner H.
Intra- und postoperatives Monitoring von Lappentransplantaten durch Messung des Gewebe-Sauerstoffpartialdruckes.
Mund Kiefer Gesichtschir. Nov 2004; 8(6): 361-368.

- 30.** Eckardt A, Fokas K.
Microsurgical reconstruction in the head and neck region: an 18-year experience with 500 consecutive cases.
J Craniomaxillofac Surg. Aug 2003; 31(4): 197-201.
- 31.** Eckelt U, Weiss S, Lerch H.
Verlaufskontrolle mittels Knochenszintigraphie in tomographischer Schnittbildtechnik (SPECT) nach Rekonstruktion der Mandibula mit Beckenkammtransplantaten.
Fortschr Kiefer Gesichtschir. 1994; 39: 160-161.
- 32.** Ehrenfeld M, Cornelius CP, Hildebrandt H, Riediger D, Schwenger N.
Besteht aus onkologischer Sicht eine Indikation zur Sofortrekonstruktion der Mundhöhle?
In: Schuchardt K: *Fortschritte der Kiefer- und Gesichtschirurgie.* Vol XXXV, 1991, 50.
Thieme, Stuttgart
- 33.** Ehrenfeld M, Mast G.
Gestielte muskulokutane und fasziokutane Lappen.
Mund Kiefer Gesichtschir. May 2000; 4 Suppl 1: S299-305.
- 34.** Ehrenfeld M, Riediger D.
Korrektur subcutaner Weichgewebsdefekte durch mikrochirurgische Transplantate.
In: Schuchardt K: *Fortschritte der Kiefer- und Gesichtschirurgie, Bd. XXXV,* 1990, 100.
Thieme, Stuttgart
- 35.** El-Husseiny G, Kandil A, Jamshed A, Khafaga Y, Saleem M, Allam A, Al-Rajhi N, Al-Amro A, Rostom AY, Abuzeid M, Otieschan A, Flores AD.
Squamous cell carcinoma of the oral tongue: an analysis of prognostic factors.
Br J Oral Maxillofac Surg. Jun 2000; 38(3): 193-199.
- 36.** Esclamado RM, Carroll WR.
The pathogenesis of vascular thrombosis and its impact in microvascular surgery.
Head Neck. Jul 1999; 21(4): 355-362.
- 37.** Evans GR.
Microvascular surgery for the cancer patient.
Int Surg. Oct-Dec 1997; 82(4): 359-366.
- 38.** Fisher J.
Microvascular reconstruction in the head and neck.
Mayo Clin Proc. Jun 1986; 61(6): 451-458.

39. Foote RL, Olsen KD, Meland NB, Schaid DJ, Kunselman SM.
Tumor-ablative surgery, microvascular free tissue transfer reconstruction, and postoperative radiation therapy for advanced head and neck cancer.
Mayo Clin Proc. Feb 1994; 69(2): 122-130.
40. Futran ND, Stack BC, Jr., Hollenbeak C, Scharf JE.
Green light photoplethysmography monitoring of free flaps.
Arch Otolaryngol Head Neck Surg. May 2000; 126(5): 659-662.
41. Gaggl A, Burger H, Lesnik G, Muller E, Chiari F.
Der "anterolateral thigh perforator flap" zur Deckung von Gesichtsdefekten nach Tumorchirurgie.
Mund Kiefer Gesichtschir. Sep 2006; 10(5): 315-323.
42. Geddes CR, Morris SF, Neligan PC.
Perforator flaps: evolution, classification, and applications.
Ann Plast Surg. Jan 2003; 50(1): 90-99.
43. Gehrking E, Remmert S, Majocco A.
Topographisch-anatomische Studie des lateralen Oberarmtransplantats.
Ann Anat. Jun 1998; 180(3): 275-280.
44. Gelabert-Gonzalez M, Fernandez-Villa JM, Ginesta-Galan V.
Intra-operative monitoring of brain tissue O₂ (PtiO₂) during aneurysm surgery.
Acta Neurochir (Wien). Sep 2002; 144(9): 863-866; discussion 866-867.
45. Gellrich NC, Schramm A, Hara I, Gutwald R, Duker J, Schmelzeisen R.
Versatility and donor site morbidity of the lateral upper arm flap in intraoral reconstruction.
Otolaryngol Head Neck Surg. May 2001; 124(5): 549-555.
46. Genden EM, Rinaldo A, Suarez C, Wei WI, Bradley PJ, Ferlito A.
Complications of free flap transfers for head and neck reconstruction following cancer resection.
Oral Oncol. Nov 2004; 40(10): 979-984.
47. Germain MA, Marandas P, Dubousset J, Mascard E, Legagneux J.
[25 years review of vascular microsurgery evaluation--perspectives].
Bull Acad Natl Med. 2004; 188(3): 441-455; discussion 455-448.
48. Germann G, Steinau HU.
The clinical reliability of vein grafts in free-flap transfer.
J Reconstr Microsurg. Jan 1996; 12(1): 11-17.

- 49.** Gilbert A, Teot L.
The free scapular flap.
Plast Reconstr Surg. Apr 1982; 69(4): 601-604.
- 50.** Gosain A, Rabkin J, Reymond JP, Jensen JA, Hunt TK, Upton RA.
Tissue oxygen tension and other indicators of blood loss or organ perfusion during graded hemorrhage.
Surgery. Apr 1991; 109(4): 523-532.
- 51.** Gottrup F, Firmin R, Hunt TK, Mathes SJ.
The dynamic properties of tissue oxygen in healing flaps.
Surgery. May 1984; 95(5): 527-536.
- 52.** Graham B, Adkins P, Scheker LR.
Complications and morbidity of the donor and recipient sites in 123 lateral arm flaps.
J Hand Surg [Br]. Apr 1992; 17(2): 189-192.
- 53.** Grimm G.
Geschwülste im Mund- und Kieferbereich.
In: Schwenzer N, Grimm G: *Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Band 2*, 1990.
Thieme, Stuttgart-New York
- 54.** Grundmann T.
Myokutane Insellappen oder mikrovaskuläre Transplantate - Indikation und Grenzgebiete.
Laryngorhinootologie. Nov 2001; 80(11): 635-636.
- 55.** Gupta PC, Murti PR, Bhonsle RB.
Epidemiology of cancer by tobacco products and the significance of TSNA.
Crit Rev Toxicol. 1996; 26(2): 183-198.
- 56.** Har-El G, Bhaya M, Sundaram K.
Latissimus dorsi myocutaneous flap for secondary head and neck reconstruction.
Am J Otolaryngol. Sep-Oct 1999; 20(5): 287-293.
- 57.** Haughey BH, Wilson E, Kluwe L, Piccirillo J, Fredrickson J, Sessions D, Spector G.
Free flap reconstruction of the head and neck: analysis of 241 cases.
Otolaryngol Head Neck Surg. Jul 2001; 125(1): 10-17.

-
58. Hellner D, Schmelzle R.
Laser Doppler monitoring of free microvascular flaps in maxillofacial surgery.
J Craniomaxillofac Surg. Jan 1993; 21(1): 25-29.
59. Herndl E, Stock W, Mühlbauer W.
Möglichkeiten und Grenzen des Unterarmflaps.
In: Greulich M, Wangerin K, Gubisch W: *Konturen der Plastischen Chirurgie*, 1991.
Hans Marseille Verlag GmbH, München
60. Hidalgo DA.
Fibula free flap: a new method of mandible reconstruction.
Plast Reconstr Surg. Jul 1989; 84(1): 71-79.
61. Hidalgo DA, Jones CS.
The role of emergent exploration in free-tissue transfer: a review of 150 consecutive cases.
Plast Reconstr Surg. Sep 1990; 86(3): 492-498; discussion 499-501.
62. Hidalgo DA, Rekow A.
A review of 60 consecutive fibula free flap mandible reconstructions.
Plast Reconstr Surg. Sep 1995; 96(3): 585-596; discussion 597-602.
63. Hirigoyen MB, Blackwell KE, Zhang WX, Silver L, Weinberg H, Urken ML.
Continuous tissue oxygen tension measurement as a monitor of free-flap viability.
Plast Reconstr Surg. Mar 1997; 99(3): 763-773.
64. Hjortdal VE, Awwad AM, Gottrup F, Kirkegaard L, Gellett S.
Tissue oxygen tension measurement for monitoring musculocutaneous and cutaneous flaps.
Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg. 1990; 24(1): 27-30.
65. Hofer SO, Timmenga EJ, Christiano R, Bos KE.
An intravascular oxygen tension monitoring device used in myocutaneous transplants: a preliminary report.
Microsurgery. 1993; 14(5): 304-309; discussion 310-301.
66. Hofer SO, van der Kleij AJ, Grundeman PF, Klopper PJ.
Continuous tissue oxygenation assessment during bloodflow alterations in an isolated hindlimb model of the pig.
Adv Exp Med Biol. 1994; 345: 693-700.

67. Hoffmann J, Ehrenfeld M, Hwang S, Schwenzer N.
Complications after microsurgical tissue transfer in the head and neck region.
J Craniomaxillofac Surg. Aug 1998; 26(4): 255-259.
68. Hölzle F, Franz EP, von Diepenbroick VH, Wolff KD.
Evaluation der Unterschenkelarterien vor mikrochirurgischem Fibulatransfer - MRA vs.DSA.
Mund Kiefer Gesichtschir. Jul 2003; 7(4): 246-253.
69. Hölzle F, Loeffelbein DJ, Nolte D, Wolff KD.
Free flap monitoring using simultaneous non-invasive laser Doppler flowmetry and tissue spectrophotometry.
J Craniomaxillofac Surg. Jan 2006; 34(1): 25-33.
70. Hölzle F, Rau A, Swaid S, Loeffelbein DJ, Nolte D, Wolff KD.
Simultanes nichtinvasives Monitoring mit Laser-Doppler-Flussmessung und Gewebespektrometrie bei fasziokutanen Radialislapen und osteokutanen Fibulatransplantaten.
Mund Kiefer Gesichtschir. Sep 2005; 9(5): 290-299.
71. Hunt TK, Rabkin J, Jensen JA, Jonsson K, von Smitten K, Goodson WH.
Tissue oximetry: an interim report.
World J Surg. Apr 1987; 11(2): 126-132.
72. Jacobsen HJ, Suarez EL.
Microsurgery in anastomosis of small vessels.
Surgical Forum. 1960; 11(242-246).
73. Jallali N, Ridha H, Butler PE.
Postoperative monitoring of free flaps in UK plastic surgery units.
Microsurgery. 2005; 25(6): 469-472.
74. James NJ.
Survival of large replanted segment of upper lip and nose. Case report.
Plast Reconstr Surg. Nov 1976; 58(5): 623-625.
75. Jassinowski A.
Die Arteriennaht: Eine experimentelle Studie.
Inaug Diss, Dorpat 1889.
76. Johnson PJ, Lydiatt DD, Baxter JK, Hollins RR, Lydiatt WM.
Microvascular reconstruction of the head and neck after tumor ablation.
Aorn J. Jul 1999; 70(1): 30-33.

-
77. Jones BM.
Monitors for the cutaneous microcirculation.
Plast Reconstr Surg. May 1984; 73(5): 843-850.
78. Jonsson K, Jensen JA, Goodson WH, 3rd, West JM, Hunt TK.
Assessment of perfusion in postoperative patients using tissue oxygen measurements.
Br J Surg. Apr 1987; 74(4): 263-267.
79. Kamolz LP, Schrogendorfer KF, Giovanoli P, Koller R, Frey M.
Postoperatives Lappen-Monitoring mittels Messung des Sauerstoffpartialdruckes im Lappengewebe: Erfahrungen der letzten Jahre.
Handchir Mikrochir Plast Chir. May 2002; 34(3): 195-200.
80. Kelly AM, Cronin P, Hussain HK, Londy FJ, Chepeha DB, Carlos RC.
Preoperative MR angiography in free fibula flap transfer for head and neck cancer: clinical application and influence on surgical decision making.
AJR Am J Roentgenol. Jan 2007; 188(1): 268-274.
81. Kerrigan CL, Stotland MA.
Ischemia reperfusion injury: a review.
Microsurgery. 1993; 14(3): 165-175.
82. Khalid AN, Quraishi SA, Zang WA, Chadwick JL, Stack BC, Jr.
Color doppler ultrasonography is a reliable predictor of free tissue transfer outcomes in head and neck reconstruction.
Otolaryngol Head Neck Surg. Apr 2006; 134(4): 635-638.
83. Khouri RK.
Avoiding free flap failure.
Clin Plast Surg. Oct 1992; 19(4): 773-781.
84. Khouri RK, Cooley BC, Kunselman AR, Landis JR, Yeramian P, Ingram D, Natarajan N, Benes CO, Wallemark C.
A prospective study of microvascular free-flap surgery and outcome.
Plast Reconstr Surg. Sep 1998; 102(3): 711-721.
85. Kind GM, Buntic RF, Buncke GM, Cooper TM, Siko PP, Buncke HJ, Jr.
The effect of an implantable Doppler probe on the salvage of microvascular tissue transplants.
Plast Reconstr Surg. Apr 1998; 101(5): 1268-1273.
86. Kleinert HE, Kasdan ML.
Anastomosis of Digital Vessels.
J Ky Med Assoc. Feb 1965; 63: 106-108.

87. Kloner RA, Ganote CE, Jennings RB.
The "no-reflow" phenomenon after temporary coronary occlusion in the dog.
J Clin Invest. Dec 1974; 54(6): 1496-1508.
88. Klug C, Berzaczy D, Voracek M, Enislidis G, Rath T, Millesi W, Ewers R.
Experience with microvascular free flaps in preoperatively irradiated tissue of the oral cavity and oropharynx in 303 patients.
Oral Oncol. Aug 2005; 41(7): 738-746.
89. Koshima I, Soeda S.
Free posterior tibial perforator-based flaps.
Ann Plast Surg. Mar 1991; 26(3): 284-288.
90. Kroll SS, Rosenfield L.
Perforator-based flaps for low posterior midline defects.
Plast Reconstr Surg. Apr 1988; 81(4): 561-566.
91. Kroll SS, Schusterman MA, Reece GP, Miller MJ, Evans GR, Robb GL, Baldwin BJ.
Timing of pedicle thrombosis and flap loss after free-tissue transfer.
Plast Reconstr Surg. Dec 1996; 98(7): 1230-1233.
92. Kuek LB, Chuan TL.
The extended lateral arm flap: a new modification.
J Reconstr Microsurg. Jul 1991; 7(3): 167-173.
93. Levy R, Segal K, Hadar T, Shvero J, Abraham A.
Squamous cell carcinoma of the oral tongue.
Eur J Surg Oncol. Aug 1991; 17(4): 330-334.
94. Liss AG, Liss P.
Use of a modified oxygen microelectrode and laser-Doppler flowmetry to monitor changes in oxygen tension and microcirculation in a flap.
Plast Reconstr Surg. May 2000; 105(6): 2072-2078.
95. Lyons AJ.
Perforator flaps in head and neck surgery.
Int J Oral Maxillofac Surg. Mar 2006; 35(3): 199-207.
96. Maas AI, Fleckenstein W, de Jong DA, van Santbrink H.
Monitoring cerebral oxygenation: experimental studies and preliminary clinical results of continuous monitoring of cerebrospinal fluid and brain tissue oxygen tension.
Acta Neurochir Suppl (Wien). 1993; 59: 50-57.

97. Machens HG, Mailaender P, Reimer R, Pallua N, Lei Y, Berger A.
Postoperative blood flow monitoring after free-tissue transfer by means of the hydrogen clearance technique.
Plast Reconstr Surg. Feb 1997; 99(2): 493-505.
98. Machens HG, Mailaender P, Rieck B, Berger A.
Techniques of postoperative blood flow monitoring after free tissue transfer: an overview.
Microsurgery. 1994; 15(11): 778-786.
99. Machens HG, Mailander P, Kremer M, Reimer R, Berger A.
Techniken zur postoperativen Überwachung der Gewebedurchblutung nach freier mikrovaskulärer Gewebetransplantation.
Handchir Mikrochir Plast Chir. Mar 1999; 31(2): 107-112.
100. Mahoney JL, Lista FR.
Variations in flap blood flow and tissue PO₂: a new technique for monitoring flap viability.
Ann Plast Surg. Jan 1988; 20(1): 43-47.
101. Mailaender P, Machens HG, Waurick R, Rieck B, Berger A.
Routine monitoring in patients with free tissue transfer by laser-Doppler flowmetry.
Microsurgery. 1994; 15(3): 196-202.
102. Markkanen-Leppanen M, Suominen E, Lehtonen H, Asko-Seljavaara S.
Free flap reconstructions in the management of oral and pharyngeal cancer.
Acta Otolaryngol. Apr 2001; 121(3): 425-429.
103. Mashberg A, Boffetta P, Winkelman R, Garfinkel L.
Tobacco smoking, alcohol drinking, and cancer of the oral cavity and oropharynx among U.S. veterans.
Cancer. Aug 15 1993; 72(4): 1369-1375.
104. Matloub HS, Larson DL, Kuhn JC, Yousif NJ, Sanger JR.
Lateral arm free flap in oral cavity reconstruction: a functional evaluation.
Head Neck. May-Jun 1989; 11(3): 205-211.
105. May JW, Jr., Chait LA, O'Brien BM, Hurley JV.
The no-reflow phenomenon in experimental free flaps.
Plast Reconstr Surg. Feb 1978; 61(2): 256-267.
106. Morais-Besteiro J, Cernea CR, dos Santos LR, Brandao LG, Ferreira MC, Ferraz AR.
Microvascular flaps in head and neck reconstruction.
Head Neck. Jan-Feb 1990; 12(1): 21-30.

- 107.** Moreno-Lopez LA, Esparza-Gomez GC, Gonzalez-Navarro A, Cerero-Lapiedra R, Gonzalez-Hernandez MJ, Dominguez-Rojas V.
Risk of oral cancer associated with tobacco smoking, alcohol consumption and oral hygiene: a case-control study in Madrid, Spain.
Oral Oncol. Mar 2000; 36(2): 170-174.
- 108.** Mühlbauer W, Herndl E, Stock W.
The forearm flap.
Plast Reconstr Surg. Sep 1982; 70(3): 336-344.
- 109.** Mühlbauer W, Olbrisch RR, Herndl E, Stock W.
Die Behandlung der Halskontraktur nach Verbrennung mit dem freien Unterarmklappen.
Chirurg. Oct 1981; 52(10): 635-637.
- 110.** Nassif TM, Vidal L, Bovet JL, Baudet J.
The parascapular flap: a new cutaneous microsurgical free flap.
Plast Reconstr Surg. Apr 1982; 69(4): 591-600.
- 111.** Nocini PF, Wangerin K, Albanese M, Kretschmer W, Cortelazzi R.
Vertical distraction of a free vascularized fibula flap in a reconstructed hemimandible: case report.
J Craniomaxillofac Surg. Feb 2000; 28(1): 20-24.
- 112.** Numata T, Iida Y, Shiba K, Hanazawa T, Terada N, Nagata H, Konno A.
Usefulness of color Doppler sonography for assessing hemodynamics of free flaps for head and neck reconstruction.
Ann Plast Surg. Jun 2002; 48(6): 607-612.
- 113.** O'Brien CJ, Lee KK, Stern HS, Traynor SJ, Bron L, Tew PJ, Haghghi KS.
Evaluation of 250 free-flap reconstructions after resection of tumours of the head and neck.
Aust N Z J Surg. Oct 1998; 68(10): 698-701.
- 114.** Ozkan O, Ozgentas HE, Islamoglu K, Boztug N, Bigat Z, Dikici MB.
Experiences with microsurgical tissue transfers in elderly patients.
Microsurgery. 2005; 25(5): 390-395.
- 115.** Parkin DM, Pisani P, Ferlay J.
Estimates of the worldwide incidence of eighteen major cancers in 1985.
Int J Cancer. Jun 19 1993; 54(4): 594-606.
- 116.** Peek A, Exner K.
Gesichtsrekonstruktionen mit mikrochirurgischem Gewebstransfer.
Kongressbd Dtsch Ges Chir Kongr. 2001; 118: 535-539.

-
117. Pianim NA, Liu SY, Dubecz S, Jr., Klein SR, Bongard FS.
Tissue oxygenation in hypovolemic shock.
J Surg Res. Sep 1993; 55(3): 338-343.
118. Pickett JA, Thorniley MS, Carver N, Jones DP.
Free flap monitoring in plastic and reconstructive surgery.
Adv Exp Med Biol. 2003; 530: 717-724.
119. Platz H, Fries R, Hudec M.
Einführung in die "Prospektive DÖSAK-Studie über
Plattenepithelkarzinome der Lippen, der Mundhöhle und des
Oropharynx".
Dtsch Z Mund Kiefer Gesichtschir. Jul-Aug 1988; 12(4): 293-302.
120. Pribaz JJ, Orgill DP, Epstein MD, Sampson CE, Hergueter CA.
Anterolateral thigh free flap.
Ann Plast Surg. Jun 1995; 34(6): 585-592.
121. Quillen CG.
Latissimus dorsi myocutaneous flaps in head and neck reconstruction.
Plast Reconstr Surg. May 1979; 63(5): 664-670.
122. Raittinen L, Laranne J, Baer G, Pukander J.
How we do it: postoperative tissue oxygen monitoring in microvascular
free flaps.
Clin Otolaryngol. Jun 2005; 30(3): 276-278.
123. Reinert S.
The free revascularized lateral upper arm flap in maxillofacial
reconstruction following ablative tumour surgery.
J Craniomaxillofac Surg. Apr 2000; 28(2): 69-73.
124. Reuther J, Kübler NR.
Die Wiederherstellung des Unterkiefers.
Deutsches Ärzteblatt. 1999; 96: 739-746.
125. Richard HU, Hearn T, Yang J.
Bone graft harvest site as a determinant of iliac crest strength.
Clin. Orthop. Related Res. 1995; 310: 252-256.
126. Riediger D, Ehrenfeld M.
Mikrochirurgie.
In: Hausamen J-E, Machtens E, Reuther J: *Kirschnersche allgemeine
und spezielle Operationslehre, Bd. 2, Mundchirurgie, Kieferchirurgie und
Gesichtschirurgie*, 1995.
Springer, Berlin

- 127.** Riediger D, Schmelzle R.
Modifizierte Anwendung des myokutanen Latissimus dorsi-Lappens zur Defektdeckung im Mund-Kiefer-Gesichtsbereich.
Dtsch Z Mund Kiefer Gesichtschir. Sep-Oct 1986; 10(5): 364-374.
- 128.** Rinaldo A, Shaha AR, Wei WI, Silver CE, Ferlito A.
Microvascular free flaps: a major advance in head and neck reconstruction.
Acta Otolaryngol. Oct 2002; 122(7): 779-784.
- 129.** Rosenthal E, Carroll W, Dobbs M, Scott Magnuson J, Wax M, Peters G.
Simplifying head and neck microvascular reconstruction.
Head Neck. Nov 2004; 26(11): 930-936.
- 130.** Santamaria E, Wei FC, Chen HC.
Fibula osteoseptocutaneous flap for reconstruction of osteoradionecrosis of the mandible.
Plast Reconstr Surg. Apr 1998; 101(4): 921-929.
- 131.** Schön R, Gutwald R, Schramm A, Düker J, Gellrich NC, Schmelzeisen R.
Farbduplexsonographie zum Monitoring von vaskularisierten Fibulatransplantaten.
Mund Kiefer Gesichtschir. 2002; 6: 319-322.
- 132.** Schultze-Mosgau S, Steckeler S, Schliephake H, Neukam FW, Fleiner B.
Intra- and postoperative invasive PO₂ measurements on microvascular anastomosed osseous and myocutaneous flaps in comparison to regional flaps - prospective clinical study.
In: Kärcher H: *Functional Surgery of the Head and Neck*, 1995.
RM-Druck und Verlagsgesellschaft mbH, Graz
- 133.** Schultze-Mosgau S, Wiltfang J, Birklein F, Neukam FW.
Micro-lightguide spectrophotometry as an intraoral monitoring method in free vascular soft tissue flaps.
J Oral Maxillofac Surg. Mar 2003; 61(3): 292-297.
- 134.** Schusterman MA, Miller MJ, Reece GP, Kroll SS, Marchi M, Goepfert H.
A single center's experience with 308 free flaps for repair of head and neck cancer defects.
Plast Reconstr Surg. Mar 1994; 93(3): 472-478.
- 135.** Schwenzler N, Ehrenfeld M.
Plastische und wiederherstellende Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurgie.
In: Schwenzler N, Ehrenfeld M: *Zahn-Mund-Kiefer-Heilkunde: Lehrbuch zur Aus- und Weiterbildung, Bd. 2, Spezielle Chirurgie.* 3 ed, 2002.
Thieme, Stuttgart

- 136.** Shestak KC, Myers EN, Ramasastry SS, Johnson JT, Jones NF.
Microvascular free tissue transfer for reconstruction of head and neck cancer defects.
Oncology (Williston Park). May 1992; 6(5): 101-110.
- 137.** Shumacker HB, Lowenberg RJ.
Experimental studies in vascular repair.
Surgery. 1948; 24: 79-83.
- 138.** Simpson KH, Murphy PG, Hopkins PM, Batchelor AG.
Prediction of outcomes in 150 patients having microvascular free tissue transfers to the head and neck.
Br J Plast Surg. Jul 1996; 49(5): 267-273.
- 139.** Sinis N, Rennekampff H, Haerle M, Schaller H-E.
Free flap monitoring with continuous tissue oxygen tension measurement.
Eur J Plast Surg. 2006; 28: 507-512.
- 140.** Smit JM, Acosta R, Zeebregts CJ, Liss AG, Anniko M, Hartman EH.
Early reintervention of compromised free flaps improves success rate.
Microsurgery. 2007; 27(7): 612-616.
- 141.** Song R, Gao Y, Song Y, Yu Y, Song Y.
The forearm flap.
Clin Plast Surg. Jan 1982; 9(1): 21-26.
- 142.** Song YG, Chen GZ, Song YL.
The free thigh flap: a new free flap concept based on the septocutaneous artery.
Br J Plast Surg. Apr 1984; 37(2): 149-159.
- 143.** Soost F, Ivancevic V, Stoll C, Prochno T.
Die Dreiphasen - Knochenszintigraphie mikrochirurgisch angeschlossener Knochentransplantate als früher Vitalitätsnachweis.
Handchir Mikrochir Plast Chir. Jan 1999; 31(1): 42-46.
- 144.** Strauss JM, Neukam FW, Krohn S, Schmelzeisen R, Borchard F.
Postoperative Überwachung mikrovaskulärer Lappenplastiken mit der Pulsoximetrie- Erste Erfahrungen.
Handchir Mikrochir Plast Chir. Mar 1994; 26(2): 80-83.
- 145.** Suh JD, Sercarz JA, Abemayor E, Calcaterra TC, Rawnsley JD, Alam D, Blackwell KE.
Analysis of outcome and complications in 400 cases of microvascular head and neck reconstruction.

- 146.** Svensson H, Holmberg J, Svedman P.
Interpreting laser Doppler recordings from free flaps.
Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg. 1993; 27(2): 81-87.
- 147.** Swanson E, Boyd JB, Mulholland RS.
The radial forearm flap: a biomechanical study of the osteotomized radius.
Plast Reconstr Surg. Feb 1990; 85(2): 267-272.
- 148.** Tansini I.
Nuovo proscello par l'amputazione della mamella.
Riforma Medica. 1896; 12: 3.
- 149.** Taylor GI, Miller GD, Ham FJ.
The free vascularized bone graft. A clinical extension of microvascular techniques.
Plast Reconstr Surg. May 1975; 55(5): 533-544.
- 150.** Taylor GI, Townsend P, Corlett R.
Superiority of the deep circumflex iliac vessels as the supply for free groin flaps. Clinical work.
Plast Reconstr Surg. Dec 1979; 64(6): 745-759.
- 151.** Timmons MJ, Missotten FE, Poole MD, Davies DM.
Complications of radial forearm flap donor sites.
Br J Plast Surg. Apr 1986; 39(2): 176-178.
- 152.** Ueba Y, Fujikawa S.
Nine years follow up of a free vascularized fibular graft in neurofibromatosis - a case report and literature review.
Jap J Orthop Trauma Surg. 1983; 26: 595-600.
- 153.** Urken ML, Buchbinder D, Weinberg H, Vickery C, Sheiner A, Parker R, Schaefer J, Som P, Shapiro A, Lawson W, et al.
Functional evaluation following microvascular oromandibular reconstruction of the oral cancer patient: a comparative study of reconstructed and nonreconstructed patients.
Laryngoscope. Sep 1991; 101(9): 935-950.
- 154.** Urken ML, Vickery C, Weinberg H, Buchbinder D, Biller HF.
The internal oblique-iliac crest osseomyocutaneous microvascular free flap in head and neck reconstruction.
J Reconstr Microsurg. Jul 1989; 5(3): 203-214.

-
- 155.** Urken ML, Weinberg H, Buchbinder D, Moscoso JF, Lawson W, Catalano PJ, Biller HF.
Microvascular free flaps in head and neck reconstruction. Report of 200 cases and review of complications.
Arch Otolaryngol Head Neck Surg. Jun 1994; 120(6): 633-640.
- 156.** Urken ML, Weinberg H, Vickery C, Buchbinder D, Lawson W, Biller HF.
Oromandibular reconstruction using microvascular composite free flaps. Report of 71 cases and a new classification scheme for bony, soft-tissue, and neurologic defects.
Arch Otolaryngol Head Neck Surg. Jul 1991; 117(7): 733-744.
- 157.** Valadka AB, Gopinath SP, Contant CF, Uzura M, Robertson CS.
Relationship of brain tissue PO₂ to outcome after severe head injury.
Crit Care Med. Sep 1998; 26(9): 1576-1581.
- 158.** Valentini V, Agrillo A, Battisti A, Gennaro P, Calabrese L, Iannetti G.
Surgical planning in reconstruction of mandibular defect with fibula free flap: 15 patients.
J Craniofac Surg. Jul 2005; 16(4): 601-607.
- 159.** Varkey P, Tan NC, Girotto R, Tang WR, Liu YT, Chen HC.
A picture speaks a thousand words: the use of digital photography and the Internet as a cost-effective tool in monitoring free flaps.
Ann Plast Surg. Jan 2008; 60(1): 45-48.
- 160.** Wahlmann UW, Wagner W.
Rolle des Monitoring beim mikrovaskulären oder gefässgestielten Gewebetransfer.
Fortschr Kiefer Gesichtschir. 1990; 35: 34-36.
- 161.** Watkinson JC, Breach NM.
Free flaps in head and neck reconstructive surgery: a review of 77 cases.
Clin Otolaryngol Allied Sci. Aug 1991; 16(4): 350-353.
- 162.** Weber W. RJ, Mühling J., Ordnung R., Brillinger A.
Der Einfluß moderner Rekonstruktionsverfahren auf Radikalität und Überlebenszeit bei Mundhöhlenkarzinomen.
In: Schuchardt K: *Fortschritte der Mund-Kiefer-Gesichts-Chir.* Vol XXXVI, 1991.
Thieme, Stuttgart
- 163.** Wechselberger G, Rumer A, Schoeller T, Schwabegger A, Ninkovic M, Anderl H.
Free-flap monitoring with tissue-oxygen measurement.
J Reconstr Microsurg. Feb 1997; 13(2): 125-130.

- 164.** Wei FC, Jain V, Celik N, Chen HC, Chuang DC, Lin CH.
Have we found an ideal soft-tissue flap? An experience with 672 anterolateral thigh flaps.
Plast Reconstr Surg. Jun 2002; 109(7): 2219-2226.
- 165.** Wei FC, Jain V, Suominen S, Chen HC.
Confusion among perforator flaps: what is a true perforator flap?
Plast Reconstr Surg. Mar 2001; 107(3): 874-876.
- 166.** Wenig BL, Keller AJ.
Microvascular free flap reconstruction for head and neck defects.
Arch Otolaryngol Head Neck Surg. Sep 1989; 115(9): 1118-1120.
- 167.** Wolff KD, Kolberg A, Mansmann U.
Cutaneous hemoglobin oxygenation of different free flap donor sites.
Plast Reconstr Surg. Oct 1998; 102(5): 1537-1543.
- 168.** Yang G, Chen B, Gao Y, Liu J, Jiang S, He S.
Forearm free skin flap transplantation.
Nat Med J China. 1981; 61: 139-141.
- 169.** Yuen JC, Feng Z.
Monitoring free flaps using the laser Doppler flowmeter: five-year experience.
Plast Reconstr Surg. Jan 2000; 105(1): 55-61.
- 170.** Zuker RM, Manktelow RT, Palmer JA, Rosen IB.
Head and neck reconstruction following resection of carcinoma, using microvascular free flaps.
Surgery. Oct 1980; 88(4): 461-466.

7 Danksagung

Den folgenden Personen möchte ich meinen besten Dank aussprechen:

- Herrn Prof. Dr. Dr. J. Hoffmann für die Überlassung des Themas sowie für die Durchsicht der Arbeit.
- Herrn PD Dr. M. Eichner, Institut für medizinische Statistik und Dokumentation der Universität Tübingen, für die Beratung bei der statistischen Auswertung.
- Herrn Dr. Dr. Gülicher für seinen Rat und Unterstützung.
- Meiner Frau Ines für liebevollen moralischen Beistand sowie Geduld und Toleranz.

8 Lebenslauf

Name: Thomas Schaal
Geburtsdatum: 26. Oktober 1973
Geburtsort: Konstanz
Familienstand: Verheiratet, 2 Kinder
Ehefrau: Ines Vanessa Schaal,
Apothekerin
Eltern: Vater: Herbert Friedrich Schaal,
Postdirektor
Mutter: Dr. Franziska Schaal, geb. Gmeinwieser,
Diplom Verwaltungswissenschaftlerin

1984 - 1994 Hölderlingymnasium Nürtingen
1990/91 Austauschschüler Boulder City High School, Nevada, USA
1994 Abitur
1994 - 1996 18-monatiger "Anderer Dienst im Ausland" in Paris
mit Aktion Sühnezeichen/ Friedensdienste
1996 - 2002 Studium der Humanmedizin in Tübingen mit PJ in Tübingen und Genf
1997 - 2003 Studium der Zahnmedizin in Tübingen
14.10.2003 Zahnärztliche Prüfung
2000 USMLE Step 1
2003 Arzt im Praktikum in der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und
Gesichtschirurgie der Universitätsklinik Tübingen
10/2004 Assistenzarzt in der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und
Gesichtschirurgie der Universitätsklinik Tübingen,
ärztlicher Direktor: Prof. Dr. Dr. Siegm. Reinert
06/2005 Promotion zum Dr. med.
06/2007 Facharzt für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
ab 03/2008 Facharzt in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen, Abtl.
MKG-Chirurgie, Chefarzt Prof. Dr. Dr. Siegm. Reinert (Betriebsübergang)