

**Aus der Universitätsklinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohren-
heilkunde, Kopf- und Halschirurgie
des Universitätsklinikums Halle (Saale)
(Kommissarische Direktorin: PD Dr.med. Kerstin Neumann)**

**Untersuchungen zur Anwendung navigationsgestützter
Nasennebenhöhlenchirurgie an der Klinik für Hals-, Nasen- und
Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie des
Universitätsklinikums Halle (Saale) im Zeitraum
2003 - 2008**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Medizin (Dr. med.)

vorgelegt

der Medizinischen Fakultät
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

von Manuela Klíma
geboren am 22.03.1982 in Kadaň

Betreuer: Prof. Dr.med. Stephan Knipping
Gutachter: 1. Prof. Dr. med. Stefan Plontke
2. Prof. Dr. med. Karl-Ernst Dette
3. Prof. Dr. med. Dr. rer. nat. Horst Claassen

Eröffnung: 11.05.2010
Verteidigung: 16.12.2010

Referat

Die endonasale, optisch kontrollierte und an der Physiologie der Nasennebenhöhlen (NNH) orientierte Chirurgie gilt als Goldstandard für die operative Therapie der chronischen Rhinosinusitis (CRS). Die Nähe des interindividuell variierenden und partiell durch Voroperationen veränderten NNH-Systems zu lebenswichtigen Strukturen trieb in den letzten 20 Jahren die Entwicklung von intraoperativen Navigationssystemen voran. Computerassistierte Chirurgie soll die räumliche Orientierung in komplizierten Situationen erleichtern und die intraoperative Sicherheit erhöhen. Die vorliegende Untersuchung hat die Evaluierung der Erfahrungen mit der Anwendung eines optischen Navigationssystems (Stealth[®] Station TREON, Firma Medtronic) bei 89 endonasalen mikroskopisch-endoskopischen NNH-Operationen bei Patienten mit CRS an der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie des Universitätsklinikums Halle (Saale) in dem Zeitraum 12/2005-02/2008 zum Ziel. Zum Vergleich wurden die Daten von 104 endonasalen mikroskopisch-endoskopischen NNH-Eingriffen bei Patienten mit CRS vor der Implementierung des Navigationssystems zwischen 01/2003-06/2005 retrospektiv ausgewertet. Bei den navigationsgestützt-durchgeführten NNH-Eingriffen betrug die durchschnittliche OP-Dauer 112 min, bei NNH-Eingriffen ohne Navigation 90 min. Die durchschnittliche Registrierzeit lag bei 8,8 min. In 87,5% der Operationen mit Navigationsunterstützung wurde die intraoperative Genauigkeit mit ≤ 2 mm angegeben. In 62% der Fälle erfolgte eine komplikationslose Navigation. Die Major-Komplikationsrate bei navigationsgestützt-durchgeführten Eingriffen war mit 5,6% tendentiell niedriger zu eruieren als bei NNH-Operationen ohne Navigation mit 7,7%. Die Minor-Komplikationsraten sind annähernd gleich anzugeben. Die in dieser Untersuchung gewonnenen Erfahrungen mit der Anwendung eines Navigationssystems bestätigen eine zuverlässige Navigation und sind vergleichbar mit anderen Publikationen. Problematisch ist die fehlende Standardisierung der Vor- und Nachteile zum Vergleich verschiedener Navigationssysteme sowie das Fehlen von randomisierten multizentrischen Studien zur Erfassung der Effizienz und Sicherheit von Navigationssystemen. Navigationssysteme erleichtern Anfängern den Einstieg in die NNH-Chirurgie, stellen aber keinen Ersatz für einen operativen Lernprozess dar.

Klíma, Manuela: Untersuchungen zur Anwendung navigationsgestützter Nasennebenhöhlenchirurgie an der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie des Universitätsklinikums Halle (Saale) im Zeitraum 2003-2008.
Halle (Saale), Univ., Med. Fak., Diss., 74 Seiten, 2010

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. EINLEITUNG	1
1.1 DIE CHRONISCHE RHINOSINUSITIS	2
1.1.1 Epidemiologie	2
1.1.2 Formen der chronischen Rhinosinusitis	2
1.1.3 Klinik	3
1.1.4 Diagnostik	3
1.1.5 Histologie	3
1.1.6 Assoziierte Erkrankungen	3
1.1.7 Pathogenese	4
1.1.8 Therapie der chronischen Rhinosinusitis	5
1.1.9 Komplikationen der chronischen Rhinosinusitis	6
1.1.10 Differentialdiagnosen	6
1.2 ENDONASALE NASENNEBENHÖHLENSCHIRURGIE	6
1.3 NAVIGATIONSCHIRURGIE	9
1.3.1 Zur Historie der computerassistierten Chirurgie (CAS) in der HNO	9
1.3.2 Funktionsprinzip eines chirurgischen Navigationssystems	9
1.3.3 Das Navigationssystem Stealth Station [®] TREON	14
1.3.4 Indikationsgebiete für CAS-Systeme	19
1.4 Zielsetzung und Fragestellung	20
2. MATERIAL UND METHODE	21
2.1 Daten	21
2.2 Datenerfassung	22
2.3 Präoperative Untersuchungen und Vorbereitungen	22
2.4 Operation und postoperative Behandlung	23
2.5 Navigation	24
2.6 Datenauswertung	26
3. ERGEBNISSE	27
3.1 Daten	27
3.2 Alters- und Geschlechtsverteilung	27
3.3 Beteiligung der Nasennebenhöhlen bei chronisch-polypöser Rhinosinusitis	29
3.4 Art der Operation	31
3.5 Patienten mit Voroperationen im Bereich der Nasennebenhöhlen	32
3.6 Operateure	33
3.7 Operationsdauer	34
3.8 Komplikationen	36

3.9	Antibiotikagabe	41
3.10	Anwendung des Navigationssystems	41
3.11	Perioperativer Blutverlust	45
4.	DISKUSSION	47
5.	ZUSAMMENFASSUNG	62
6.	LITERATURVERZEICHNIS	64
7.	ANLAGENVERZEICHNIS	71
8.	THESEN	72
	CURRICULUM VITAE	
	SELBSTSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG UND	
	ERKLÄRUNG ÜBER FRÜHERE PROMOTIONS-	
	VERSUCHE	
	DANKSAGUNG	

Abkürzungsverzeichnis

CAS	Computerassisted surgery
CRS	Chronische Rhinosinusitis
CT	Computertomographie
FESS	Functional endoscopic sinus surgery
LED	Light emitting diode
MRT	Magnetresonanztomographie
NNH	Nasennebenhöhlen
OP	Operation

1. Einleitung

Die chronische Rhinosinusitis (CRS) ist eine entzündliche Erkrankung der Nasen- und Nasennebenhöhlenschleimhaut mit steigender Prävalenz. Sie ist bei Versagen der konservativen Therapie eine der Hauptindikationen für die endonasale mikroskopisch-endoskopische Nasennebenhöhlenchirurgie. Diese gilt als Therapie der Wahl bei der chronischen Rhinosinusitis und ist eine der am häufigsten durchgeführten Operationen in der HNO-Chirurgie (Leunig, 2006). Das Ziel minimal invasiver Eingriffe, zu denen ein endonasaler endoskopischer Eingriff zählt, ist der maximal therapeutische Effekt bei einem Minimum von iatrogenen Verletzungen (Cartellieri et al., 2001a). Definitionsgemäß zählen endonasale Stirnhöhlen-, Siebbein- und Keilbeinhöhlenoperationen zu den schädelbasischirurgischen Eingriffen (Schick et al., 2004). Diese Eingriffe sind durch die hohe Komplexität der anatomischen Strukturen in diesem Bereich immer wieder eine Herausforderung für den Chirurgen. Durch den schmalen endoskopischen Zugangsweg sowie das eingeengte Blickfeld können Veränderungen des Situs durch Tumoren, Anomalien oder Voroperationen unübersichtliche Situationen herbeiführen. Solche Veränderungen erhöhen die Gefahr von ernsthaften orbitalen und cerebralen Komplikationen (Heermann et al., 2000; Cartellieri et al., 2001a).

Die bildgebenden Verfahren Computertomographie (CT) und Magnetresonanztomographie (MRT) bieten dabei eine kaum zu überschätzende zweidimensionale Orientierungshilfe. Die Erstellung eines dreidimensionalen Modells und dessen Deutung hängt von der Erfahrung und vom räumlichen Vorstellungsvermögen des Chirurgen ab. Der Einsatz von Navigationssystemen in der Nasennebenhöhlenchirurgie stellt eine Orientierungshilfe für den Operierenden dar und bietet die Möglichkeit, die intraoperative Position potentiell gefährlicher anatomischer Strukturen mit Hilfe präoperativ erhobener Bilddaten (CT, MRT) in allen 3 Raumebenen zu sehen (Vorbeck et al., 2000). Die erste beschriebene computergestützte Operation im Nasennebenhöhlenbereich wurde 1986 an der Universität Aachen von Schlöndorff vorgestellt und mit Hilfe eines passiven Roboterarmes durchgeführt (Uddin et al., 2003). Es folgten Entwicklungen von auf verschiedenen Technologien basierenden Navigationssystemen. Dabei haben sich vor allem optische und magnetische Positionserfassungssysteme durchgesetzt.

Computerassistierte Chirurgie (CAS) spielt durch ihre weltweite Verfügbarkeit eine wichtige Rolle in der endonasalen endoskopischen Nasennebenhöhlenchirurgie (Tabee

et al., 2003). Navigationsgestützte Chirurgie hat zum Ziel, die Sicherheit und den therapeutischen Nutzen einer Nasennebenhöhlenoperation zu erhöhen (Metson et al., 1998).

1.1 Die chronische Rhinosinusitis

Die chronische Rhinosinusitis ist ein entzündlicher Prozess der Mucosa einer oder mehrerer Nasennebenhöhlen sowie der Nasenhaupthöhle. Der Begriff Rhinosinusitis wird durch das häufige gemeinsame Auftreten der Rhinitis und Sinusitis gerechtfertigt (Gosepath und Mann, 2005).

Eine verbreitete Anwendung findet die folgende Definition von Benninger. Dabei sind folgende Symptome für eine chronische Rhinosinusitis kennzeichnend: Rhinorrhoe, postnasale Sekretion, nasale Obstruktion, Schleimhautödem, Erythem des Meatus medialis und Polyposis nasi. Diese Symptome müssen über 12 Wochen persistieren. Entsprechende Veränderungen im CT/ MRT-Scan müssen nachweisbar sein (Benninger et al., 2003).

1.1.1 Epidemiologie

Die Prävalenz der chronischen Rhinosinusitis in der europäischen Gesamtbevölkerung wird auf 5-12 % geschätzt, ist jedoch sowohl aufgrund der geringen Anzahl zuverlässiger, epidemiologischer Studien als auch wegen der uneinheitlichen Definition und Terminologie des Krankheitsbildes unklar (Bateman et al., 2003). Nach den Angaben von IMS Health Frankfurt wurde die Diagnose chronische Rhinosinusitis 2,6 Mio. mal in dem Zeitraum 7/2000-6/2001 in Deutschland gestellt (Bachert et al., 2003). Sie zählt somit zu einer Erkrankung mit einer hohen und wahrscheinlich steigenden Prävalenz. Das daraus entstehende sozio-ökonomische Problem ist erheblich (Bachert et al., 2003).

1.1.2 Formen der chronischen Rhinosinusitis

Die chronische Rhinosinusitis wird in eine polypöse (CRSwNP) und in eine nicht-polypöse Form (CRSSNP) eingeteilt. Polypen imponieren als grau-glasige, gestielte Schleimhauthyperplasien überwiegend im Siebbeinbereich, im mittleren Nasengang und der mittleren Muschel. Die Schleimhaut des unteren Nasenganges neigt nicht zur Poly-

penbildung (Bachert et al., 2003). Nach Bhattacharyya (2007) können 25-30 % aller chronischen Rhinosinuitiden der polypösen Form zugeordnet werden.

1.1.3 Klinik

Die Klinik der chronischen Rhinosinusitis ist weniger stark ausgeprägt als bei der akuten Rhinosinusitis und äußert sich am häufigsten in absteigender Reihenfolge durch: nasale Atmungsbehinderung, postnasale Sekretion, Druckgefühl im Gesichtsbereich, Gesichtsschmerz, Cephalgien sowie Hyposmie bis Anosmie (Ling und Kountakis, 2007). Die in der Computertomographie festgestellte Schwere der Rhinosinusitis korreliert nicht mit dem klinischen Ausmaß der Symptomatik (Bachert et al., 2003).

1.1.4 Diagnostik

Mit Hilfe der Kombination aus einer gründlichen Patientenanamnese, dem klinischen Bild, der Nasenendoskopie und der Computertomographie wird die Diagnose chronische Rhinosinusitis gestellt. Dabei ist das CT-Bild der früheren konventionellen Röntgenaufnahme weit überlegen und unverzichtbar für die präoperative Beurteilung von knöchernen Strukturen und der Krankheitsausdehnung. Zur Abklärung von rezidivierenden chronischen Rhinosinuitiden können eine Allergietestung, Prüfung auf Analgetika-Intoleranz, Biopsien sowie zytologische und serologische Untersuchungen erforderlich sein.

1.1.5 Histologie

Histologisch können Polypen grob nach der Art der vorherrschenden Granulozyten in eosinophil-dominierende Polypen (65-90%) und neutrophil-dominierende Polypen (15-20%) unterteilt werden (Bachert et al., 2003).

1.1.6 Assoziierte Erkrankungen

Eine Vielzahl von Studien belegt eine positive Korrelation zwischen der chronischen Rhinosinusitis und verschiedenen zugrunde liegenden Erkrankungen. Die Prävalenz der CRS wird bei Asthmatikern zwischen 10-15% angegeben (Gosepath und Mann, 2005).

Die Häufigkeit der allergischen Rhinitis bei Erwachsenen mit CRS ohne Polypenbildung wird mit 40-80% angeführt. Es besteht jedoch kein Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Allergien und der polypösen Form der chronischen Rhinosinusitis (Bachert et al., 2003). Der Symptomkomplex aus Analgetika-Intoleranz, Polyposis nasi und Asthma bronchiale wird als Samter-Trias oder Morbus Widal bezeichnet. Die Inzidenz von Polyposis nasi et sinuum bei Patienten mit Analgetika-Intoleranz sowie Asthma bronchiale wird zwischen 36-95% beziffert (Bateman et al., 2003). Weitere gesicherte, assoziierte Erkrankungen sind die zystische Fibrose, Morbus Wegener, das Churg-Strauss-Syndrom und das Kartagener-Syndrom (Bachert et al., 2003).

1.1.7 Pathogenese

Stammberger postulierte im Jahr 1985, dass alle chronischen Sinusitiden rhinogen entstehen (Stammberger, 1985). Ausgangspunkte sind die Engstellen des vorderen Siebbeins, zu welchem auch das Infundibulum ethmoidale und der Rezessus frontalis gezählt werden sowie auch die Ostien des Sinus maxillaris, der Hiatus semilunaris und der mittlere Nasengang. Zusammen bilden diese Engstellen eine funktionelle Einheit: den ostiomeatalen Komplex (Bachert et al., 2003). Dabei wirken anatomische Variationen und pathologische Veränderungen dieses Komplexes begünstigend auf die Persistenz von Entzündungsherden. Das vordere Siebbein spielt hierbei eine Schlüsselrolle. Die Kieferhöhle und Stirnhöhle sind dem Siebbein nachgeordnet und werden über dieses ventiliert und drainiert (Stammberger, 1985). Bei Verengung der ostiomeatalen Einheit, beispielsweise durch eine entzündliche Schwellung der Schleimhaut, kommt es zu einer Störung der Sekret drainage in den nachgeschalteten Nasennebenhöhlen. Das führt zu einer veränderten Sekretzusammensetzung und Veränderung des pH-Wertes. Dies hat eine Störung der mukoziliären Clearance zur Folge, es kommt zu einer exsudativen oder produktiven Entzündung der Schleimhaut (Hörmann und Riedel, 1998). Gestörte Regulationsmechanismen der Entzündung und die Produktion verschiedener Zytokine scheinen eine zentrale Bedeutung bei der Genese der chronischen Rhinosinusitis zu haben. Die Rolle von strukturellen Varianten der lateralen Nasenwand und des Nasenseptums wird kontrovers diskutiert (Bachert et al., 2003).

Ein weiterer unklarer Faktor in der Pathogenese der chronischen Rhinosinusitis ist der Einfluss von viralen, bakteriellen und mykotischen Infektionen. Bei der Superantigen-Hypothese wird beispielsweise angenommen, dass Staphylokokken-Enterotoxine die

Entstehung des charakteristischen lymphozytären und eosinophilen Schleimhautinfiltrates bei der polypösen Form der CRS (CRSwNP) triggern. Sie besitzen die Eigenschaft von Superantigenen und können durch die direkte Bindung an T-Lymphozyten eine massive Immunantwort verursachen. Diese äußert sich in einer polyklonalen lokalen IgE-Bildung gegen Staphylokokkus-aureus-Enterotoxine (SAE), welche zu einer schweren eosinophilen Entzündung führen kann. Hierbei scheinen die Mediatoren Interleukin-5 und Eotaxin eine entscheidende Rolle einzunehmen (Bachert et al., 2002). In der Studie von Seiberling et al. (2005) wurde bei 14 von 29 Patienten mit bilateraler Polyposis nasi mindestens ein Staphylokokkus-Exotoxin im entfernten Schleimhautgewebe detektiert. Die am häufigsten vorgefundenen Exotoxine waren das Staphylokokkus-Exotoxin B (SEB) und das toxic shock syndrome toxin type 1 (TSST-1). Durch das relativ ubiquitäre Vorkommen vom Staphylokokkus aureus wird jedoch schnell klar, dass nur ein Bruchteil der Exponierten eine polypöse CRS entwickeln wird. Es müssen andere wichtige Einflussfaktoren wie der genetische Hintergrund und Umweltfaktoren berücksichtigt werden (Seiberling et al., 2005).

Andere Autoren schreiben Pilzantigenen eine zentrale Rolle zu. Hierbei kommt es zu einer IgE-vermittelten (allergischen) oder nicht-IgE-vermittelten (nicht-allergischen) entzündlichen Reaktion auf Pilzantigene. Auf dieser Grundlage kann die CRS in eine allergische Pilzsinusitis (allergic fungal sinusitis = AFS) oder in eine nicht-allergische eosinophile Pilzsinusitis (nonallergic fungal eosinophilic chronic rhinosinusitis = NAF-ECRS) subklassifiziert werden. Bestimmte Pilzantigene sollen dabei eine Degranulation von zytotoxischen Proteinen der eosinophilen Granulozyten bewirken. Insgesamt konnten in einer Studie 41 Pilzspezies bei Patienten mit CRS identifiziert werden (Ponikau et al., 1999). Da aber auch bei dieser Hypothese Widersprüche bestehen, bleibt auch sie umstritten (Berrylin, 2004).

1.1.8 Therapie der chronischen Rhinosinusitis

Die Behandlung der chronischen Rhinosinusitis erfolgt zunächst konservativ. Erst beim Versagen einer medikamentösen Therapie wird eine operative Therapie erwogen. Als Medikamente werden topische und systemische Kortikosteroide als auch Antibiotika und Antimykotika verwendet. Letztere haben bei topischer Anwendung einen negativen Effekt auf die mukoziliäre Clearance. Ein positiver Effekt einer systemischen Antibiotikagabe konnte nicht festgestellt werden (Gosepath und Mann, 2005). Der starke anti-

inflammatorische Effekt von topischen Steroiden wird für die Therapie, zur Vermeidung eines operativen Eingriffes sowie für die postoperative Rezidivprophylaxe (mit einer Dauer von ca. 6-12 Monaten) genutzt. Systemische Glukokortikoide können zeitweise zur Symptomverbesserung, zum Hinauszögern einer Operation und zur Verbesserung der Operationsbedingungen gegeben werden (Bachert et al., 2003).

1.1.9 Komplikationen der chronischen Rhinosinuitis

Als Komplikationen der Sinusitis können auftreten:

- Entstehung von Muko- und Pyozelen durch vollständige Verlegung eines NNH-Ostiums, am häufigsten die Stirnhöhle betreffend
- Orbitale Komplikationen (Periostitis, Orbitaphlegmone- und abszesse usw.)
- Endokranielle Komplikationen (Meningitis, Epiduralemphyem, Sinus cavernosus Thrombose usw.)
- Osteomyelitis der flachen Schädelknochen

1.1.10 Differentialdiagnosen

Differentialdiagnostisch sind eine Sinusitis anderen Ursprungs (z.B. dentogen), Pseudotumoren als auch benigne und maligne Tumoren zu erwägen. Als Pseudotumoren sind Zysten, welche häufig in den Kieferhöhlen anzutreffen sind, zu nennen. Benigne Raumforderungen der Nasennebenhöhlen sind Osteome, ossifizierende Fibrome, Chondrome, Granulome bei Morbus Boeck und andere. Durch ihre Neigung zur Malignität nehmen invertierte Papillome eine Sonderstellung ein. Als maligne Tumoren sind am häufigsten Plattenepithelkarzinome, Adenokarzinome und adenoidzystische Karzinome anzutreffen.

1.2 Endonasale Nasennebenhöhlenchirurgie

Führt die medikamentöse anti-entzündliche Therapie zu keiner oder keiner dauerhaften Beschwerdeminderung, ist die Therapie der Wahl die endonasale Nasennebenhöhlenoperation. Diese hat zum Ziel, die physiologische Belüftung und Drainage der Nasennebenhöhlen wiederherzustellen, indem die als pathophysiologisch bedeutsam angesehenen Engstellen im Siebbeinbereich beziehungsweise im Rezessus frontalis erweitert

werden. Deshalb wird die endonasale Nasennebenhöhlenchirurgie auch als Engstellenchirurgie bezeichnet (Stammberger, 1985; Weber et al., 1996).

Die endonasale Nasennebenhöhlenchirurgie nahm mit den anatomischen Vorarbeiten von Zuckerkandl (1882) bzw. von Hajek, Halle, Kilian und Siebemann zu Beginn des 20. Jahrhunderts ihren entscheidenden Anfang. Sie geriet jedoch wegen hoher Komplikationsraten aufgrund bescheidener operativer Hilfsmittel in den Hintergrund (Simmen, 2000). Transfaziale und transorale, überwiegend auf radikale Schleimhautausräumung abzielende Operationen an Kieferhöhle, Stirnhöhle und den Siebbeinzellen zum Beispiel nach Caldwell-Luc wurden in dieser Zeit etabliert (Wigand, 1981).

Die Wiederentdeckung der endonasalen Technik in den siebziger und achtziger Jahren ist der Einführung lichtstarker Bildleiter und optischer Systeme wie dem Endoskop und Mikroskop zu verdanken. Im Jahr 1957 demonstrierte Hans Heermann die Verwendung des binocularen Operationsmikroskopes von Zeiss bei einer Ethmoidektomie. In den folgenden Jahren fand das mikroskopische Operieren in der gesamten endonasalen NNH-Chirurgie Verbreitung (Stamm und Draf, 2000).

Die moderne endonasale, endoskopisch gestützte Nasennebenhöhlenchirurgie wurde durch Messerklinger begründet und von Terrier, später Stammberger und Kennedy als auch Wigand und Hosemann weiterentwickelt (Maran, 1994; Simmen, 2000). Diese Operationstechnik ist mittlerweile weltweit verbreitet und gehört zu den am häufigsten durchgeführten HNO-Operationen (Luxenberger et al., 1999). Durch den Einsatz von Nasenendoskopen mit unterschiedlichen Blickwinkeln (Hopkins-Optiken) sind pathologische Veränderungen auch in Ausbuchtungen der Stirn- und Kieferhöhle einsehbar. Mikroskope ermöglichen eine stereoskopische Sicht im Operationsfeld. Das Verwenden von selbsthaltenden Speculae ermöglicht bimanuelles Arbeiten. Die Kombination der mikroskopisch-endoskopischen Technik ist in vielen Zentren Standard (Gosepath und Mann, 2005). Dabei können Mikroskope und Endoskope mit Video-Systemen verbunden werden und so der Photodokumentation dienen. Weiterentwickelte Instrumente, Bohrer und Shaversysteme (so genannte „powered instruments“) erleichtern zusätzlich die mikrochirurgische Arbeit (Simmen, 2000).

Heute wird die funktionelle, schleimhautschonende Operationsmethode (FESS: „functional endoscopic sinus surgery“) favorisiert. Diese beinhaltet die Darstellung der erkrankten Mucosa und die individuell angepasste Entfernung pathologischer Veränderungen in dem Ausmaß, wie es eine Wiederherstellung der Ventilation und Drainage

erfordert. Ziel ist es, so gewebeschonend wie möglich zu operieren und die Wundheilung dadurch zu beschleunigen (Gosepath und Mann, 2005).

Bei Pansinusoperationen bzw. kompletten Ethmoidektomien mit Eröffnung der Stirn-, Kiefer-, und Keilbeinhöhle unterscheidet man grundsätzlich zwei operative Vorgehensweisen:

1. Anteroposteriore Freilegung des Siebbeins
2. Retrograde posteroanteriore Freilegung des Siebbeins

Bei der anteroposterioren Vorgehensweise erfolgt der Einstieg zunächst über das Infundibulum (nach Stammberger und Messerklinger) oder transbullär (nach Halle). Dann erfolgt über die vorderen Siebbeinzellen in anterodorsaler Richtung die Eröffnung der hinteren Siebbeinzellen. Eine andere Vorgehensweise wurde 1975 an der Erlanger Klinik durch Wigand entwickelt: es erfolgt eine retrograde Eröffnung des Siebbeins mit Beginn von dorsal. Hier werden die Siebbeinzellen in posteroanterioren Arbeitsrichtung von dorsal nach ventral entlang der Schädelbasis präpariert (Wigand, 1989).

Die Wiederherstellung der Kommunikation der Nasennebenhöhlen mit der Nasenhaupthöhle wird häufig durch flankierende Maßnahmen (Septumplastik, Conchotomie) unterstützt (Wigand, 1981). Die Teilresektion der mittleren Muschel kann den Zugangsweg zum Siebbeindach und der Schädelbasis erleichtern. Sie ist jedoch keine allgemein akzeptierte Vorgehensweise. Durch eine supratorbinale Fensterung erfolgt der Zugang zur Kieferhöhle.

Bei endonasalen Eingriffen können aufgrund der unmittelbaren Nachbarschaft zu vulnerablen Strukturen wie dem Sehapparat und endokraniellen Strukturen orbito-okuläre (Nervus opticus-Läsion, Augenmuskerverletzung, Retrobulbärhämatom), vaskuläre (Verletzung der Arteria carotis interna) und enzephalomeningeale (Duraläsion, intrakranielle Verletzung) Komplikationen bis hin zum Tod auftreten. Begünstigend wirken anatomische Variationen, das Fehlen anatomischer Landmarken bei Revisionsoperationen und eine schlechte Sicht aufgrund verstärkter intraoperativer Blutungen (Gosepath und Mann, 2005). Die Angaben zu Komplikationsraten nach endonasaler Nasennebenhöhlenchirurgie schwanken je nach Literaturstelle zwischen 0,5% und 3% (Bernal-Sprekelsen et al., 2004).

Chronisch-entzündliche Nasennebenhöhlenerkrankungen stellen eine relative Operationsindikation dar, während bei akuten orbitalen, endokraniellen oder septischen Kom-

plikationen sowie bei Verdacht auf eine maligne Raumforderung die Indikation zur Operation besteht (Gosepath und Mann, 2005).

Der endonasale Zugangsweg wird auch für Operationen bei Tränenwegsstenosen, verschiedenen Orbitaerkrankungen, frontobasalen Liquorfisteln und Neoplasien im Nasennebenhöhlenbereich genutzt (Schick et al., 2004).

1.3 Navigationschirurgie

1.3.1 Zur Historie der computerassistierten Chirurgie (CAS) in der HNO

In den letzten Jahrzehnten war die Nasennebenhöhlenchirurgie großen Veränderungen unterworfen. Die Einführung von endoskopischen und mikroskopischen Operationen im Bereich der Nasennebenhöhlen Anfang der 80-er Jahre führte zunächst zu einem Anstieg der Komplikationsrate. Dieser Umstand förderte sowohl die Entwicklung von Navigationssystemen als zusätzliche Orientierungshilfe in schwierigen und unübersichtlichen Operationsfeldern als auch die Entwicklung neuer Operationsinstrumente (Sedlmeier, 2001; Grevers et al., 2002).

Eine bedeutsame Grundlage bildeten hierfür die Fortschritte in den Bereichen der Bildgebung (Spiral-Computertomographie, 3D-Magnetresonanztomographie, Magnetresonanztomographie) und der Rechnertechnologien in den letzten 20 Jahren. Die Entwicklung computergestützter Navigationssysteme begann fast zeitgleich 1986 durch die Arbeitsgruppen um Schlöndorff in Aachen, Watanabe in Japan, Reinhardt in Basel und Kelly in den USA (Gunkel et al., 2000). Bei der ersten navigationsgestützten Operation im HNO-Bereich wurde ein durch die Aachener Gruppe konstruierter positionsempfindlicher Roboterarm verwendet. Es folgten Entwicklungen optischer und elektromagnetischer Positionserfassungssysteme, welche zuerst in der Neurochirurgie Anwendung fanden (Klimek und Mösges, 1998; Metson et al., 2000).

1.3.2 Funktionsprinzip eines chirurgischen Navigationssystems

Chirurgische Navigationssysteme (CAS = Computerassisted Surgery) stellen eine Verbindung zwischen präoperativer Bildgebung (z.B. Computertomographie, Magnetresonanztomographie) und dem Operationssitus her, so dass der Operateur die aktuelle Posi-

tion seines Instrumentariums in Bezug zur Patientenanatomie bestimmen kann (Grevers et al., 2002).

Präoperativ gewonnene Bilddaten müssen unter standardisierten Bedingungen erzeugt werden, um in einem dreidimensionalen Modell verarbeitet zu werden. Von der Qualität der Bilddaten hängt im entscheidenden Ausmaß die intraoperative Genauigkeit der 3D-Navigationssysteme ab.

Neben der konsistenten Durchführung und bewegungsfreien Patientenlagerung spielen dabei die Schichtdicke der verwendeten CT/MRT-Bilder und auch die Vollständigkeit des abgebildeten, anatomisch relevanten Gebietes eine wesentliche Rolle (Gunkel et al., 2000).

Die Übertragung des Bilddatensatzes erfolgt über eine optische Platte, compact disc (CD), Ethernet, digital audio tape (DAT), floppy disc, Krankenhausinformationssysteme oder picture archiving and communication systems (PACS) (Gunkel et al., 2000). Die aktuelle Position der Spitze des Messinstrumentes wird als Fadenkreuz in der ausgewählten Schnittebene angezeigt und ist der gemeinsame Schnittpunkt der drei Ebenen (axial, sagittal und koronar).

Um eine Verbindung zwischen dem generierten 3D-Modell und der realen Patientenanatomie herzustellen, müssen diese korreliert werden. Dieser Vorgang wird als **Registrierung oder Matching** bezeichnet und kann verschiedenartig durchgeführt werden (Klimek und Mösges, 1998).

Dabei werden zunächst Referenzpunkte (Marker) invasiv oder nichtinvasiv im darzustellenden Operationsgebiet befestigt. Anhand der Lage dieser wird eine Abbildungsvorschrift Patient-3D-Modell erzeugt (Klimek und Mösges, 1998). In der Neurochirurgie finden invasive (= knochen-verankerte) Marker, die an ihrem Ende CT- oder MRT-taugliche Komponenten tragen, häufige Anwendung (Gunkel et al., 2000). Eine andere Art der Referenzierung bei großen Eingriffen im Bereich der Fronto- und Laterobasis wird durch die Verwendung eines stereotaktischen Rahmens oder einer Mayfield-Klemme realisiert (Klimek und Mösges, 1998).

Für Eingriffe im HNO-Bereich wurden wegen der nicht akzeptablen Invasivität dieser Registrierungsarten andere Verfahren entwickelt. Nichtinvasive, aufklebbare MRT-kompatible oder metallische Marker werden vor der Bildgebung unregelmäßig im darzustellenden Gebiet verteilt. Jedoch ist die Anwendbarkeit solcher Klebmarker, auch Fiducials genannt, durch die Hautverschieblichkeit, den Hautturgor und die Lagerung

des Patienten während der Bildgebung bzw. der Operation begrenzt. Eine andere Form nicht-invasiver Markierung stellt ein mit CT- oder MRT-Markern bestückter Oberkieferabdruck dar, der mit einer Kopfschale verbunden ist und mit hydraulischen Armen den Patientenkopf fixiert (Vogele-Bale-Hohner-Kopflagerung).

Eine weitere Möglichkeit der Registrierung ohne vorherige Anbringung von Markern bei der präoperativen Bildgebung kann über anatomische Landmarken (Nasion, Tragus, Spina nasalis anterior, Sutura frontozygomata) oder die Oberfläche des Patientengesichtes (Oberflächenregistrierung) durchgeführt werden (Gunkel et al., 2000).

Wie oben bereits erwähnt werden beim Matching identische Punkte am Patienten und im Bilddatensatz des Patienten zur Übereinstimmung (Deckung) gebracht. Diese Deckung muss während der gesamten Operationszeit bestehen bleiben. Mathematisch betrachtet wird eine Festkörpertransformation durchgeführt („rigid body“ Transformation). Dabei werden 3-4 Punkte am Patienten „angefahren“, die Koordinaten gemessen und mit den entsprechenden Punkten im 3D-Modell korreliert. Viele Navigationssysteme berechnen dann, wie gut diese Näherung durchgeführt wurde. Dies wird als RMS-Wert (root-mean-square error) angezeigt und entspricht der Wurzel aus dem mittleren Fehlerquadrat. Der RMS-Wert sagt etwas darüber aus, wie gut die gemessenen Koordinaten mit den tatsächlichen Punkten übereinstimmen. Er stellt somit ein Gütesiegel für die Registrierung dar (Keerl et al., 1999). Jedoch gibt der RMS-Wert keine Auskunft über die klinische Genauigkeit des Systems (Gunkel et al., 2000). Zur Beurteilung der operativen Systemgenauigkeit hat sich bis heute kein objektives Messverfahren in der Klinik durchsetzen können. Deshalb wird häufig die intraoperative Systemabweichung durch Identifizierung anatomischer Strukturen insbesondere der Rhinobasis, des Philtrums, der Lamina papyracea und des Rezessus frontalis als Differenz zwischen der Pointerspitze und der anatomischen Struktur vom Operateur geschätzt (Keerl et al., 1999).

Die genannten Registrierungsverfahren können mit folgenden **physikalischen Messtechniken** umgesetzt werden: Ultraschall, elektromechanisch, elektromagnetisch, optisch oder mit Robotertechnik.

a) Ultraschallbasierte Messtechnik :

Das Aussenden von Ultraschallsignalen aus mehreren konstant angeordneten Schallgebern und das Vermessen der Laufzeiten der Signale mit mehreren Mikrofonen

kennzeichnet das sonare Positionserfassungssystem. Jedoch ist es sehr empfindlich gegenüber Umwelteinflüssen (Temperatur, Druck, Luftfeuchtigkeit) sowie Störgeräuschen und Echos, so dass dieses Verfahren nicht mehr angewandt wird (Klimek und Mösges, 1998; Gunkel et al., 2000).

b) Elektromechanische Messtechnik:

Dieses Messprinzip beruht auf einem mehrgelenkigen Messarm, an welchem eine Sonde befestigt ist, deren Position durch die Übertragung von Winkelstellungen der einzelnen Drehgelenke bei bekannter Armgeometrie vom Computer errechnet wird. Das weltweit erstmalig in der HNO-Chirurgie angewandte CAS-System mit elektromechanischer Messtechnik war ein passiver Roboterarm („Perceptorarm“, Micro Controll Systems, USA), welcher in Zusammenarbeit des Lehrstuhls für Messtechnik und der Abteilung für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde der RWTH-Aachen in den Jahren 1986 und 1987 entwickelt wurde (Schlöndorff et al., 1989). Zu Beginn der Vermarktung von Navigationssystemen wurden elektromechanische Systeme zahlreich verkauft (v.a. Viewing Wand[®], ISG Technologies, Kanada), jedoch wurden sie aufgrund des starren Roboterarmes zunehmend durch optische Techniken ersetzt (Klimek und Mösges, 1998; Gunkel et al., 2000).

c) Elektromagnetische Messtechnik:

Bei dieser Technologie der Koordinatenerfassung wird mit niederfrequenten Strömen ein Magnetfeld erzeugt und mit passiven Spulen dessen Stärke, Orientierung und zeitliche Charakteristik sowie deren Änderung durch ferromagnetische Rückwirkung der Messsonde vermessen, um Positionsdaten zu gewinnen. Magnetisierbare Objekte im Operationsgebiet (Kopfteil des Operationstisches, Instrumente) können hierbei zu Einschränkungen der Positionserfassung führen. Durch weitere Entwicklungen wurde ein System kommerzialisiert (InstaTrak[®]-System, VTI, USA), das metallinduzierte Magnetfeldstörungen durch Verwendung sequentiell aktivierter Spulen behebt, indem es Störeinflüsse herausrechnet. Zusätzlich wurde durch die Einführung von Instrumenten aus Titan und 300er Stahllegierungen die Anzahl der Störungen reduziert (Klimek und Mösges, 1998; Gunkel et al., 2000; Ecke et al., 2002).

d) Optische Messtechnik:

Das optische Positionsmessverfahren wurde 1991 von Mösges et al. erstmalig vorgestellt und beruht auf einem Kamerasystem, welches Infrarotlicht emittierende oder reflektierende Dioden lokalisiert (Klimek und Mösges, 1998). Anhand der bekannten Lagekoordinaten der Kameras und Leuchtdioden sowie Abmessungen der Messsonde kann die relative Lage der Messsonde zum Patienten berechnet werden. Optische Systeme können aktiv oder passiv eingesetzt werden. Ein aktives System nutzt die Anwendung von LED (= light emitting diodes) –markierten Sonden oder Instrumenten, deren Infrarotlicht mit Kameras detektiert wird. Dabei ist die Position der LED's zueinander bekannt, woraus ihre Lage und Orientierung im Raum bestimmt werden kann. Bei passiven optischen Messtechniken wird infrarotes Licht aus Sendern, die in der Nähe der detektierenden Kamera(s) eingebaut sind, emittiert und von speziellen geometrisch angeordneten Kugeln, welche auf Sonden oder Instrumenten befestigt sind, reflektiert. Diese Reflexion wird, analog den aktiven Systemen, gemessen und zur Positionsberechnung ausgewertet. Es existieren 2- oder 3- Kamerasysteme, die die Lage einer Leuchtdiode bzw. eines Lichtreflexes im Raum bestimmen. Verwendete LED's können unterschiedliche Emissionsmuster haben, so dass gleichzeitig verschieden markierte Instrumente in Gebrauch sein können (Klimek und Mösges, 1998; Gunkel et al., 2000). Wichtig bei Infrarotsystemen ist der uneingeschränkte Sichtkontakt der Kamera zum Instrument, da es sonst zu Einschränkungen bzw. Abbruch der Positionsbestimmung kommt (Ecke et al., 2002). Veränderungen des Abstandes zwischen den reflektierenden Kugeln und der Geometrie des Instrumentes durch Sterilisationsvorgänge können zu Problemen führen (Keerl et al., 1999). Optische Positionserfassungssysteme haben sich weitgehend bei den kommerziell erhältlichen CAS-Systemen durchgesetzt.

e) Robotische Verfahren:

Diese Systeme messen mit Hilfe eines Roboters Koordinaten im Raum bzw. steuern eine geplante Zielposition oder einen Zielweg an. Die Bestimmung von Messpunkten erfolgt über den Fokuspunkt eines Operationsmikroskopes (Autofokus). In der HNO und Neurochirurgie angewandte Systeme dieser Art sind das Zeiss-MKM-System (Zeiss, Oberkochen, Deutschland) und das SurgiScope[®]-System (Elekta SA, Schweden), dabei verwenden beide Systeme auch zusätzlich optische Techniken (Gunkel et al., 2000).

1.3.3 Das Navigationssystem Stealth Station® TREON

Bei dem in der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie des Universitätsklinikums Halle (Saale) im Rahmen dieser Untersuchung verwendeten Navigationssystem Stealth Station® TREON (Firma Medtronic GmbH, Meerbusch, Deutschland) handelt es sich um ein optisches System, welches sowohl auf einer passiven als auch aktiven Messtechnologie basiert. Es besteht aus einer mobilen Workstation und einer Infrarotlichtkamera. Der 20-Zoll-Monitor mit Touchscreen ist neben Touchpad und Mouse auch mit einem sterilen Stift (Stylos) unter sterilen Bedingungen bedienbar (Abbildung 1).



Abbildung 1: Stealth Station® TREON bestehend aus Workstation mit Monitor (links) und Infrarotlichtkamera (rechts). Firma Medtronic GmbH, Deutschland.

Der präoperativ erstellte Computertomographie-Bilddatensatz muß einem genauen Protokoll entsprechen. Die Verwendung von MRT-Bildern ist ebenfalls möglich. Eine Fusion von MRT- und CT-Bildern kann bei komplizierten Tumoroperationen durchgeführt werden. Der Datenimport wird über CD-ROM gesichert.

Ein Beispiel für die intraoperative Anordnung des Navigationssystems, Operationsmikroskops, Operateurs und OP-Schwester ist in Abbildung 2 dargestellt.



Abbildung 2: Anordnung von Operateur, OP-Schwester, Navigationssystem und Operationsmikroskop im OP-Saal.

Das Matching (Registrierung, Abgleich) zwischen dem präoperativ erstellten Bilddatensatz und der Patientenanatomie erfolgt durch Berühren oder Abfahren bestimmter Punkte am Patienten mit einem optischen Instrument. Diese Punkte kann der Operateur im erstellten 3D-Modell präoperativ festlegen. Es bestehen zwei Möglichkeiten zwischen der Art des, mit 3 oder mehreren LED's bestückten, optischen Instrumentes zu wählen:

- a) mit einem berührungslosen Fazer (Contour Laser) kann die Oberfläche des Patientengesichtes abgefahren werden (Abbildung 3),
- b) mit einem Tracer (Pointer) werden bestimmte anatomische Landmarken berührt (Abbildung 4).

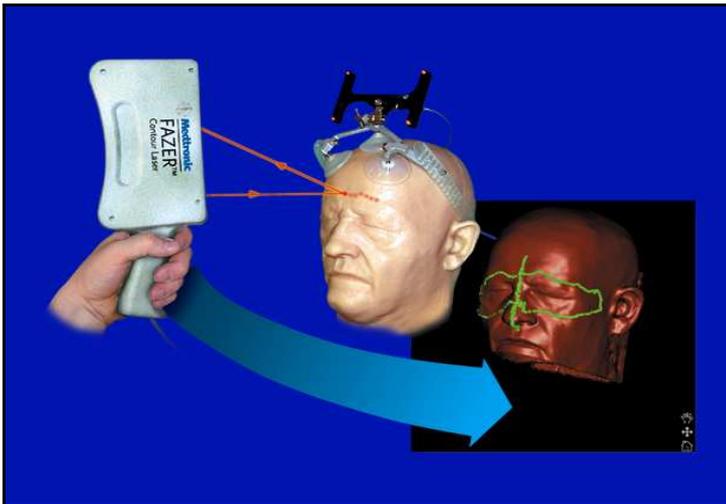


Abbildung 3: Registrierung mit dem Fazer (Contour Laser) periorbital. Firma Medtronic GmbH, Deutschland.



Abbildung 4: Registrierung mit dem Pointer. Patient trägt einen Referenzierrahmen, welcher ebenso wie der Pointer mit reflektierenden (passiven) LED's versehen ist.

Bei Verwendung des Pointers kann die Registrierung über verschiedene anatomische Landmarken erfolgen: laterale Orbitawand, Philtrum, Nasenspitze, Kopf der mittleren Nasenmuschel, Keilbeinhöhlenvorderwand.

Um die Korrelation zwischen der Anatomie und der Bilgebung während der gesamten Operationszeit sicher zu stellen, wird ein dynamisches Bezugssystem in Form eines mit LED-bestückten Headsets (Referenzstern) verwendet (Abbildung 4 und 5). Das Headset

ist durch ein Kopfband fixiert. Aus der konstanten Geometrie zwischen dem Headset und der Patientenanatomie können Bewegungen vom Navigationssystem detektiert werden und Positionsänderungen in nahezu Echtzeit berechnet werden. Dadurch kann der Kopf des Patienten während der Operation bewegt werden, ohne dass eine erneute Registrierung erfolgen muss.

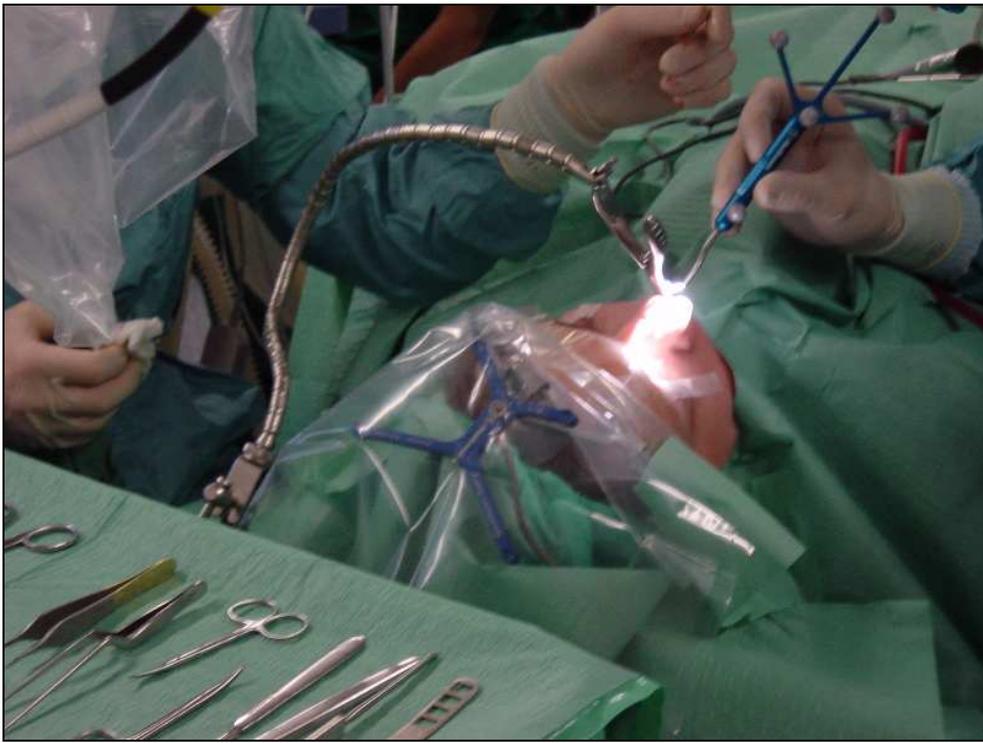


Abbildung 5: Steriler Operationssitus mit Abbildung des selbsthaltenden Spekulum, des Pointers und des Referenzsternes, welcher mittels Kopfband fixiert ist.

Für die intraoperative Navigation können neben dem Pointer/Tracer sowohl selbstemitierende aktive oder/und kabellose passiv-reflektierende Instrumente verwendet werden. Dabei kann eine universelle Adapterklemme auf dem gewünschten Instrument befestigt und dieses über das Navigationsprogramm kalibriert werden. Die aktuelle Position des Pointerinstrumentes wird als Fadenkreuz auf koronaren, sagittalen und axialen Schichten auf dem Bildschirm abgebildet (Abbildung 6 und 7). Zusätzlich wird das korrespondierende mikroskopische Bild auf dem Monitor angezeigt.

Die intraoperative Genauigkeit wird bei dem in dieser Studie verwendeten System visuell bestimmt, indem der Operateur bestimmte anatomische Landmarken identifiziert und die Differenz zwischen der Spitze des navigierenden Instrumentes und der anatomischen Struktur in situ vergleicht und abstimmt.

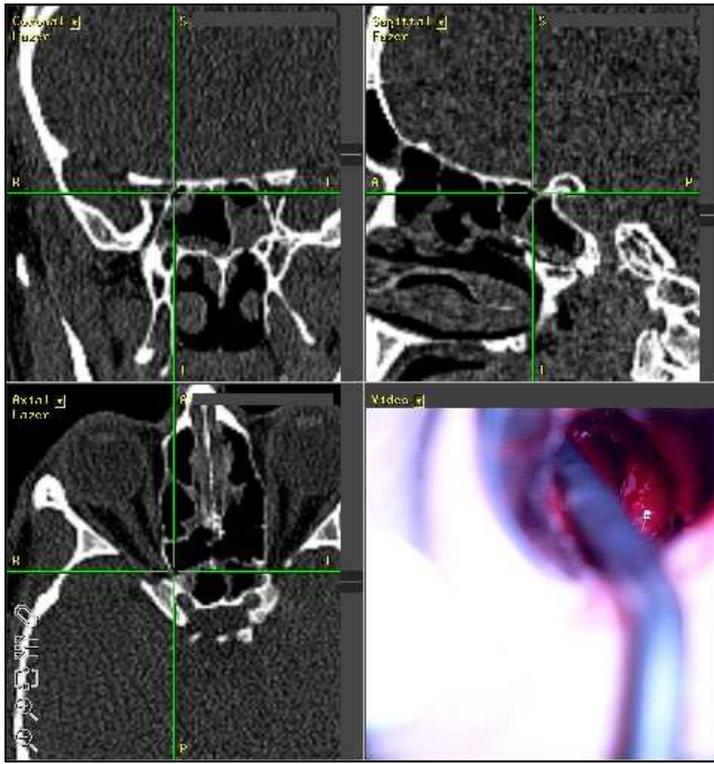


Abbildung 6: Intraoperativer Screenshot 1. Das Fadenkreuz stellt die Position des Poin-
terinstrumentes dar (hier dorsale Ethmoidalzelle rechts).

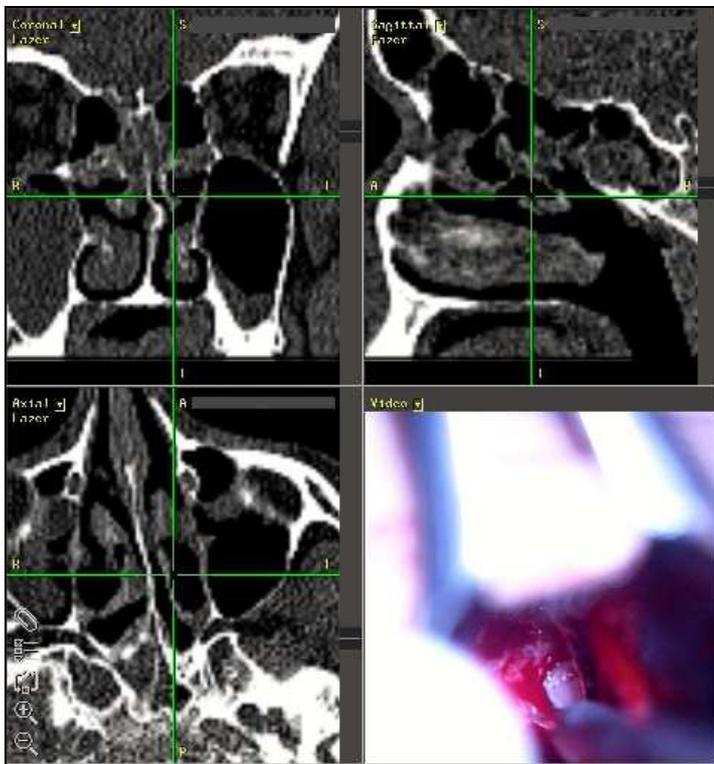


Abbildung 7: Intraoperativer Screenshot 2. Die Instrumentenspitze befindet sich im Be-
reich der mittleren Nasenmuschel links.

1.3.4 Indikationsgebiete für CAS-Systeme

Computerassistierte Chirurgie findet in vielen verschiedenen Fachgebieten (Neurochirurgie, Orthopädie, HNO-Chirurgie, Mund–Kiefer-Gesichtschirurgie) Anwendung. Desweiteren werden in der Strahlenmedizin beispielsweise mit Hilfe der 3D-Navigation interstitielle Brachytherapien geplant und Bestrahlungssonden platziert.

In der HNO bieten Navigationssysteme eine Orientierungshilfe bei endonasalen Eingriffen im Bereich der Nasennebenhöhlen und der vorderen Schädelbasis besonders in der Nähe von anatomischen Strukturen, die erhalten werden müssen. Hierzu zählen der Nervus opticus, die Orbita, die Dura mater, die Arteria carotis interna und die Schädelbasis. Auch im Bereich der lateralen Schädelbasis können CAS-Systeme eingesetzt werden. Insbesondere bei fehlenden anatomischen Orientierungspunkten wie zum Beispiel bei Revisionseingriffen, Traumata oder Tumoren sollen sie die Sicherheit des Operateurs erhöhen (Cartellieri et al., 2001a).

Typische Indikationen für navigationsgestützte Operationen im HNO-Bereich sind:

- Nasennebenhöhlenoperationen bei chronisch-polypöser Rhinosinusitis, besonders bei Revisionseingriffen
- Biopsien und Tumorexstirpationen aus den Nasennebenhöhlen, der Clivusregion, der Hypophyse und der Orbita
- Prozesse in Nähe des Nervus opticus oder der Arteria carotis interna
- Orbita- und Opticusdekompression
- Eingriffe an Ohr, Felsenbein und seitlicher Schädelbasis (Glomustumoren, Akustikusneurinome, Mittelohrtumoren)
- Deckung von Duraläsionen
- Eingriffe mit Beteiligung von Hirnstrukturen.

1.4 Zielsetzung und Fragestellung

Trotz moderner Technik und erprobter Operationsverfahren können bei minimalinvasiven Eingriffen im Bereich der Nasennebenhöhlen ernsthafte Komplikationen auftreten. Das eingeschränkte Blickfeld durch das Mikroskop und/oder Endoskop sowie häufig auftretende Blutungen bei chronisch entzündlichen Erkrankungen erschweren die Orientierung im interindividuell sehr verschiedenen System der Nasennebenhöhlen. Das Risiko von Komplikationen steigt durch das Fehlen von endonasalen anatomischen Landmarken bei Rezidiveingriffen. Durch die Anwendung der intraoperativen Navigation soll die Orientierung des Operateurs verbessert werden.

Die vorliegende Studie hat die Evaluierung der Erfahrungen mit der Anwendung eines optischen Navigationssystems bei endonasalen mikroskopisch-endoskopischen NNH-Eingriffen bei chronisch-polypöser Rhinosinusitis an der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie des Universitätsklinikums Halle (Saale) zum Ziel. Dabei steht der Einfluss der navigationsgestützten Chirurgie auf die Inzidenz von operationsbedingten Komplikationen im Vordergrund. Von Interesse ist auch, ob computerassistierte Chirurgie die operative Sicherheit erhöhen kann und so zu einer Erleichterung der Operationsbedingungen führt. Ein weiterer Aspekt ist, inwieweit die Operationsdauer bei navigationsgestützten NNH-Eingriffen im Vergleich zu NNH-Operationen ohne Navigationsanwendung beeinflusst wird. Der dabei entstehende Kosten-Nutzen-Aufwand ist zu diskutieren. Für die Einschätzung und Beurteilung der operationsbezogenen Parameter erfolgte die retrospektive Auswertung von nicht-navigationsgestützt durchgeführten endonasalen mikroskopisch-endoskopischen NNH-Eingriffen bei CRS.

Bezüglich der Anwendung des Navigationssystems sollten folgende Fragen geklärt werden:

Kann die intraoperative Navigation problemlos eingesetzt werden?

Welche Probleme können bei der navigationsgestützten Operation auftreten?

Wie beurteilt der Operateur die Navigation?

Wie stellt sich die Anwendbarkeit verschiedener Referenziermethoden dar?

Welchen Einfluss hat der Einsatz des Navigationssystems auf das Auftreten von peri- und postoperativen Komplikationen?

Wie hoch ist der Zeitaufwand für die Verwendung des Navigationssystems?

2. Material und Methode

2.1 Daten

In der vorliegenden Studie wird in Form einer Anwendungsbeobachtung der Stellenwert und die Verwendbarkeit eines Navigationssystems bei funktionell mikroskopisch-endoskopischen Nasennebenhöhleneingriffen überprüft. Dafür wurden *prospektiv* erhobene Navigationsprotokolle (siehe Anlage 1) von 89 endonasalen mikroskopisch-endoskopischen Nasennebenhöhlenoperationen *mit Anwendung computergestützter Chirurgie*, welche in der Zeit von 12/2005 bis 02/2008 an der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie des Universitätsklinikums Halle (Saale) durchgeführt wurden, ausgewertet. Diese Navigationsprotokolle wurden unmittelbar postoperativ vom Operateur ausgefüllt. Neben den navigationsbezogenen Daten galt ein besonderes Augenmerk den operationsbezogenen Daten wie der Komplikationsrate, der OP-Dauer und dem Einfluß der Erfahrung des Operateurs auf die genannten Parameter. Zum Vergleich wurden *retrospektiv* die pseudonymisierten Daten aus Krankenakten und Operationsberichten von 104 endonasalen mikroskopisch-endoskopischen Nasennebenhöhlenoperationen *ohne Anwendung computergestützter Chirurgie*, welche in der Zeit von 01/2003 bis 06/2005 an der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie des Universitätsklinikums Halle (Saale) durchgeführt wurden, analysiert.

Eingeschlossen wurden die Daten von Patienten mit einer chronischen Rhinosinusitis mit Polypenbildung, die sich nach einer entsprechenden antientzündlichen Vorbehandlung einer Nasennebenhöhlenoperation unterziehen mussten. Ausgeschlossen von der Datenerhebung wurden Patienten mit einer akuten Sinusitis sowie Patienten mit traumatischen und posttraumatologischen Indikationen. Nicht einbezogen wurden auch die Daten von Nasennebenhöhleneingriffen, bei denen die Histologie des intraoperativ entfernten Gewebes nicht der chronischen Rhinosinusitis entsprach (z.B. Osteom, invertiertes Papillom, Karzinom).

2.2 Datenerfassung

Die aus den Patientenakten und Operationsprotokollen erhobenen pseudonymisierten Daten wurden in eine zuvor erstellte Datenmaske übertragen. Bei der Auswertung der Patientenunterlagen wurden folgende Kriterien erhoben:

- Geburtsjahr, Geschlecht, Gewicht, Körpergröße, prä- und postoperativer Hämoglobinwert
- Diagnose
- Datum, Dauer und Art der Nasennebenhöhlenoperation
- Operateur (Assistenzarzt, Facharzt, Oberarzt, Chefarzt)
- Voroperationen
- Perioperative Antibiotikagabe
- Intra- und postoperative Komplikationen
- Zusätzliche operative Maßnahmen (Conchotomie, Septumplastik)

2.3 Präoperative Untersuchungen und Vorbereitungen

Bei allen Patienten erfolgten die präoperativen Untersuchungen und Vorbereitungen nach einem festgelegten Schema. Zu diesem zählen:

- gründliche Anamneseerhebung
- HNO-Spiegeluntersuchung
- Nasenendoskopie
- Hämatologisches Labor (Erythrozytenanzahl, Hämoglobin, Hämatokrit, Kreatinin)
- Computertomographie der Nasennebenhöhlen

Die präoperativ erstellten Computertomographie-Bilder wurden am Tag vor der Operation angefertigt. Bis spätestens 24 h vor dem Eingriff wurden alle Patienten über das operative Vorgehen, die Lagerung auf dem OP-Tisch, die möglichen Risiken der Nasennebenhöhlenoperation und der Anästhesie aufgeklärt. Patienten mit einer geplanten navigationsgestützten Operation wurden über die Anbringung des Kopfbandes zur Referenzierung informiert.

2.4 Operation und postoperative Behandlung

Nach Desinfektion von Gesicht und Naseneingang wurden zu Beginn des Eingriffes zur lokalen Vasokonstriktion und Anästhesie mit Xylometazolin und Xylocain getränkte Wattetupfer in beide Nasenhaupthöhlen und in den mittleren Nasengang eingelegt. Alle Nasennebenhöhlenoperationen in dieser Studie wurden in Intubationsnarkose und unter mikroskopisch-endoskopischer Kontrolle in einem standardisierten Vorgehen durchgeführt. Als Operationsstrategie wurde eine Kombination aus der Operationstechnik nach Wigand und nach Messerklinger angewandt. Nachfolgend wird die operative Vorgehensweise bei mikroskopisch-endoskopischen Nasennebenhöhleneingriffen an der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie des Universitätsklinikums Halle (Saale) beschrieben. Je nach Präferenz des Operateurs wurde das operative Vorgehen individuell variiert.

Bei Deviation des Nasenseptums wird zunächst eine Septumplastik durchgeführt. Dann wird nach vorsichtiger Medialisierung das selbthaltende Spekulum unter die mittlere Nasenmuschel gesetzt und eine Resektion der Processus uncinatus durchgeführt. Daraufhin folgt eine supratorbitale Kieferhöhlenfensterung mit Sanierung der Kieferhöhle mit Entfernung polypöser Schleimhaut. Jetzt erfolgt die Eröffnung der Keilbeinhöhle zur Nasenhaupthöhle. Nach Identifikation der Schädelbasis werden die Siebbeinzellen retrograd von dorsal nach anterior präpariert. Zuletzt wird der Rezessus frontalis dargestellt und erweitert. Das gleiche Vorgehen erfolgt auf der Gegenseite.

Nach Abschluss des operativen Eingriffes erfolgt die Einlage von Schaumstoff-Nasentamponaden im Gummifingerling in den mittleren Nasengang und in die Nasenhaupthöhle für einen Tag.

Neben der Beobachtung des weiteren Verlaufes beruht die postoperative Behandlung auf der Applikation von topischen Salben auf Dexamethasonbasis und dem täglichen Abtragen und Absaugen von Borken und Sekret. Am ersten postoperativen Tag wird regulär bei allen Patienten eine Laborkontrolle zur Bestimmung des kleinen Blutbildes (Erythrozytenanzahl, Hämoglobinwert, Kreatinin) durchgeführt.

2.5 Navigation

Für die Auswertung der Operationen mit Navigationsunterstützung wurden Navigationsprotokolle erstellt, welche unmittelbar postoperativ vom Operateur ausgefüllt wurden (Anlage 1). Dabei wurden folgende Daten erhoben:

- Patientenalter- und geschlecht
- Diagnose
- Art der Operation
- Erfahrungsgrad des Operateurs
- Operationszeit
- Geschätzter Blutverlust
- Intraoperative und postoperative Komplikationen
- Hämoglobinwert prä- und postoperativ
- Vor- und Rezidivoperationen
- Referenzierungszeit
- Referenzierungsorte
- Registrierungsverfahren
- Probleme bei der Referenzierung
- Intraoperative Genauigkeit in mm
- Beurteilung der Navigation

Der Operateur hatte die Wahl zwischen einer Registrierung mit einem Pointer (Tracer) oder einer Oberflächenregistrierung mit dem Contour Laser (Fazer). Bei Verwendung des Pointers (Tracer) waren folgende Registrierungsorte vorgegeben: laterale Orbitawand, Nasenspitze, Philtrum, Kopf der mittleren Nasenmuschel, Keilbeinhöhlenvorderwand.

Zu Beginn des Registrierungs Vorganges mit dem Laser erfolgte die Justierung des Laserstrahls auf einen fest definierten Punkt, bei den hier operierten Patienten die Nasenspitze. Bei der Registrierung mit dem Laser wurden folgende Strukturen abgefahren: Nasengerüst, Stirnoberfläche, Schläfen, periorbitale Region.

Die präoperativ erstellten Computertomographie-Bilder wurden am Tag vor der Operation angefertigt und mussten dem folgenden Bildgebungsprotokoll entsprechen:

- aneinandergrenzende, nicht überlappende, axiale Schichten
- konstante Schichtdicke zwischen 0,5- 3 mm
- Spiral-Scan möglich
- Einschluss von hartem Gaumen, Nasenspitze, Ohren, Kopfoberfläche
- keine Gantryneigung
- Verwendung von Kontrastmittel möglich
- Kopf mit einer Unterlage leicht angehoben

Die Verwendung von MRT-Bildern war ebenfalls möglich. Eine Fusion von MRT- und CT-Bildern konnte bei komplizierten Tumoroperationen durchgeführt werden. Der Datenimport wurde über CD-ROM gesichert.

Die Beurteilung der Zuverlässigkeit der Navigation durch den Operateur sollte an Hand folgender Kategorien erfolgen:

1. Navigation ohne Probleme

2. Re-Registrierung

- Materialprobleme
- Probleme mit Laser
- Erste Registrierung nicht zentriert
- Landmarkenregistrierung ungenau
- Erste Registrierung ungenau

3. Intraoperative Probleme

- Ungenauigkeit > 3mm
- Ungenauigkeit, da Referenzierstern disloziert
- Bildqualität ungenügend

4. Systemabsturz/Neustart

5. Abbruch

- Keine Registrierung möglich
- Keine Sammlung der Referenzierungspunkte
- Beim Referenzieren falsche Lokalisation der Punkte, kein Datenabgleich möglich
- CT-Datensatz unvollständig

2.6 Datenauswertung

Die Analyse der Daten erfolgte grundsätzlich in pseudonymisierter Form, das heißt Patientennamen und genaue Geburtsdaten wurden nicht verwendet. Die Auswertung der Daten sowie die Erstellung von graphischen Darstellungen erfolgte mit Hilfe der Programme Excel[®] von Microsoft Cooperation und dem Statistikprogramm SPSS[®]. Für die Prüfung der Signifikanz wurde für metrische Daten der T-Test für unabhängige Stichproben und für nominale Daten der Chi-Quadrat-Test angewendet. Ein p-Wert $< 0,05$ galt als statistisch signifikant.

3. Ergebnisse

3.1 Daten

Insgesamt wurden die pseudonymisierten Daten von 193 Patienten, welche sich in der Zeit von 01/2003-02/2008 einer endonasalen mikroskopisch-endoskopischen Nasennebenhöhlenoperation an der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie des Universitätsklinikums Halle (Saale) unterzogen hatten, in die Bewertung eingeschlossen. Der Eingriff wurde bei 104 Patienten nicht-navigationsgestützt und bei 89 Patienten navigationsgestützt in Intubationsnarkose durchgeführt.

3.2 Alters- und Geschlechtsverteilung

Ausgewertet wurden die Daten von 51 Frauen (26,4%) und 142 Männern (73,6%). Das Verhältnis Männer zu Frauen beträgt 3:1. Das mittlere Alter zum Operationszeitpunkt betrug 52 Jahre (Altersverteilung vom 13. bis 82. Lebensjahr).

Die Altersstruktur der Patienten mit einer Nasennebenhöhlenoperation ohne Verwendung eines Navigationssystems unterschied sich nicht signifikant von der Gruppe mit Navigationsunterstützung (51,3 Jahre vs. 53,4 Jahre; $p > 0,05$). Auch bezüglich der Geschlechtsverteilung unterschieden sich die beiden Gruppen nicht signifikant (77 Männer und 27 Frauen ohne Navigationschirurgie vs. 65 Männer und 24 Frauen mit Navigationschirurgie; $p > 0,05$). Bei den männlichen Patienten betrug das mittlere Alter zum Operationszeitpunkt 53,5 Jahre (Median 56 Jahre), bei den Frauen 48,8 Jahre (Median 51 Jahre). Die Altersverteilung der hier operierten Patienten in Abhängigkeit von der Verwendung eines Navigationssystems ist in Tabelle 1 und Abbildung 8 dargestellt.

Tabelle 1: Altersverteilung von Patienten mit Nasennebenhöhlen-Chirurgie ohne und mit intraoperativer Navigation

Altergruppe	Ohne Navigation (n=104)		Mit Navigation (n=89)		Gesamt (n=193)	
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
0 - 20	7	6,7 %	3	3,4 %	10	5,2 %
21-30	4	3,8 %	3	3,4 %	7	3,6 %
31-40	13	12,5%	10	11,2 %	23	11,9 %
41-50	19	18,3 %	15	16,9 %	34	17,6 %
51-60	24	23,1 %	26	29,2 %	50	25,9 %
61-70	28	26,9 %	28	31,5 %	56	29,0 %
71-80	9	8,7 %	3	3,4 %	12	6,2 %
>80	0	0 %	1	1,1 %	1	0,5 %

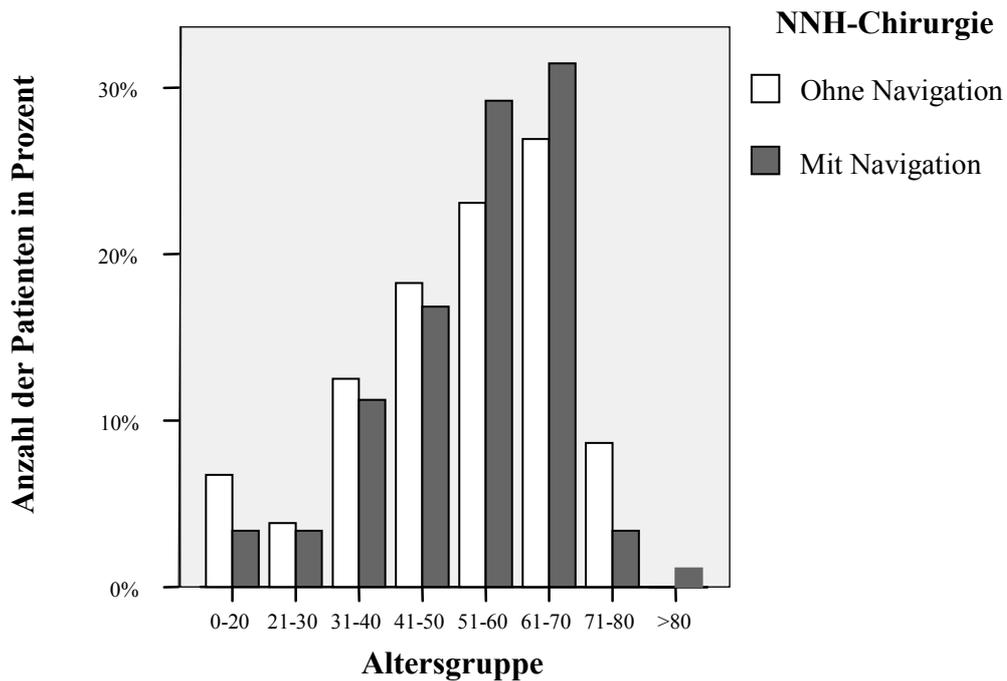


Abbildung 8: Altersverteilung von Patienten mit NNH-Chirurgie ohne und mit intraoperativer Navigation

Die Altersgruppe zwischen dem 61.-70. Lebensjahr war mit insgesamt 56 Patienten (29%) am häufigsten vertreten, darauf folgte die Gruppe zwischen dem 51.-60. Lebensjahr mit 50 Patienten (25,9%) und die Gruppe zwischen dem 41.-50. Lebensjahr mit 34 Patienten (17,6%). Dann folgte die Gruppe mit 23 Patienten (11,9%) im Alter zwischen dem 31.-40. Lebensjahr und die Gruppe mit 12 Patienten (6,2%) zwischen dem 71.-80. Lebensjahr zum Operationszeitpunkt. Bei Kindern, Jugendlichen und Patienten über 80 Jahre wurde nur selten eine Nasennebenhöhlenoperation wegen polypöser Rhinosinusitis durchgeführt.

3.3 Beteiligung der Nasennebenhöhlen bei chronisch-polypöser Rhinosinusitis

Präoperativ erfolgte bei allen Patienten eine gründliche Anamneseerhebung, eine HNO-Spiegeluntersuchung, eine Nasenendoskopie sowie eine Computertomographie der Nasennebenhöhlen. Die Ergebnisse der genannten Untersuchungen führten zu folgenden Diagnosen und zur Indikation einer endonasalen Nasennebenhöhlenoperation (Tabelle 2).

Tabelle 2: Darstellung der Diagnosen und ihre prozentuale Verteilung bei NNH-Chirurgie

Diagnosen	Ohne Navigation (n=104)		Mit Navigation (n=89)		Gesamt (n= 193)	
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
Chronische Pansinusitis	83	79,8%	82	92,1%	165	85,5%
Chronische Sinusitis max. et ethm.	7	6,7%	4	4,5%	11	5,7%
Chronische Sinusitis maxillaris	10	9,6%	0	0,0%	10	5,2%
Chronische Sinusitis ethmoidalis	4	3,8%	1	1,1%	5	2,6%
Chronische Sinusitis frontalis	0	0,0%	2	2,2%	2	1,0%

Die Diagnose chronische Pansinusitis wurde bei 165 Patienten (85,5%) am häufigsten gestellt. Hierbei unterscheidet sich die nicht-navigationsgestützt operierte Gruppe mit 83 Patienten (79,8%) von der navigationsgestützt operierten Gruppe mit 82 Patienten (92,1%) signifikant ($p < 0,05$). Bei insgesamt 11 Patienten (5,7%) war eine kombinierte chronische Sinusitis maxillaris et ethmoidalis festzustellen. Hiervon waren 7 Patienten

(6,7%) aus der Gruppe mit NNH-Chirurgie ohne Anwendung eines Navigationssystems und 4 Patienten (4,5%) mit navigationsgestützter NNH-Chirurgie. Bei 10 Patienten (9,6 %) ohne Navigationschirurgie und keinem der mit einem Navigationssystem durchgeführten Eingriffe wurde eine isolierte zugrunde liegende chronische Sinusitis maxillaris diagnostiziert. Auch hier ist der Unterschied zwischen der Gruppe mit bzw. ohne navigationsgestützte Chirurgie als signifikant anzugeben ($p < 0,05$). Seltener wurde eine chronische Sinusitis ethmoidalis (4 Patienten (3,8%) ohne vs. 1 Patient (1,1%) mit Navigationschirurgie) erfasst. Eine alleinige chronische Sinusitis frontalis wurde bei keinem der Patienten ohne Navigationschirurgie und bei 2 Patienten (2,2%) mit Navigationschirurgie operierten Patienten diagnostiziert.

Es ist zu vermerken, dass zwei Patienten an einer zugrunde liegenden zystischen Fibrose litten.

Ausgeschlossen aus der Bewertung wurden Patienten mit traumatologischen Indikationen, akuten Sinusitiden sowie benignen und malignen Raumforderungen im Bereich der Nasennebenhöhlen.

Bei 117 Patienten (60,6%) wurde eine Nasenseptumdeviation und bei 129 Patienten (66,8%) eine Nasenmuschelhypertrophie festgestellt (Tabelle 3). In Betrachtung der Nebendiagnosen unterschied sich die Gruppe ohne computerassistierte Chirurgie nicht signifikant von der Patientengruppe, bei welcher computerassistierte Chirurgie durchgeführt wurde ($p > 0,05$).

Tabelle 3: Verteilung der Nebendiagnosen

Nebendiagnose	Ohne Navigation (n=104)		Mit Navigation (n=89)		Gesamt (n= 193)	
Septumdeviation	64	61,5%	53	59,6%	117	60,6%
Nasenmuschelhypertrophie	75	72,1%	54	60,7%	129	66,8%

3.4 Art der Operation

Die Auswertung der Operationsprotokolle ergab folgende Verteilung der durchgeführten Nasennebenhöhlenoperationen (Tabelle 4).

Tabelle 4: Art der Nasennebenhöhlen-Operationen

Art der NNH-Operation	Ohne Navigation (n= 104)		Mit Navigation (n=89)		Gesamt (n=193)	
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
Pansinus-OP	84	80,8%	81	91,0%	165	85,5%
Kieferhöhlen-OP	11	10,6%	0	0,0%	11	5,7%
Siebbein- und Kieferhöhlen-OP	4	3,8%	2	2,2%	6	3,1%
Siebbeinhöhlen-OP	4	3,8%	6	6,7%	10	5,2%

Als Pansinus-Operationen wurden Operationen an mindestens 2 verschiedenen Nasennebenhöhlen pro Seite zusammengefasst. Bei 84 Patienten (80,8%) ohne Navigationsunterstützung und bei 81 Patienten (91%) mit Navigation wurde eine Pansinus-Operation durchgeführt. Dieser Unterschied ist signifikant ($p < 0,05$).

Alleinige Kieferhöhlenoperationen wurden bei 11 Patienten (10,6%) ohne Verwendung eines Navigationssystems durchgeführt. Kein Patient mit Navigationsunterstützung wurde nur an den Kieferhöhlen operiert. Auch hier ist der Unterschied zwischen den beiden Gruppen als signifikant anzugeben ($p < 0,05$). Bei 4 Patienten (3,8%) bzw. 2 Patienten (2,2%), die ohne bzw. mit Navigation operiert wurden, erfolgte ein kombinierter Eingriff an Kiefer- und Siebbeinhöhlen. Eine Siebbeinhöhlen-OP wurde bei 4 Patienten (3,8%) ohne Verwendung eines Navigationssystems und bei 6 Patienten (6,7%) mit Navigation durchgeführt.

Zusätzlich wurden die flankierenden Operationen wie Septumplastik und Conchotomie erfasst (Tabelle 5). Bei der Mehrzahl der Patienten wurde eine Septumplastik (n=117) und/oder eine Conchotomie durchgeführt (n=129). Bezüglich dieser operativen Zusatzmaßnahmen ergeben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen der Gruppe ohne bzw. mit Navigationsunterstützung ($p > 0,05$).

Tabelle 5: Verteilung der durchgeführten Begleitmaßnahmen

Begleitende Maßnahmen	Ohne Navigation (n= 104)		Mit Navigation (n=89)		Gesamt (n=193)	
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
Septumplastik	64	61,5%	53	59,6%	117	60,6%
Conchotomie	75	72,1%	54	60,7%	129	66,8%

3.5 Patienten mit Voroperationen im Bereich der Nasennebenhöhlen

Insgesamt lag bei 37 Patienten (36%), welche ohne Navigation operiert wurden, und bei 44 Patienten (49%), welche mit Navigation operiert wurden, ein Rezidiv bei vorausgegangener Nasennebenhöhlenoperation vor (Abbildung 9). Als Voroperation galten Polypektomien, Infundibulotomien sowie weitere sanierende Eingriffe im Bereich der Nasennebenhöhlen bei Polyposis nasi. Die beiden Gruppen unterscheiden sich bezüglich der Voroperationen nicht signifikant ($p > 0,05$).

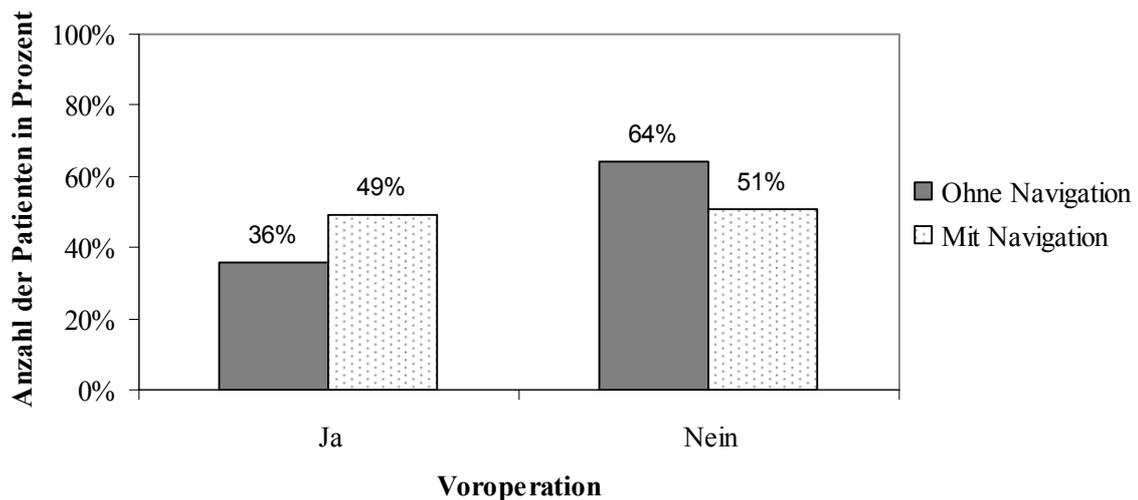


Abbildung 9: Häufigkeitsverteilung der voroperierten bzw. nicht-voroperierten Patienten

Bei 67 Patienten (64%), welche ohne Navigationsunterstützung operiert wurden und bei 45 Patienten (51%), welche mit Navigation operiert wurden, handelte es sich um einen

Ersteingriff im Bereich der Nasennebenhöhlen. Hiervon waren in dem Kollektiv ohne Navigationsunterstützung 31 Patienten (30%) einfach, 4 Patienten (4%) zweifach und 2 Patienten (2%) mehrfach voroperiert. Im Patientenkollektiv mit computerassistierter Chirurgie waren 19 Patienten (21%) einfach, 20 Patienten (22%) zweifach und 5 Patienten (6%) mehrfach voroperiert (Tabelle 6).

Tabelle 6: Verteilung der Patienten nach Anzahl der Voroperationen

Voroperation	Ohne Navigation (n=104)		Mit Navigation (n=89)		Gesamt (n=193)	
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
Keine	67	64%	45	51%	112	58%
Einfach	31	30%	19	21%	50	26%
Zweifach	4	4%	20	22%	24	12%
Mehrfach	2	2%	5	6%	7	4%

3.6 Operateure

Die mikroskopisch-endoskopischen Nasennebenhöhleneingriffe ohne Anwendung von Navigationschirurgie wurden in der Zeit zwischen 01/2003 und 06/2005 bei 30 Patienten (29%) von einem Chefarzt bzw. Oberarzt durchgeführt. Nach Einführung des Navigationssystems im Jahr 2006 erfolgten bei 42 Patienten (47%) die Eingriffe im Bereich der Nasennebenhöhlen durch den Chefarzt bzw. Oberarzt. Bei 57 Patienten (55%) wurde der NNH-Eingriff ohne Navigationsunterstützung durch einen Facharzt durchgeführt. Nach Einführung der Navigationstechnik wurden die Eingriffe bei 38 Patienten (43%) von einem Facharzt durchgeführt. Bei 17 Patienten (16%) wurde die Nasennebenhöhlenoperation ohne Navigationsunterstützung von einem Assistenzarzt durchgeführt, bei 9 Patienten (10%) wurde der NNH-Eingriff mit Navigation von einem Assistenzarzt durchgeführt.

Die Patientenkollektive ohne bzw. mit Navigation unterscheiden sich signifikant ($p < 0,05$) hinsichtlich der Operateure, das heißt NNH-Eingriffe mit Navigationshilfe wurden signifikant häufiger von einem Chefarzt bzw. Oberarzt und weniger häufig von einem Facharzt oder Assistenzarzt durchgeführt als Operationen ohne Verwendung eines Navigationssystems (Abbildung 10).

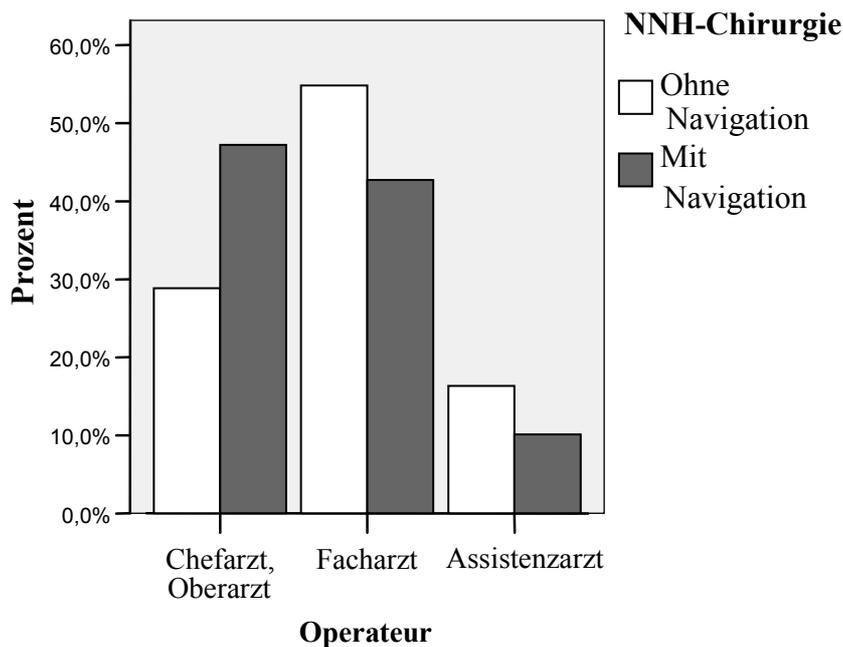


Abbildung 10: Verteilung der Operateure

3.7 Operationsdauer

Die Operationsdauer wurde als Schnitt-Naht-Zeit erfasst, bei navigationsgestützten Eingriffen wurde die Registrierzeit hinzu addiert. Der Mittelwert für die Operationsdauer für nicht-navigationsgestützte NNH-Eingriffe beträgt 90 min (Zeitspanne zwischen 22 min bis 221 min), bei Verwendung der Navigation 112 min (Zeitspanne zwischen 47 min bis 229 min). Die Operationsdauer unterscheidet sich signifikant bezüglich der Verwendung des Navigationssystems ($p < 0,05$). Der durchschnittliche Unterschied beträgt 22 min (95 % Konfidenz-Intervall [-33; -11]). Insgesamt fehlten bei 4 von 193 erfassten Operationen die Zeitangaben zur Berechnung der OP-Dauer in der Patientenakte. Die durchschnittliche Registrierzeit betrug 8,8 min (Zeitspanne zwischen 2 bis 30 min).

Ein nicht-navigationsgestützter Nasennebenhöhleneingriff dauerte durchschnittlich bei einem Chefarzt bzw. Oberarzt 69,4 min, bei einem Facharzt 94,7 min und bei einem Assistenzarzt 106,8 min. Bei navigationsgestützt-operierten Patienten betrug die mittlere Operationsdauer bei Durchführung durch einen Chefarzt bzw. Oberarzt 97,9 min,

durch einen Facharzt mit 126,8 min und durch einen Assistenzarzt 106,8 min (Abbildung 11).

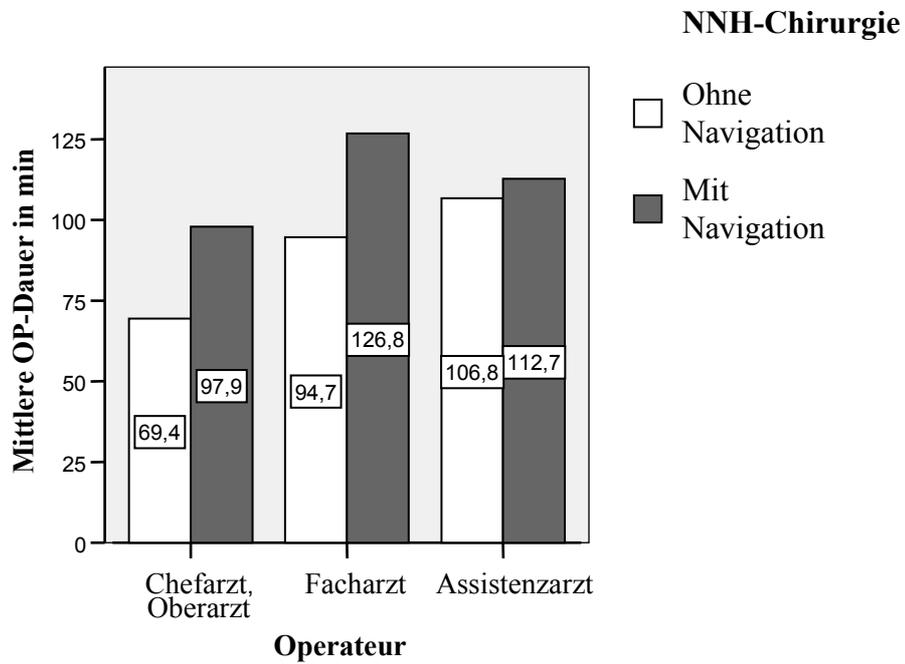


Abbildung 11: Mittelwerte der Operationsdauer in Abhängigkeit vom Operateur (n=189)

3.8 Komplikationen

Die Klassifikation in Major- und Minor-Komplikationen der intra- und postoperativen Komplikationen erfolgte modifiziert nach May et al. und ist in Tabelle 7 dargestellt (May et al., 1994).

Tabelle 7: Klassifikation der intra- und postoperativen Komplikationen

<u>Major-Komplikation</u>	
<i>Endokraniell :</i>	Duraläsion, intracerebrale Blutung oder Verletzung, Meningitis
<i>Ophthalmologisch:</i>	Retrobulbärhämatom, N.opticus- Läsion, Doppelbilder, Erblindung
<i>Starke intra-oder postoperative Blutung:</i>	nicht-transfusionspflichtig transfusionspflichtig operationsbedüftig
<i>Tod</i>	
<u>Minor-Komplikation</u>	
<i>Nasal:</i>	Septumhämatom, Septumabszeß, Epistaxis, Gesichtshämatom
<i>Ophthalmologisch:</i>	Lidhämatom, Lidödem, periokuläres Hautemphysem, Tränenwegsstenose

Major-Komplikationen waren bei 8 Patienten (7,7%) bei nicht-navigationsgestützter NNH-Chirurgie und bei 5 Patienten (5,6%) mit navigationsgestützter Chirurgie festzustellen.

Als Major-Komplikationen traten in der nicht-navigationsgestützt operierten Gruppe (n=104) bei 3 Patienten (3,4%) eine intraoperative Verletzung der Schädelbasis mit konsekutiver Rhinoliquirrhoe, bei einem Patienten (1%) eine nicht-transfusionspflichtige Blutung und bei 2 Patienten (2%) eine transfusionspflichtige Blutung auf. Weiterhin war in der Gruppe ohne Navigationschirurgie bei einem Patienten (1%) eine transfusionspflichtige Blutung, welche operativ gestillt werden musste, und bei einem Patienten (1%) eine nicht-transfusionspflichtige Blutung unter Vollheparinisierung wegen eines Herzvitiums zu verzeichnen. In dem mit Navigationschirurgie operierten Patientenkollektiv (n= 89) traten als Major-Komplikationen bei 3 Patienten (3,4%) eine

Duraläsion auf, wobei bei 2 Patienten die Duraläsion intraoperativ und *bei einem Patienten am dritten postoperativen Tag durch das Absaugen mit einem Metallsauger verursacht wurde*. Bei 2 Patienten (2,2%) mit navigationsgestützter Chirurgie trat eine nicht-transfusionspflichtige Blutung auf (Tabelle 8).

Tabelle 8: Verteilung der Major-Komplikationen

Major-Komplikation	Ohne Navigation (n=104)		Mit Navigation (n=89)	
	Duraläsion	3	3,0%	3
Starke, nicht-transfusionspflichtige Blutung	1	1,0%	2	2,2%
Starke, transfusionspflichtige Blutung	2	2,0%	0	0,0%
Operationsbedürftige, transfusionspflichtige Blutung	1	1,0%	0	0,0%
Blutung bei Vollheparinisierung	1	1,0%	0	0,0%
Gesamt	8	7,7%	5	5,6%

Intraoperativ aufgetretene Duraverletzungen wurden in der gleichen Operation mit Fascia lata oder Temporalisfascie, Nasenmuschelschleimhaut, wirkstoffhaltigem Schwamm aus menschlichem Fibrinogen/Thrombin und Fibrinkleber in einer Sandwichtechnik gedeckt. Bei der postoperativ aufgetretenen Duraverletzung erfolgte eine Revisionsoperation. Bei keinem der operierten Patienten kam es zu einer intracerebralen Verletzung oder Blutung, Meningitis oder ophthalmologischen Komplikationen.

Es konnten keine statistisch signifikanten Zusammenhänge zwischen dem Auftreten von Major-Komplikationen und verschiedenen anderen Faktoren bei den hier operierten Patienten gefunden werden (Tabelle 9).

Tabelle 9: Auftreten von Major-Komplikationen bei verschiedenen Parametern bei n=193 und bei einer Gesamt-Major-Komplikationsrate von 6,7%

Parameter		Major-Komplikation	p=
Geschlecht	männlich	6,2 %	0,11
	weiblich	0,5 %	
Navigation	Ohne	4,1 %	0,57
	Mit	2,6 %	
Art der Operation	Ersteingriff	2,6 %	0,14
	Rezidiveingriff	4,1 %	
Sanierte NNH	Kieferhöhlen-OP	0%	0,5
	Siebbeinhöhlen	0%	
	Siebbein-und Kieferhöhlen-OP	0%	
	Pansinus-OP	6,7%	
Operateur	Chefarzt, Oberarzt	3,1 %	0,33
	Facharzt	3,6 %	
	Assistenzarzt	0 %	

In der Patientengruppe ohne navigationsgestützte Chirurgie traten 3 Duraläsionen auf der rechten Seite der Rhinobasis auf: zwei Läsionen im Bereich der Lamina cribrosa und eine im Ansatzbereich der mittleren Nasenmuschel an der Rhinosbasis. Bei den insgesamt drei aufgetretenen Duraläsionen in der Patientengruppe mit navigationsgestützter Chirurgie befanden sich zwei Defekte ebenfalls auf der rechten Seite: eine Läsion im Bereich des Rezessus frontalis und eine Läsion im hinteren Siebbeinbereich durch das Einsetzen von selbsthaltenden Spekulae. Eine Duraläsion in diesem Kollektiv wurde am 3. postoperativen Tag durch das Absaugen mit einem Metallsauger im Bereich der Lamina cribrosa links verursacht (Tabelle 10).

Tabelle 10: Seitenlokalisierung der Duraläsionen mit und ohne Verwendung des Navigationssystems (n=193)

Seitenlokalisierung der Duraläsion	Ohne Navigation	n=	Mit Navigation	n=
Rechts	Lamina cribrosa	2	Hinteres Siebbein durch Einsetzen selbsthaltender Spekulae	1
	Ansatz der mittleren Muschel an Rhinobasis	1	Rezessus frontalis	1
Links		0	Lamina cribrosa (postoperativ mit Metallsauger)	1

In der Tabelle 11 sind die aufgetretenen Minor-Komplikationen dargestellt. Minor-Komplikationen waren bei 16 Patienten (15,4%), welche ohne Navigationssystem operiert wurden und bei 14 Patienten (15,7%), die mit Navigation operiert wurden, festzustellen.

Tabelle 11: Verteilung der Minor-Komplikationen

Minor-Komplikation	Ohne Navigation (n=104)		Mit Navigation (n=89)	
Epistaxis	7	6,7%	10	11,2%
Tränenwegsstenose	1	1,0%	1	1,1%
Lidödem, Lidhämatom	4	3,8%	1	1,1%
Periokuläres Hautemphysem	0	0,0%	1	1,1%
Septumhämatom	1	1,0%	0	0,0%
Septumabzess	1	1,0%	1	1,1%
Hämatom Vestibulum nasi, Nasenrücken	2	1,9%	0	0,0%
Gesamt	16	15,4%	14	15,7%

Postoperative Epistaxis wurde mit Hilfe von einer erneuten Nasentamponade in allen Fällen zum Stillstand gebracht. Bei den minimalen ophthalmologischen Komplikationen kam es zu keinen Visusveränderungen oder Motilitätsstörungen. Bei einem Patienten ohne Anwendung navigationsgestützter Chirurgie und einem Patienten aus der Gruppe mit navigationsgestützter Chirurgie entwickelte sich 5 Monate postoperativ eine Tränenwegsstenose, welche mit einer Dacryocystorhinostomie operativ behoben wurde.

Hinsichtlich des Auftretens von Minor-Komplikationen wurde ein signifikanter Unterschied zwischen den Patienten mit einem Ersteingriff im Bereich der Nasennebenhöhlen und voroperierten Patienten festgestellt. Dabei traten Minor-Komplikationen bei nicht-voroperierten Patienten signifikant häufiger auf als bei Rezidiveingriffen. Es konnten keine signifikanten Zusammenhänge zwischen dem Auftreten von Minor-Komplikationen und weiteren erhobenen Parametern festgestellt werden (Tabelle 12).

Tabelle 12: Auftreten von Minor-Komplikationen bei Betrachtung verschiedener Parameter (n=193) und bei einer Gesamt-Minor-Komplikationsrate von 15,5%

Parameter		Minor-Komplikation	p=
Geschlecht	männlich	11,4 %	0,97
	weiblich	4,1 %	
Navigation	ohne	8,3 %	0,95
	mit	7,3 %	
Art der Operation	Ersteingriff	12,4 %	0,08
	Rezidiveingriff	3,1 %	
Sanierte NNH	Kieferhöhlen-OP	0,5%	0,58
	Siebbeinhöhlen	1%	
	Siebbein-und Kieferhöhlen-OP	1%	
	Pansinus-OP	13%	
Operateur	Chefarzt, Oberarzt	6,7 %	0,27
	Facharzt	5,7%	
	Assistenzarzt	3,1%	

3.9 Antibiotikagabe

Eine begleitende intraoperative Gabe von Antibiotika erfolgte bei 28 Patienten (27 %) bei Nasennebenhöhleneingriffen ohne Verwendung eines Navigationssystems (n=104) und bei 33 Patienten (37 %) bei navigationsgestützten Eingriffen (n=89) in Form von einer single-shot-Gabe mit 600 mg Clindamycin. Ceftriaxon wurde in den Fällen mit aufgetretener Duraläsion verabreicht.

3.10 Anwendung des Navigationssystems

Nach einer navigationsgestützten Operation der NNH wurde ein pseudonymisiertes Protokoll unmittelbar postoperativ vom Operateur ausgefüllt. Es wurden die Daten zur Navigationsanwendung von 4 Patienten (4,5%) im Jahr 2005, 37 Patienten (41,6%) im Jahr 2006, 41 Patienten (46,1%) im Jahr 2007 und 7 Patienten (7,9%) im Jahr 2008 ausgewertet (Gesamt n= 89). Bei 55 Operationen (62 %) traten keine Probleme mit der Navigation auf. Insgesamt wurden bei 18 Patienten (21%) intraoperative Probleme beim Navigieren festgestellt. Hier trat als ein häufiges Problem die Dislokation des Stirnbandes zur Fixierung des Referenziersternes bei 12 Operationen (14%) auf (Abbildung 12 und 13). Dieses Problem konnte mit der Einführung eines neuen Stirnbandes mit Klebefixation minimiert werden, so dass bei 29 Patienten, bei welchen das neue Stirnbandmodell angewandt wurde, kein Problem mehr mit der Kopfbandfixation auftrat. In 10 Fällen (11%) musste eine zweite Referenzierung erfolgen, danach erfolgte eine problemlose Navigation. Ein Systemabsturz mit Neustart des Navigationssystems wurde in zwei Fällen dokumentiert (2%). Bei vier Operationen (4%) wurde die Navigation abgebrochen (Tabelle 13).



Abbildung 12: Regelhafte Lage des Stirnbandes (hier ohne Klebefixierung) zur Befestigung des Referenziersternes



Abbildung 13: Dislokation des Stirnbandes und somit auch des Referenziersternes bei beweglicher Kopfschwarte bzw. aufgrund der Schädelform.

Tabelle 13: Beurteilung der Navigation (n=89 Patienten) durch den Operateur

		n	Prozent	
Navigation ohne Probleme		55	62%	62%
Re-Registrierung	Materialprobleme (Stirnband disloziert, Stern defekt)	4	5%	11%
	Probleme mit Laser	2	2%	
	Erste Registrierung nicht zentriert	1	1%	
	Landmarkenregistrierung ungenau	1	1%	
	Erste Registrierung ungenau	2	2%	
Intraoperative Probleme	Ungenauigkeit > 3mm	5	6%	21%
	Ungenauigkeit, da Stern disloziert	12	14%	
	Bildqualität ungenügend	1	1%	
Systemabsturz/ Neustart	Bedienungsfehler	1	1%	2%
	Interne Fehlermeldung	1	1%	
Abbruch	Keine Registrierung möglich	1	1%	4%
	Keine Sammlung der Referenzierungspunkte	1	1%	
	Beim Referenzieren falsche Lokalisation der Punkte, kein Datenabgleich möglich	1	1%	
	CT-Datensatz unvollständig	1	1%	

Die durchschnittliche Registrierzeit betrug 8,8 min (Zeitspanne zwischen 2 min und 30 min, Standardabweichung 5,4). In der Registrierzeit sind sämtliche Vorbereitungen zum Justieren und Referenzieren des Navigationssystems inbegriffen, wenn der Patient sich bereits in Allgemeinanästhesie befand. In zwei Fällen finden sich keine Angaben zur Registrierzeit.

Für die Referenzierung wurde bei 82 Patienten (93 %) der Tracer verwendet, bei 5 Patienten (6 %) fand der Contour-Laser Anwendung. Bei zwei Patienten (2%) erfolgte ein Wechsel wegen Ungenauigkeit der Referenzierung mit dem Laser zum Tracer. In einem Fall erfolgte keine Angabe zum Registriergerät.

Angaben zur Genauigkeit erfolgten bei 80 Eingriffen. In 9 Fällen wurden keine Angaben bezüglich der Genauigkeit gemacht. Die geschätzten Werte wurden in 4 Gruppen eingeteilt und sind in Tabelle 14 und Abbildung 14 dargestellt.

Tabelle 14 : Genauigkeit bei 80 navigationsgestützten Operationen

Genauigkeit	Anzahl	Prozent	Mittelwert
0- 1 mm	40	50,0 %	0,9 mm
1,1- 2 mm	30	37,5 %	1,9 mm
2,1-4,9 mm	5	6,3 %	2,8 mm
> 5 mm	5	6,3 %	5,8 mm

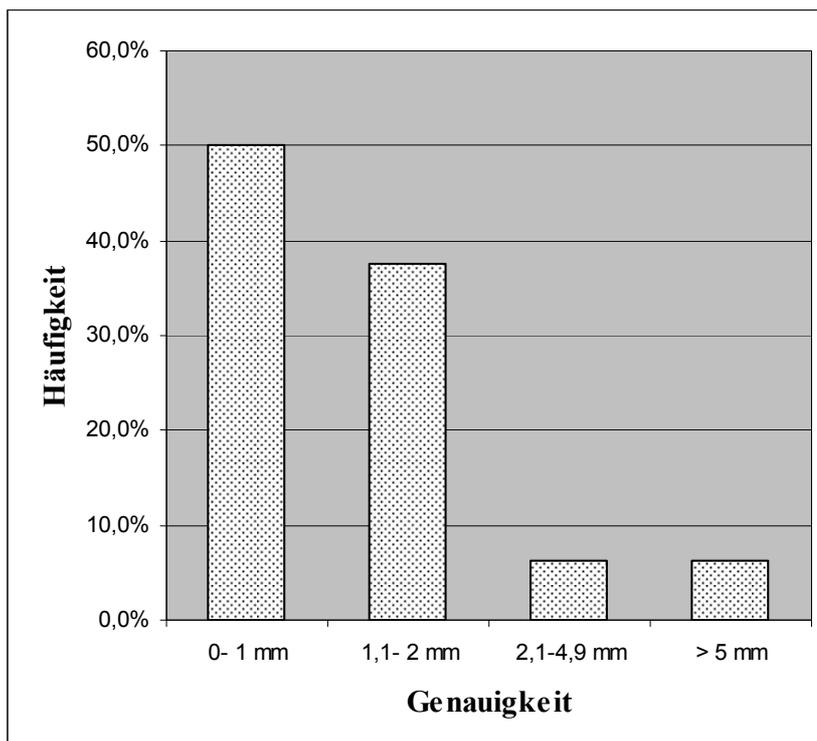


Abbildung 14 : Prozentuale Verteilung der Einschätzung zur Genauigkeit (n=80)

3.11 Perioperativer Blutverlust

In Anlehnung an Nutall und Palmer wurde für die Berechnung des geschätzten Blutverlustes bei einem operativen Eingriff zunächst der Hämoglobinverlust aus dem prä- und postoperativen Hämoglobinwert des Patienten, seinem Körpergewicht und ggf. erhaltenem allogenen oder autologen Erythrozytenkonzentrat, bei welchen jeweils von einem durchschnittlichen Hb-Gehalt von 65 g ausgegangen wird, bestimmt (Nutall et al., 1996; Nutall et al., 1998; Palmer et al., 2003). Die absolute Masse an Hämoglobin eines Patienten errechnet sich aus dem im Blut gemessenen Hb-Gehalt (g/l) multipliziert mit dem Blutvolumen. Das Blutvolumen kann errechnet werden als das Produkt des Körpergewichts in kg und einem geschlechtsspezifischen Faktor von 0,08 bei Männern und 0,07 bei Frauen in der Einheit l/kg.

Folgende Formeln fanden für die Berechnung des Hb-Verlustes Anwendung:

$$\begin{aligned} \text{Für Männer : Hb-Verlust} = & [\text{Hb-Wert präop. (g/l)} \times 0,08 \text{ (l/kg)} \times \text{Körpergewicht (kg)}] + \\ & [\text{Anzahl der transfundierten EK} \times 65 \text{ (g)}] - \\ & [\text{Hb-Wert postop. (g/l)} \times 0,08 \text{ (l/kg)} \times \text{Körpergewicht (kg)}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Für Frauen : Hb-Verlust} = & [\text{Hb-Wert präop. (g/l)} \times 0,07 \text{ (l/kg)} \times \text{Körpergewicht (kg)}] + \\ & [\text{Anzahl der transfundierten EK} \times 65 \text{ (g)}] - \\ & [\text{Hb-Wert postop. (g/l)} \times 0,07 \text{ (l/kg)} \times \text{Körpergewicht (kg)}] \end{aligned}$$

Der postoperative Hb-Wert wurde routinemäßig am Morgen des 1. postoperativen Tages bestimmt. Bei ausgeprägten intra- oder postoperativen Blutungen erfolgten mehrfache Blutbildkontrollen am Op-Tag. Insgesamt konnten bei 20 Patienten aufgrund fehlender Laborwerte keine Berechnungen des geschätzten Blutverlustes durchgeführt werden.

Mit Hilfe der folgenden Formel wurde der Blutverlust näherungsweise berechnet:

$$\begin{aligned} \text{Blutverlust (l)} = & \text{Hämoglobinverlust bei Op (g)} / \\ & [(\text{präop. Hb-Wert (g/l)} + \text{postop. Hb-Wert (g/l)}) : 2] \end{aligned}$$

Die Werte für den errechneten mittleren Blutverlust bei endonasalen NNH-Operationen mit und ohne Navigationsunterstützung sind in Tabelle 15 dargestellt. Ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen konnte nicht festgestellt werden ($p > 0,05$).

Tabelle 15: Errechnete Werte für den geschätzten mittleren Blutverlust bei 173 NNH-Eingriffen mit und ohne Navigationsunterstützung

	Anzahl der Patienten	Blutverlust	Standard-abweichung	Minimum	Maximum
Ohne Navigation	85	441 ml	545,3	-1704 ml	2202 ml
Mit Navigation	88	500 ml	537,7	-1589 ml	2319 ml

Die negativen Werte des errechneten Blutverlustes ergeben sich aus einem erhöhten postoperativen Hb-Wert im Vergleich zu dem präoperativ bestimmten Hb-Wert (siehe Formel). Eine Erklärung hierfür wären am ehesten Flüssigkeitsverschiebungen.

Bei den mikroskopisch-endoskopischen NNH-Operationen mit Verwendung eines Navigationssystems wurde zusätzlich der vom Operateur geschätzte Blutverlust erhoben. Dabei wurde der Anteil des intraoperativ abgesaugten Blutes nach Abzug der Spülflüssigkeit angegeben. Der durchschnittliche geschätzte Blutverlust betrug 336 ml (Minimum 50 ml, Maximum 1500 ml). Bei 6 von 89 ausgewerteten navigationsgestützten NNH-Eingriffen erfolgte keine Angabe zum geschätzten Blutverlust.

4. Diskussion

Die chronische Rhinosinusitis mit und ohne Polypenbildung betrifft 1-7 % der Gesamtbevölkerung. Die auftretenden Symptome führen zu einer Minderung der Lebensqualität (Caversaccio et al., 2008). Ein operativer Eingriff ist dann indiziert, wenn ein Behandlungsversuch mit antientzündlich wirksamen topischen und systemischen Kortikosteroiden fehlschlug. Heute gelten als Goldstandard endonasale, optisch kontrollierte und an der Nasennebenhöhlenphysiologie orientierte Operationsmethoden (Hosemann, 2003). Die Nähe der Nasennebenhöhlen zu lebenswichtigen anatomischen Strukturen wie dem Gehirn, der Arteria carotis interna und der Orbita sowie die im Rahmen von NNH-Eingriffen immer wieder auftretenden ernsthaften Komplikationen trieben in den letzten 20 Jahren die Entwicklung von intraoperativen Navigationssystemen voran. Die intraoperative Navigation hat zum Ziel, die räumliche Orientierung in schwierigen Situationen zu verbessern und folglich die Sicherheit während der Operation für den Patienten zu erhöhen (Khan et al., 2003). Jeder Operateur, unabhängig vom Erfahrungsgrad, kann sich bei einem routinemäßigen NNH-Eingriff in einer unerwarteten und kritischen Situation befinden. Hier soll die Navigation eine Hilfestellung sein (Stelter et al., 2006). Dabei wird die aktuelle Position des Operationsinstrumentes in einem präoperativ angefertigten CT- oder MRT-Bild dargestellt und hilft so anatomische Strukturen zu identifizieren. Zunächst wird vom Navigationsgerät ein 3D-Modell aus dem präoperativen Bilddatensatz erstellt. Dann erfolgt ein Abgleich (Referenzierung, Registrierung, Matching) des Modells mit der realen Patientenanatomie. Dieser Abgleich und die Koordinatenerfassung des Messinstrumentes für die Echtzeit-Navigation werden heutzutage vor allem mittels elektromagnetischer oder optischer Messverfahren umgesetzt. Optische Systeme haben die größte Verbreitung und arbeiten mit LED-bestückten Instrumenten (lichtemittierend = aktives System) und/oder mit lichtreflektierenden (= passives System) Instrumenten. Mit einer Präzisionsinfrarotlichtkamera kann die aktuelle Position des Messinstrumentes errechnet werden. Zunehmende Verbreitung findet die Registrierung über die Oberfläche des Patientengesichtes mittels Berührungsstick oder Laserstrahlen. Alternativ hierzu finden Schrauben, Masken oder Klebmarker Verwendung (Caversaccio et al., 2008). Ein Headset am Patientenkopf stellt während des Eingriffs sicher, dass bei Lageveränderung des Kopfes die Korrelation erhalten bleibt. Die Genauigkeit des Navigationssystems (am häufigsten bezeichnet als target registration error) wird meist mit 1,5-2 mm angegeben (Fried et al., 2008).

Die vorliegende nicht randomisierte Studie analysiert 193 endonasale, mikroskopisch-endoskopisch durchgeführte Nasennebenhöhlenoperationen mit und ohne Unterstützung eines Navigationssystems bei chronisch-polypöser Rhinosinusitis an der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie des Universitätsklinikums Halle (Saale). Die Eingriffe ohne Navigationsunterstützung (n=104) erfolgten in einem Beobachtungszeitraum zwischen 01/2003-06/2005 und mit Navigationsunterstützung (n=89) zwischen 12/2005-02/2008. Das verwendete Navigationssystem Stealth Station® TREON (Firma Medtronic GmbH, Meerbusch, Deutschland) basiert auf einem sowohl aktiven und/ oder passiven optischen Messverfahren.

Das Gesamtkollektiv von 193 Patienten, von denen 89 mit und 104 ohne Navigationsunterstützung operiert wurden, ist vergleichbar mit anderen Vergleichsstudien wie zum Beispiel von Hepworth et al. (2006) mit 239 Patienten (60 mit versus 179 ohne Navigationsunterstützung), von Fried et al. (2002) mit 158 Patienten (97 mit versus 61 ohne Navigationsunterstützung) und von Eliashar et al. (2003) mit 165 Patienten (34 mit versus 131 ohne Navigationsunterstützung). Zu Beginn unserer Auswertung bestand eine Größengleichheit der zu vergleichenden Gruppen. Jedoch mussten einige Patienten, vorwiegend aus dem Kollektiv mit Verwendung eines Navigationssystems, von der Auswertung ausgeschlossen werden. Eines der häufigsten Ausschlusskriterien war hierbei das Vorliegen eines malignen histologischen Befundes. Folglich ist die Vergleichbarkeit dieser größendifferenten Kollektive eingeschränkt. Auch die teilweise unvollständigen Angaben zu den erhobenen Parametern in den Patientenakten führten zu einer entsprechenden Minderung der Fallzahlen. Zusätzlich muss angemerkt werden, dass die statistische Auswertung von nicht-randomisierten und ungleich großen Gruppen problematisch ist. Auch wegen der nicht so umfangreichen Gesamtanzahl von 193 Patienten ist bei der Interpretation der Ergebnisse eher von Tendenzen auszugehen. Um endonasale Nasennebenhöhleneingriffe ohne bzw. mit Navigationsunterstützung hinsichtlich ihrer Effizienz, Sicherheit und weiteren Parametern vergleichen zu können, benötigt man eine multizentrische, prospektiv angelegte und randomisierte Studie. Die Durchführung einer solchen Studie ist jedoch aufgrund der hohen benötigten Patientenanzahl, der ethischen Aspekte bei der Randomisierung, der unterschiedlichen Komplexität der Eingriffe und aufgrund der Variabilität der chirurgischen Fähigkeiten problematisch (Hörmann und Riedel, 1998).

Bezüglich der Altersverteilung ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen den in der vorliegenden Arbeit analysierten Gruppen, somit sind die Gruppen vergleichbar. In der Gruppe ohne Verwendung eines Navigationssystems betrug das mittlere Alter 51,3 Jahre, in der navigationsgestützt operierten Gruppe 53,4 Jahre. Eine ähnliche Altersverteilung wurde in den Publikationen von Hepworth et al. (2006) mit einem mittleren Alter von 46,5 Jahren, bei Eliashar et al. (2003) von 46 Jahren und bei Stelter et al. (2006) von 53 Jahren dokumentiert. In der Studie von Thomaser et al. (2007) waren die navigationsgestützt-operierten Patienten durchschnittlich 50 Jahre alt, die nicht-navigationsgestützt operierten Patienten 47 Jahre alt.

Bei den 193 Patienten handelte es sich um 142 (73,6 %) Männer und 51 (26,4 %) Frauen. Der hohe männliche Anteil mit einem Verhältnis Männer zu Frauen von 3:1 ist besonders auffällig. Unterschieden nach Männern und Frauen ergibt sich kein signifikanter Unterschied zwischen dem Patientenkollektiv mit bzw. ohne Verwendung eines Navigationssystems. Die Geschlechtsverteilung variiert deutlich bei verschiedenen Autoren und lässt auf keine Tendenz zurückschließen. In der Untersuchung von Hepworth et al. (2006) waren 51% der Patienten männlich und 49 % weiblich. Bei Tabae et al. (2003) überwog das männliche Geschlecht mit 63%, der Anteil der Frauen betrug 37 %. Die 368 Patienten in der Publikation von Stelter et al. (2006) teilten sich in 54% Männer und 46% Frauen auf. In der demographischen Studie von Martin et al. (2006) mit über 500.000 Patienten mit CRS, welche sich einer endoskopischen endonasalen Nasennebenhöhlenoperation unterzogen haben, überwog wiederum geringgradig das weibliche Geschlecht mit 52,7%, der Anteil der Männer betrug 47,3%. Eine schlüssige Erklärung für die deutliche Prävalenz von männlichen Patienten in der vorliegenden Studie, die sich einer Nasennebenhöhlenoperation unterziehen mußten, konnten wir nicht finden.

Die polypöse chronische Rhinosinusitis mit einem konsekutiven endonasalen Nasennebenhöhleneingriff galt als Einschlusskriterium für diese Studie. Die Diagnose chronische Pansinusitis wurde bei 82 Patienten (92,1%) mit navigationsgestützter Chirurgie signifikant häufiger dokumentiert als in der Patientengruppe ohne Navigationschirurgie, wo sie bei 83 Patienten (79,8%) festgestellt wurde. Wiederum wurde die chronische Sinusitis maxillaris bei 10 Patienten (9,6%) in der Gruppe ohne Verwendung eines Navigationssystems signifikant häufiger diagnostiziert als im Patientenkollektiv mit Verwendung eines Navigationssystems, wo sie in keinem Fall zu dokumentieren war. Eine

mögliche Erklärung hierfür wäre, dass die Durchführung einer solitären Kieferhöhlenoperation im Allgemeinen keiner Navigationsunterstützung bedarf.

Der Vergleich zu anderen Publikationen mit Verwendung eines Navigationssystems ist schwierig, da neben der CRS auch benigne und maligne Raumforderungen im Bereich der Nasennebenhöhlen sowie traumatologische Indikationen mit eingeschlossen wurden. Somit besteht hier eine hohe Variabilität bezüglich der Operationsindikationen. Zusätzlich wurde in vielen Studien mit Navigationsanwendung auf eine Subklassifikation der CRS hinsichtlich der betroffenen Nasennebenhöhlen verzichtet. In der Studie von Hepworth et al. (2006) wurden Patienten mit chronischer Rhinosinusitis für endoskopische NNH-Eingriffe mit und ohne Verwendung eines Navigationssystems untersucht. Eine polypöse Form der CRS war dabei bei 156 Patienten (65%) von 239 festzustellen. In der Untersuchung von Fried et al. (2002) wurde die Operationsindikation CRS bei insgesamt 160 Patienten in eine nicht-polypöse (39,4%) und polypöse Form (60,6%) unterteilt.

Der Vergleich der Ergebnisse dieser Untersuchung mit Studien verschiedener anderer Autoren ist aufgrund der fehlenden einheitlichen Einteilung der NNH-Eingriffe bezüglich der Operationsausdehnung problematisch (Bernal-Sprekelsen et al., 2004). Bei dem hier untersuchten Patientenkollektiv wurde eine Pansinusoperation bei 84 Patienten (80,8%) ohne Verwendung eines Navigationssystems und bei 81 Patienten (91%) mit Navigationsunterstützung durchgeführt. Dieser Unterschied ist als signifikant anzugeben. Ebenfalls wurden im Patientenkollektiv ohne navigationsgestützte Chirurgie signifikant häufiger alleinige Kieferhöhleneingriffe durchgeführt als bei Patienten mit navigationsgestützter Chirurgie (11 (10,6%) vs. 0). Im Gegensatz zur alleinigen Kieferhöhlensanierung ist eine Pansinusoperation ein ausgedehnterer Eingriff und folglich auch komplizierter einzustufen. Computerassistierte Chirurgie hat zum Ziel, die Sicherheit und die Orientierung insbesondere bei solchen Eingriffen zu erhöhen. Dies wäre eine Erklärung für die signifikant häufigere Durchführung einer Pansinusoperation mit Verwendung eines Navigationssystems in dem untersuchten Kollektiv.

In der Untersuchung von Hepworth et al. (2006) wurden Pansinusoperationen nur tendenziell häufiger mit Navigationsunterstützung als ohne (97% versus 93% der Patienten) durchgeführt.

Bei insgesamt 121 Patienten (62,7%) des Gesamtkollektivs wurde eine Nasenseptumplastik durchgeführt. Außerdem erfolgte bei 138 der Patienten (71,5%) eine Conchotomie der unteren Nasenmuschel. Hinsichtlich der durchgeführten flankierenden Maßnahmen ergibt sich kein signifikanter Unterschied zwischen der Gruppe mit bzw. ohne Navigationsanwendung. Die in der Literatur dokumentierten Häufigkeiten variieren zwischen 26% bis 98% für eine zusätzlich durchgeführte Septumplastik und zwischen 8% bis 50% für eine Conchotomie der unteren Nasenmuschel bei navigationsgestützten NNH-Eingriffen (Tabaee et al., 2003; Hepworth et al., 2006). Damit wird deutlich, dass es sich bei diesen Begleitmaßnahmen um eine nicht allgemein anerkannte Vorgehensweise handelt und der Entscheidung des Operateurs obliegt.

Der Einsatz navigationsgestützter Chirurgie soll die Orientierung in einem durch Voroperationen veränderten Operationssitus, wo anatomische Landmarken als wichtige Orientierungspunkte fehlen, verbessern. Bei insgesamt 193 ausgewerteten endonasalen NNH-Eingriffen handelte es sich in 37 Fällen (36%), welche ohne Verwendung eines Navigationssystems durchgeführt wurden, und in 44 Fällen (49%), welche navigationsgestützt durchgeführt wurden, um eine Revisionsoperation. Hierbei ist eine deutliche Tendenz zu erkennen, dass in der Gruppe mit Verwendung eines Navigationssystems die Patienten häufiger voroperiert waren als in der Vergleichsgruppe ohne Navigationsunterstützung. Hier dokumentiert sich die bewußte Entscheidung des Operateurs für die Verwendung des Navigationssystems bei einem Rezidiveingriff, um seine Orientierung in einem veränderten Operationssitus zu verbessern und die Sicherheit der Operation zu erhöhen. Auch in der Vergleichsstudie von Fried et al. (2002) überwiegt der Anteil an voroperierten Patienten bei den endonasalen endoskopischen Eingriffen mit Navigationsunterstützung gegenüber dem Kollektiv ohne Navigationsanwendung (45,4% versus 28,6%).

In der vorliegenden Studie wurden die eingeschlossenen mikroskopisch-endoskopischen endonasalen NNH-Eingriffe von verschiedenen Operateuren mit unterschiedlichem Erfahrungsgrad durchgeführt. Navigationsgestützte NNH-Eingriffe wurden signifikant häufiger von einem Chefarzt bzw. Oberarzt und etwas seltener von einem Facharzt und Assistenzarzt durchgeführt als nicht-navigationsgestützte NNH-Operationen.

Aufgrund dieser Unterschiede ist die Vergleichbarkeit der operationsbezogenen Daten, insbesondere der Komplikationen, zwischen der Gruppe mit bzw. ohne Navigationsanwendung eingeschränkt. Navigationssysteme sollen bei ausgedehnten und komplizierten Befunden dem Operateur eine Hilfestellung sein. Wie bereits oben beschrieben, wurde bei Patienten mit Rezidiveingriffen häufiger die Navigation verwendet. Rezidivoperationen setzen einen hohen anatomischen Kenntnisstand und operativen Erfahrungsgrad voraus, um auch bei einem durch Voroperationen veränderten Operationssitus eine größtmögliche Sicherheit zu erlangen. Folglich wurden navigationsgestützte NNH-Operationen häufiger von einem Operateur mit einem fortgeschrittenen Erfahrungsgrad durchgeführt.

Weiterhin sind Navigationssysteme wichtig für die Ausbildung von jungen HNO-Assistenzärzten. An der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie des Universitätsklinikums Halle (Saale) wurden deshalb häufig NNH-Eingriffe mit Navigationsunterstützung unter Leitung eines erfahrenen Operateurs (Chefarzt bzw. Oberarzt) durchgeführt, um junge Kollegen zu instruieren und mit Hilfe des Navigationssystems die intraoperativ vorgefundenen anatomischen Verhältnisse anhand der CT-Bilder zu erklären.

In der vorgelegten Arbeit wurde analysiert, inwieweit die Operationsdauer von der Anwendung eines Navigationssystems beeinflusst wird. Die Operationsdauer bei den hier erfassten nicht-navigationsgestützt durchgeführten NNH-Eingriffen ist mit 90 min signifikant kürzer anzugeben als bei navigationsgestützt durchgeführten Operationen mit 112 min (inklusive der Registrierzeit). In der Registrierzeit sind sämtliche Vorbereitungen zum Justieren und Referenzieren des Navigationssystems inbegriffen, wenn der Patient sich bereits in Allgemeinanästhesie befand. Die durchschnittliche Registrierzeit betrug 8,8 min. In anderen Studien kam man zu ähnlichen Ergebnissen. Es ist jedoch kritisch anzumerken, dass der Begriff OP-Dauer uneinheitlich verwendet wird und je nach Autor die tatsächliche Operationsdauer oder die Zeit im OP-Saal gemeint ist. Bei Fried et al. (2002) dauerten die navigationsgestützten NNH-Operationen mit 173 min signifikant länger als die nicht-navigationsgestützt durchgeführten NNH-Eingriffe mit 151 min. Chu (2006) berichtet über eine OP-Dauer von 112,3 min bei endonasalen NNH-Eingriffen mit Navigationsunterstützung. Die Verlängerung der OP-Zeit wurde in der Untersuchung von Metson et al. (2000) als der größte Nachteil beim Einsatz eines Navigationssystems von 71% der Operateure angegeben. An diesem Punkt müssen auch

ökonomische Aspekte bei der Verwendung eines Navigationssystems bedacht werden. Laut Strauss et al. (2006) führt die Verwendung von Navigationssystemen bei FESS neben einer verlängerten OP-Zeit aber auch zu einer Zeiteinsparung im OP-Saal durch den Wechsel der chirurgischen Strategie von durchschnittlich - 8,94 min. Ein solcher Wechsel der chirurgischen Strategie wurde bei 47,9% der Anwendungen des Navigationssystems in der Studie von Strauss et al. (2006) beschrieben.

Weiterhin wurde in dieser Studie untersucht, ob der Erfahrungsgrad des Operateurs Einfluss auf die Dauer der Nasennebenhöhlenoperation hat. Bei Operationen ohne Anwendung eines Navigationssystems sank die Operationsdauer mit steigendem Erfahrungsgrad des durchführenden Operateurs von 106,8 min bei einem Assistenzarzt, auf 94,7 min bei einem Facharzt und auf 69,4 min bei einem Chefarzt bzw. Oberarzt. Geringgradig anders verhielt es sich bei den NNH-Eingriffen mit Verwendung eines Navigationssystems. Bei Durchführung der Operation durch einen Chefarzt bzw. Oberarzt betrug die durchschnittliche Operationsdauer 97,9 min, bei einem Facharzt 126,8 min und bei einem Assistenzarzt 112,7 min. In der Studie von Weber et al. (1998) wird ebenfalls über die Verkürzung der OP-Dauer mit zunehmendem Erfahrungsgrad des Operateurs bei endonasalen NNH-Operationen ohne Verwendung eines Navigationssystems berichtet. Dies unterstreicht unsere Ergebnisse bei den hier ausgewerteten endonasalen NNH-Eingriffen. Wie bereits erwähnt war die längste Operationszeit bei den navigationsgestützten NNH-Eingriffen bei den Fachärzten zu verzeichnen. Einen schlüssigen Erklärungsansatz bietet diese Studie hierfür nicht. Ein Facharzt führt seltener eine Operation zusammen mit einem Chefarzt /Oberarzt durch, während ein Assistenzarzt grundsätzlich der Aufsicht durch einen Facharzt/Oberarzt/Chefarzt bedarf. Dadurch ist er häufiger auf sich alleine gestellt und benötigt mit seinem mittleren Erfahrungsgrad etwas mehr Zeit, um eine Entscheidung zu fällen, als ein Kollege mit einem höheren Erfahrungsgrad (Chefarzt bzw. Oberarzt), welcher einen jüngeren Kollegen instruiert.

Es ist anzumerken, dass dieser Vergleich durch die ungleichmäßige, nicht-randomisierte Verteilung der Operateure hinsichtlich ihres Erfahrungsgrades und ihrer operativen Fähigkeiten in den Gruppen mit bzw. ohne Navigationschirurgie nur bedingt aussagekräftig ist.

Komplikationen in der endonasalen NNH-Chirurgie sind zwar selten, andererseits, aufgrund der komplizierten Anatomie des Nasennebenhöhlensystems und seiner Nähe zu lebenswichtigen Strukturen, aber schwerwiegend (Weber und Drafi, 1992). Desorientierung während eines NNH-Eingriffes kann zu ernsthaften endokraniellen und orbitalen Komplikationen führen. Der Einsatz von Navigationschirurgie soll die Orientierung des Operateurs verbessern und die Sicherheit des Eingriffes erhöhen. In der Untersuchung von Metson et al. (2000) wurde eine erhöhte operative Sicherheit von 85 % durch CAS durch die Operateure angegeben. Auch Strauss et al. (2006) dokumentiert in seiner Untersuchung bei endonasalen NNH-Eingriffen mit Navigationsunterstützung eine Entlastung des Chirurgen während der Operation besonders in Stressphasen (z.B. beim Aufsuchen der Schädelbasis oder der Keilbeinhöhle). Strauss et al. (2006) konnte belegen, dass der Chirurg mehr von der kognitiven Entlastung profitiert als er von den Zusatzinformationen des Navigationssystems abgelenkt oder beansprucht wird.

Eine zentrale Fragestellung der vorliegenden Studie war, ob Unterschiede hinsichtlich der Inzidenz von intra- u. postoperativen Komplikationen bei endonasalen mikroskopisch-endoskopischen NNH-Eingriffen mit und ohne Navigationsunterstützung bei chronisch-polypöser Rhinosinusitis zu verzeichnen sind. Hierfür wurden aufgetretene Komplikationen je nach Schweregrad in Major- und Minor-Komplikationen klassifiziert (modifiziert nach May et al., 1994).

Bei den 104 mikroskopisch-endoskopischen NNH-Eingriffen ohne Navigationsunterstützung traten bei 8 Patienten (7,7%) Major-Komplikationen auf. Im Patientenkollektiv (n =89) mit Navigationsunterstützung wurde bei 5 Patienten (5,6%) eine Major-Komplikation dokumentiert. Im Patientenkollektiv ohne Verwendung eines Navigationssystems traten folgende Major-Komplikationen auf: in 3 Fällen (3%) eine intraoperative Duraläsion, in einem Fall (1%) eine nicht-transfusionspflichtige intraoperative Blutung, in 2 Fällen eine transfusionspflichtige intraoperative Blutung und in einem Fall (1%) eine verstärkte postoperative Blutung mit nachfolgender operativer Stillung. Einen Sonderfall stellte eine Blutung bei einem vollheparinisierten Patienten (1%) dar. Im Patientenkollektiv mit navigationsgestützter NNH-Chirurgie trat als Major-Komplikation bei 3 Patienten (3,4%) eine Duraläsion, wobei eine Duraverletzung erst postoperativ gesetzt wurde, und bei 2 Patienten (2,2%) eine nicht-transfusionspflichtige intraoperative Blutung auf. In keinem Fall trat eine endokranielle Blutung

oder Verletzung, Meningitis, Läsion des Nervus opticus, Visusminderung, Augenmotilitätsstörung oder letale Komplikation auf.

Es ergab sich kein signifikanter Unterschied hinsichtlich des Auftretens von Major-Komplikationen zwischen den ausgewerteten nicht-navigationsgestützten bzw. navigationsgestützten NNH-Operationen. Jedoch ist tendenziell eine niedrigere Häufigkeit von Major-Komplikationen bei NNH-Eingriffen mit Verwendung eines Navigationssystems zu erkennen.

Der Vergleich mit anderen in der Literatur angegebenen Komplikationsraten wird durch die uneinheitliche Einteilung in schwere („Major“) und leichte („Minor“) Komplikationen erschwert. Die Auswahl der verwendeten Literatur zum Vergleich der Komplikationsraten orientierte sich an einer weitestgehend gleichen Einteilung in schwere und leichte Komplikationen wie in der vorliegenden Studie.

Ein in der Literatur häufig diskutierter Sachverhalt ist der Einfluss des Erfahrungsgrades des Operateurs auf die Komplikationsrate. Wie oben bereits erwähnt, wurden navigationsgestützte Eingriffe in der vorliegenden Studie signifikant häufiger von einem Chefarzt bzw. Oberarzt durchgeführt als NNH-Operationen ohne Verwendung eines Navigationssystems. Es wurden keine Unterschiede der Komplikationsraten bezüglich der verschiedenen Erfahrungsgrade der durchführenden Operateure festgestellt. Auch Bernal-Sprekelsen et al. (2004) konnte keinen Zusammenhang zwischen dem Erfahrungsgrad des Operateurs und dem Auftreten von Komplikationen bei endonasalen NNH-Eingriffen feststellen. Im Gegensatz dazu beobachtete Keerl et al. (1999) eine höhere Inzidenz schwerer Komplikationen bei erfahrenen Chirurgen, da diese kompliziertere Fälle und ausgedehntere Eingriffe durchführen. Es muss kritisch vermerkt werden, dass in der vorliegenden Untersuchung die Anzahl der von Assistenzärzten durchgeführten Eingriffe deutlich niedriger ist als die von erfahreneren Kollegen (Chefarzt, Oberarzt, Facharzt). Somit sind dem Vergleich der Komplikationsraten hinsichtlich des Erfahrungsgrades des Operateurs Grenzen gesetzt.

Weiterhin konnte keine erhöhte Komplikationsrate bei Rezidiveingriffen aufgrund eines erhöhten Risikos bei fehlenden Landmarken beobachtet werden. Bernal-Sprekelsen et al. (2004) konnte ebenfalls keine erhöhte Komplikationsrate bei Rezidiveingriffen feststellen. Im Gegensatz dazu berichtete Aletsee et al. (2003) über eine erhöhte Komp-

likationsrate bei Revisionseingriffen (8,8%) im Vergleich zu Primäreingriffen (6,7%) an den Nasennebenhöhlen bei Sinusitis und benignen Tumoren.

Die in dieser Arbeit erfassten Häufigkeiten von Major-Komplikationen von 7,7% bei nicht-navigationsgestützten Eingriffen und von 5,6% bei navigationsgestützten Eingriffen liegen in einer ähnlichen Größenordnung wie in anderen Publikationen. Hepworth et al. (2006) berichtete bei 179 nicht-navigationsgestützten und 60 navigationsgestützten endonasalen NNH-Eingriffen bei chronischer Rhinosinusitis über Major-Komplikationen bei 6,1% Patienten ohne Navigationsunterstützung und bei 6,7% Patienten mit Navigationsunterstützung und konnte somit keine signifikanten Unterschiede bei Eingriffen mit bzw. ohne Navigationsunterstützung hinsichtlich der Komplikationsrate feststellen. Interessant ist, dass in der Hepworth-Studie (2006) bei 4 Patienten (2,2%) mit einem NNH-Eingriff ohne Navigationsunterstützung und in keinem Fall bei NNH-Operationen mit Verwendung eines Navigationssystems ein Duraleck dokumentiert wurde. In der Studie von Hepworth et al. (2006) war jedoch wiederum die Häufigkeit für eine Verletzung der Lamina papyracea mit 5% bei navigationsgestützten NNH-Eingriffen höher als bei nicht-navigationsgestützten Operationen mit 2,2%. In einer anderen Vergleichsstudie von Fried et al. (2002) wurde die Häufigkeit von Major-Komplikationen mit 1% bei 97 navigationsgestützten bzw. 11% bei 63 NNH-Operationen ohne Verwendung eines Navigationssystems erfasst. Dieser Unterschied war signifikant. Im Gegensatz zu Hepworth et al. (2006) wurde in der Untersuchung von Fried et al. (2002) eine Verletzung der Lamina papyracea häufiger bei nicht-navigationsgestützten NNH-Eingriffen (4,8%) als bei navigationsgestützten NNH-Eingriffen (1%) dokumentiert. Stelter et al. (2006) berichtete über eine Häufigkeit von Major-Komplikationen von 5,9 % bei 368 navigationsgestützt durchgeführten NNH-Operationen. Dabei handelte es sich bei allen Patienten ausschließlich um eine starke intraoperative Blutung. In der retrospektiven Untersuchung von Reardon (2003) mit 800 Patienten, welche je zur Hälfte mit oder ohne Anwendung eines Navigationssystems operiert wurden, konnte Reardon vergleichbare Komplikationsraten in beiden Kollektiven feststellen.

Eine zusätzliche Erwähnung soll die in dieser Studie beobachtete Seitenpräferenz der aufgetretenen Duraläsionen finden. Alle drei Fälle von intraoperativen Duraverletzungen (3%) bei nicht-navigationsgestützten NNH-Eingriffen waren im rechtssei-

tigen Bereich der Rhinobasis lokalisiert. Auch zwei von insgesamt drei dokumentierten Duraläsionen (3,4%) bei den navigationsgestützten NNH-Eingriffen befanden sich auf der rechten Seite im Bereich des Rezessus frontalis und im hinteren Siebbeinbereich. Eine Duraverletzung war im Bereich der Lamina cribrosa links zu verzeichnen und trat am 3. postoperativen Tag nach einer Wundhöhlenreinigung mit einem Metallsauger auf. Das häufigere Auftreten von Komplikationen auf der rechten Seite wurde bereits von Stankiewicz (1991) als auch Weber und Draf (1992) beobachtet. Sie erklärten dieses Phänomen durch den ungünstigen Blickwinkel des rechts vom Patienten stehenden Operateurs auf das ipsilaterale NNH-System. Um dabei optimale Einsicht zu gewinnen, müsse sich der Operateur häufig mehr über den Patienten beugen und hätte so eine erschwerte Kontrolle über seine Operationsinstrumente. Auch Hepworth et al. (2006) berichtete, dass 3 von 4 aufgetretenen Duraläsionen im rechten Siebbein lokalisiert waren.

Eine Minor-Komplikation wurde in 16 Fällen (15,4%) der ausgewerteten endonasalen NNH-Operationen ohne Verwendung eines Navigationssystems und in 14 Fällen (15,7%) der navigationsgestützten NNH-Operationen dokumentiert. Am häufigsten wurde eine Blutung aus endonasalen Gefäßen (Epistaxis) beobachtet: bei 7 Patienten (6,7%) bzw. 10 Patienten (11,2%) im Patientenkollektiv ohne bzw. mit Verwendung eines Navigationssystems. Seltener traten ein periokuläres Hämatom oder Hautempysem, ein Septumhämatom oder -abszeß, ein Hämatom im Vestibulumbereich oder eine postoperative Tränenwegsstenose auf. Bei orbitalen Komplikationen traten keine Visus- oder Motilitätsbeeinträchtigungen auf. Alle Minor-Komplikationen heilten folgenlos aus.

In der statistischen Auswertung konnten keine Zusammenhänge zwischen dem Auftreten von Minor-Komplikationen und den folgenden Parametern festgestellt werden: Geschlecht des Patienten, Art des NNH-Eingriffes, Operateur und Durchführung einer Septumplastik und/ oder Conchotomie. Den einzigen Unterschied stellte das häufigere Vorkommen von Minor-Komplikationen bei Ersteingriffen im Bereich der NNH dar. Einen schlüssigen Erklärungsansatz für dieses Ergebnis konnten wir nicht finden.

Die hier erhobenen Komplikationsraten für Minor-Komplikationen von 15,4% bei nicht-navigationsgestützten bzw. 15,7% bei navigationsgestützten NNH-Eingriffen

liegen oberhalb der in der Literatur beschriebenen Angaben. In der Publikation von Hepworth et al. (2006) wurde die Häufigkeit für Minor-Komplikationen mit 3,9% bei nicht-navigationsgestützten bzw. mit 5% bei navigationsgestützten NNH-Eingriffen angegeben. Die Häufigkeiten für Minor-Komplikationen bei nicht-navigationsgestützten Eingriffen variieren in der Literatur zwischen 5,4% bis 8,3 % (Dessi et al., 1994; Martin et al., 2006; Ling und Kountakis, 2007). Besonders auffällig in der vorliegenden Untersuchung ist die vergleichsweise hohe Inzidenz von postoperativen Blutungen aus nasalen Gefäßen (Epistaxis) bei 6,7% der nicht-navigationsgestützt operierten Patienten bzw. 11,2% der navigationsgestützt operierten Patienten. Als Epistaxis wurden alle Fälle erfasst, bei welchen eine mehrzeitige postoperative Nasenblutung dokumentiert wurde. In der Mehrzahl der Fälle handelte es sich um eine leichte Blutung, welche in allen Fällen mit einer erneuten Nasentamponade zum Stillstand gebracht wurde. Eine mögliche Erklärung für die hohe Inzidenz der Epistaxis in der vorliegenden Studie ist, dass durch den hohen Prozentsatz von durchgeführten Conchotomien bei 72,1% bzw. 60,7% der endonasalen NNH-Eingriffe ohne bzw. mit Verwendung eines Navigationssystems es zu einer häufigeren Blutung aus der unteren Nasenmuschel kam. Eine Nachblutung aus dem Nasennebenhöhlen-Septum erscheint eher unwahrscheinlich.

Die vorgelegte Arbeit analysiert die Anwendbarkeit des optischen Navigationssystems Stealth Station®TREON (Firma Medtronic GmbH, Meerbusch, Deutschland) bei mikroskopisch-endoskopischen Nasennebenhöhleneingriffen an der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie des Universitätsklinikums Halle (Saale). Dafür wurden 89 Navigationsprotokolle, welche postoperativ vom Operateur ausgefüllt wurden, ausgewertet. Es zeigte sich, dass bei 55 Operationen (62%) eine komplikationslose Navigation erfolgte. Bei 10 Patienten (11%) musste eine erneute Registrierung aufgrund von Registrierungsschwierigkeiten, Problemen mit dem Laser und Materialproblemen erfolgen. Dabei erwies sich in 2 Fällen das Gewicht des Fazers (Handstück für die Laserregistrierung) und die schlechte Handhabung des Lasers als nachteilig. Bei 18 Operationen (21%) traten intraoperative Probleme im Sinne einer Ungenauigkeit >3mm beim Navigieren auf. Dies wurde bei 12 Operationen (14%) durch die Dislokation des Stirnbandes zur Fixierung des Referenziersternes verursacht. Dieser Referenzierstern ermöglicht eine intraoperative Kopfnachführung und erhält die Korrelation. Das Stirnband wies eine unzureichende Stabilität bei anatomischen Variationen des Patientenschädels und/ oder bei vermehrter Schweißsekretion der Stirnhaut

auf. Nach Wechsel zu einem neuen Stirnbandmodell mit Klebefixierung trat bei den folgenden 29 Operationen kein Fall einer Stirnbanddislokation auf. Bei zwei Eingriffen (2%) kam es zu einem Systemabsturz und es musste ein Neustart des Navigationssystems erfolgen. Bei 3 Patienten (3%) wurde die Navigation aufgrund fehlerhafter Registrierung abgebrochen. Bei einem Patient (1%) konnte aufgrund eines unvollständigen CT-Datensatzes keine Navigation erfolgen. Die beobachtete Häufigkeit von Navigationsproblemen spiegelt die Ergebnisse anderer Anwendungsuntersuchungen von Navigationssystemen wieder. In den Studien von Grevers et al. (2002) mit 102 Patienten, von Khan et al. (2003) mit 60 Patienten und Stelter et al. (2006) mit 202 Patienten wurde die Anwendbarkeit des optisch-basierten Vector-Vision-Compact®-Systems (Fa. Brainlab, Heimstetten) geprüft. Bei Grevers et al. (2002) musste die Oberflächenregistrierung bei 20,6% der NNH-Eingriffe zweimalig und bei 5,9% der Eingriffe mehrmalig erfolgen. Khan et al. (2003) dokumentierte bei 37% der Eingriffe intraoperative Navigationsprobleme einschließlich einer Systemungenauigkeit >5mm, bei 12 % einen Systemabsturz und bei 5% einen Abbruch der Navigation. In der Studie von Stelter et al. (2006) konnte trotz einer Re-Registrierung bei 45% der Operationen bei insgesamt 5,4% keine Navigation erfolgen. Dabei war bei 3% der operativen Eingriffe eine inakzeptable intraoperative Ungenauigkeit, bei 1,4% technische Fehler und bei 1% mangelhafte CT-Scans ursächlich. Die Verschiebung des Referenzierrahmens wurde auch in der Untersuchung von Ecke et al. (2002) bei 10,3% von 436 navigationsgestützten Eingriffen beobachtet. Die von Ecke et al. (2002) und Metson et al. (2000) beschriebene Störung des Kamerablickfeldes („line of sight“), z.B. durch die Verschiebung der Achse der Infrarotlichtkameras bei der Anwendung von optischen Navigationssystemen, konnte in dieser Studie nicht beobachtet werden.

In der Mehrzahl der Operationen (93%) wurde für die Registrierung der Tracer (Pointer) bevorzugt, in 6 % der Fälle fand der Contour Laser (Fazer) Anwendung. Bei zwei Patienten (2%) erfolgte ein Wechsel wegen Ungenauigkeit bei Anwendung des Lasers zum Tracer. Als Gründe für die deutlich häufigere Verwendung des Tracers wurden die Unhandlichkeit und das Gewicht des Laserhandstücks, aber auch der höhere zeitliche und materielle Aufwand für die Registrierung mit dem Laser benannt.

Die Auswertung der Navigationsprotokolle ergab eine durchschnittliche Registrierzeit von 8,8 min (Zeitspanne zwischen 2 min und 30 min). Andere Autoren gelangten zu ähnlichen Ergebnissen. Metson et al. (2000) als auch Cartellieri et al. (2001) haben die Zeit für die Registrierung mit 5-15 min, Grevers et al. (2002) mit 7 min und Khan et al. (2003) mit $5 \pm 4,1$ min beziffert. In der Studie von Eliashar et al. (2003) wird eine Verkürzung der für die Registrierung benötigten Zeit von anfangs 30 min auf spätere 15 min in einem Zeitraum von 22 Monaten beschrieben. Ähnliches berichtet Stelter et al. (2006): mit steigender Erfahrung des Operateurs bei der Navigationsanwendung sank die Registrierdauer. Bei Stelter et al. (2006) wird eine Registrierdauer von 10,8 min angegeben. Eine Verkürzung der Registrierdauer über die verschiedenen Jahre wurde hier nicht verzeichnet. Insgesamt ist die in der vorliegenden Studie benötigte Registrierzeit akzeptabel und liegt im oberen Drittel der oben genannten Vergleichswerte.

Die technische Genauigkeit eines optischen Navigationssystems ist abhängig von der Kameraauflösung, der Genauigkeit der CT-Untersuchung und der Registrierung. Anatomische Landmarken können nur in zwei Ebenen annähernd exakt bestimmt werden, die 3. Ebene entzieht sich einer genauen Evaluation (Gunkel et al., 2000). Eine andere Problematik stellt das Fehlen eines einheitlichen Verständnisses für den Begriff der Genauigkeit von Navigationssystemen dar. Dies erschwert einen korrekten Vergleich von verschiedenen Navigationssystemen.

Fried et al. (2008) gibt eine Genauigkeit zwischen 1-2 mm als Norm an. Auch bei einem Vergleich mehrerer Navigationssysteme wurden in der Untersuchung von Gunkel et al. (2000) mittlere Genauigkeiten zwischen 1-2 mm erfasst. Die vorliegende Arbeit bestätigt diese Angaben. Die intraoperative Genauigkeit wurde erhoben, indem bestimmte anatomische Strukturen identifiziert und der Abstand zwischen diesen und der Pointerspitze auf dem Monitor bestimmt wurden. Bei 50% der Eingriffe wurde eine Genauigkeit von ≤ 1 mm und in 37,5 % der Eingriffe von ≤ 2 mm beobachtet. Bei 6,3% der Operationen lag die geschätzte Genauigkeit zwischen 2 und 5 mm und in 6,3% wurde sie mit > 5 mm angegeben. Ähnliche Angaben sind in anderen Publikationen zu finden. Eliashar et al. (2003) dokumentierte in 94% der Fälle eine durchschnittliche Genauigkeit < 2 mm. Weiterhin sind folgende Angaben zur durchschnittlichen Genauigkeit in der Literatur zu finden: Stelter et al. (2006) mit 1,2 mm (Vector Vision[®] System), bei Ecke et al. (2003) mit 2,65 mm (Easy Guide[®] System) als auch mit 1,97 mm (Vector Vision[®] System). Die Ergebnisse der vorliegenden Studie sind mit den oben genannten

Untersuchungen vergleichbar. Das in dieser Studie verwendete Navigationssystem kann somit als zuverlässig eingestuft werden.

Anlehnend an die Publikationen von Nutall und Palmer erfolgte eine Berechnung des perioperativen Blutverlustes anhand der prä- und postoperativen Hämoglobinwerte, des Patientengewichtes, des Geschlechts und der Berücksichtigung eventuell transfundierter Erythrozytenkonzentrate (Nutall et al., 1996; Nutall et al., 1998; Palmer et al., 2003). Bei den hier untersuchten NNH-Eingriffen ergibt sich ein mittlerer errechneter Blutverlust von 441 ml ohne Navigationsunterstützung bzw. 500 ml mit Navigationsanwendung. Die errechneten Werte variieren stark zwischen negativen Werten von – 1704 ml und positiven Werten von 2319 ml. Negative Werte ergeben sich durch einen präoperativ niedrigeren Hb-Wert im Vergleich zum postoperativen Hb-Wert. In der verwendeten Formel werden viele Einflussfaktoren wie der prä- und postoperative Volumenstatus des Patienten als auch Art und Ausmaß einer peri- und postoperativen Volumentherapie nicht berücksichtigt. Das könnte eine Erklärung für die hohe Spannbreite des errechneten Blutverlustes sein. Bezüglich des realen Blutverlustes können folglich keine genauen Angaben erfolgen. Eine Bewertung der Ergebnisse ist dadurch deutlich eingeschränkt.

In der vorliegenden Studie erfolgte zusätzlich bei den navigationsgestützten endonasalen NNH-Operationen eine Angabe des geschätzten Blutverlustes durch den Operateur. Dieser betrug durchschnittlich 336 ml. Dieser Wert ist höher als die geschätzten Werte von Fried et al. (2002) mit 134 ml bei navigationsgestützten bzw. 94 ml bei nicht-navigationsgestützten Eingriffen, von Metson et al. (1998) mit 190,6 ml bei Verwendung eines elektromagnetischen Navigationssystems und mit 172,4 ml bei Verwendung eines optischen Systems als auch von Chu (2006) mit 102,5 ml bei navigationsgestützten NNH-Eingriffen. Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass der Operateur den Anteil von Blut und Spülflüssigkeit in der Saugerflüssigkeit nur grob schätzen konnte. Hier ist eine entsprechend hohe Variabilität und dadurch eine entsprechende Fehlerquote anzunehmen.

5. Zusammenfassung

Die zunehmende Anwendung der Navigationstechnologie bei endonasalen Nasennebenhöhleneingriffen stellt nach der Einführung von endoskopischen Techniken in den 80-er Jahren einen bedeutenden Schritt hinsichtlich der Optimierung der operativen Therapie bei chronischer Rhinosinusitis dar. Die Präsenz von Navigationssystemen in der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde wächst stetig. Die Aufgabe von Navigationssystemen ist die Echtzeitpositionsangabe des Operationsinstrumentes im dreidimensionalen Modell. Eine verbesserte Orientierung und dadurch erhöhte Operationssicherheit soll die klinisch-operative Prozess- und Ergebnisqualität erhöhen.

Die vorliegende nicht-randomisierte Studie analysiert 193 endonasale mikroskopisch-endoskopische NNH-Eingriffe bei chronisch-polypöser Rhinosinusitis an der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie des Universitätsklinikums Halle (Saale). Im Zeitraum zwischen 01/2003-06/2005 erfolgten 104 Operationen ohne Anwendung eines Navigationssystems und zwischen 12/2005-02/2008 erfolgten 89 Operationen mit Einsatz eines optischen Navigationssystems (Stealth Station[®] TREON). Anhand von Navigationsprotokollen wurde die Anwendbarkeit des Navigationssystems geprüft. Zwischen den beiden Patientengruppen besteht eine heterogene Verteilung in der Ausdehnung der chronisch-polypösen Rhinosinusitis, der durchgeführten Operationen und der Operateure. Das Auftreten von Minor-Komplikationen war in beiden Gruppen ähnlich. Die Inzidenz von Major-Komplikationen war mit 5,6 % bei navigationsgestützten NNH-Eingriffen tendenziell niedriger als mit 7,7 % bei nicht-navigationsgestützten NNH-Eingriffen. Die Häufigkeit von Major-Komplikationen liegt im Bereich von anderen Vergleichstudien. Navigationsgestützt durchgeführte Operationen dauerten signifikant länger als ohne Navigationsanwendung.

Die klinische Genauigkeit des Navigationssystems wurde visuell anhand von anatomischen Landmarken bestimmt und war in 87,5 % der Fälle mit ≤ 2 mm zuverlässig für eine optimale Navigation. Die Registrierzeit betrug durchschnittlich 8,8 min. In 62% der Fälle erfolgte eine problemlose Navigation. Die hier gewonnenen Erfahrungen im Umgang mit einem Navigationssystem für die NNH-Chirurgie sind vergleichbar mit anderen Untersuchungen.

Das Fehlen einer standardisierten Evaluierung des Einsatzes von Navigationssystemen, um deren Vor- und Nachteile zu überprüfen, erschwert die Vergleichbarkeit verschie-

dener Navigationssysteme. Eine entsprechende Fehlerklassifikation bei der Genauigkeitsbestimmung existiert zwar, konnte sich aber in klinischen Studien nicht durchsetzen. Eine zusätzliche Problematik stellt die begründete Forderung nach multizentrischen, prospektiv angelegten und randomisierten Studien für die Erfassung der Effizienz und Sicherheit von Navigationssystemen dar. Im klinischen Alltag ist diese Forderung jedoch schwer realisierbar und strittig hinsichtlich verschiedener ethischer Aspekte.

Letztendlich ist für eine sichere Anwendung der Navigationstechnologie eine grundlegende Kenntniss über die Funktionsweise eines Navigationssystems, dessen Grenzen und mögliche Fehler obligatorisch, um eine fehlerhafte Anwendung sofort erkennen zu können. Prinzipiell ist jedoch die Kenntnis der Anatomie des Operationsgebietes und seiner Nachbarschaftsstrukturen grundsätzlich die wichtigste Voraussetzung für eine erfolgreiche Operation. Ein Navigationssystem ist ein elektronischer Assistent, welcher nicht als Ersatz für fehlende anatomische und chirurgische Kenntnisse missverstanden werden darf.

6. Literaturverzeichnis

Aletsee C, Deglmann M, Dieler M (2003) Chirurgische Eingriffe an den Nasennebenhöhlen bei Sinusitiden und benignen Tumoren. Indikationen, Konzepte und Komplikationen einer Weiterbildungseinrichtung. *Laryngo Rhinol Otol* 82: 503-513

Bachert C, Gevaert P, Holtappels G, Cauwenberge van P (2002) Mediators in nasal polyposis. *Current Allergy and Asthma Reports* 2: 481-487

Bachert C, Hörmann K, Mösges R, Rasp G, Riechelmann H, Müller R, Luckhaupt H, Stuck BA, Rudack C (2003) Empfehlungen zur Diagnose und Therapie der Sinusitis und Polyposis nasi. *Allergologie* 26: 52-71

Bateman ND, Fahy C, Woolford TJ (2003) Nasal polyps: still more questions than answers. *J Laryngol Otol* 117: 1-9

Benninger MS, Ferguson BJ, Hadley JA, Hamilos DL, Jacobs M, Kennedy DW, Lanza DC, Marple BF, Osguthorpe JD, Stankiewicz JA, Anon J, Denny J, Emanuel I, Levine H (2003) Adult chronic rhinosinusitis: definitions, diagnosis, epidemiology, and pathophysiology. *Otolaryngol Head Neck Surg* 129: 1-32

Bernal-Sprekelsen M, Sudhoff H, Dazert S (2004) Komplikationen nach endonasalen Eingriffen bei entzündlichen NNH-Erkrankungen. *Laryngol Rhinol Otol* 83: 23-28

Berrylin JF (2004) Categorization of eosinophilic chronic rhinosinusitis. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 12: 237-242

Bhattacharyya N (2007) Influence of polyps on outcomes after endoscopic sinus surgery. *Laryngoscope* 117: 1834-1838

Cartellieri M, Vorbeck F, Kremser J (2001a) Comparison of different 3D navigation system by a clinical "user". *Eur Arch Otorhinolaryngol* 258: 38-41

Cartellieri M, Vorbeck F, Kremser J (2001b) Comparison of six three-dimensional navigation systems during sinus surgery. *Acta Otolaryngol* 121: 500-504

Caversaccio M, Zheng G, Nolte LP (2008) Computerassistierte Chirurgie der Nasennebenhöhlen und der vorderen Schädelbasis. HNO 56: 376-382

Chu ST (2006) Endoscopic sinus surgery under navigation system - analysis report of 79 cases. J Chin Med Assoc 69: 529-533

Dessi P, Castro F, Triglia JM, Zanaret M, Cannoni M (1994) Major complications of sinus surgery: a review of 1192 procedures. J Laryngol Otol 108: 212-215

Ecke U, Luebben B, Maurer J, Boor S, Mann WJ (2003) Comparison of different computer-aided surgery systems in skull base surgery. Skull Base 13: 43-50

Ecke U, Khan M, Maurer J, Boor S, Mann WJ (2002) Intraoperative Navigation in der Chirurgie der Nasennebenhöhlen und der vorderen Schädelbasis. HNO 50: 928-934

Eliashar R, Sichel JY, Gross M, Hocwald E, Dano I, Biron I, Ben-Yaacov A, Goldfarb A, Elidan J (2003) Image guided navigation system - a new technology for complex endoscopic endonasal surgery. Postgrad Med J 79: 686-690

Fried MP, Moharir VM, Shin J, Taylor-Becker M, Morrison P (2002) Comparison of endoscopic sinus surgery with or without image guidance. Am J Rhinol 16: 193-197

Fried MP, Parikh SR, Sadoughi B (2008) Image-Guidance for endoscopic sinus surgery. Laryngoscope 118: 1287-1292

Gosepath J, Mann WJ (2005) Current concepts in therapy of chronic rhinosinusitis and nasal polyposis. ORL 67: 125-136

Grevers G, Leunig A, Klemens A, Hagedorn H (2002) Computerassistierte Chirurgie der Nasennebenhöhlen-Technologie und klinische Erfahrungen mit dem Vector-Vision-Compact[®]-System an 102 Patienten. Laryngo Rhinol Otol 81: 476-483

Gunkel AR, Freysinger W, Thumfart WF (2000) Computerunterstützte 3D-Navigationssysteme. HNO 48: 75-90

Heermann J, Heermann R: Development and Use of microscopic and endoscopic Surgery of the Nose and Sinuses. In: Stamm AC, Draff W(ed): Micro-endoscopic Surgery of paranasal Sinuses and the Skull Base. Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 2000, pp 1-16.

Heermann R, Husstedt H, Schwab B, Tyra G, Becker H, Lenarz T (2000) Dreidimensionale Navigation mit dem EasyGuide[®]-System im Kopf-Hals-Bereich. Otorhinolaryngol Nova 10: 277-283

Hepworth EJ, Bucknor M, Patel A, Vaughan WC (2006) Nationwide survey on the use of image-guided functional endoscopic sinus surgery. Otolaryngol Head Neck Surg 135: 68-135

Hörmann K, Riedel F (1998) Nachbehandlung endonasaler Pansinusoperationen. HNO 46: 1004-1014

Hosemann W (2003) Postoperative Rezidivprophylaxe bei chronischer Pansinusitis und Polyposis nasi. HNO 51: 279-283

Keerl R, Stankiewicz J, Weber R, Hosemann W, Draff W (1999) Surgical experience and complications during endonasal sinus surgery. Laryngoscope 109: 546-550

Khan M, Ecke U, Mann WJ (2003) Der Einsatz eines optischen Navigationssystems in der Nasennebenhöhlenchirurgie. HNO 51: 209-215

Klimek L, Mösges R (1998) Computer-assistierte Chirurgie (CAS) in der HNO-Heilkunde. Laryngo Rhinol Otol 77: 275-282

Labadie RF, Davis BM, Fitzpatrick JM (2005) Image-guided surgery: what is the accuracy? Otolaryngol Head Neck Surg 31: 27-31

Leunig A (2006) Vermeidung von und Umgang mit Blutungen während endoskopischer Nasennebenhöhlenchirurgie. Laryngo Rhinol Otol 85: 249-252

Levine HL (1990) Functional endoscopic sinus surgery: evaluation, surgery and follow-up of 250 patients. *Laryngoscope* 100: 79-84

Ling FTK, Kountakis SE (2007) Important clinical symptoms in patients undergoing functional endoscopic sinus surgery for chronic rhinosinusitis. *Laryngoscope* 117: 1090-1093

Luxenberger W, Köle W, Stammberger H, Reittner P (1999) Computergestützte Nasennebenhöhlenchirurgie - der Standard von morgen? *Laryngo Rhinol Otol* 78: 318-326

Maran AGD (1994) Endoscopic sinus surgery. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 251: 309-318

Martin TJ, Yauck JS, Smith TL (2006) Patients undergoing sinus surgery: constructing a demographic profile. *Laryngoscope* 116: 1185-1191

May M, Levine HL, Mester SJ, Schaitkin B (1994) Complications of endoscopic sinus surgery: analysis of 2108 patients-incidence and prevention. *Laryngoscope* 104: 1080-1083

Metson R, Glikklich RE, Cosenza M (1998) A comparison of image guidance systems for sinus surgery. *Laryngoscope* 108: 1164-1170

Metson RB, Cosenza MJ, Cunningham MJ, Randolph GW (2000) Physician experience with optical image guidance system for sinus surgery. *Laryngoscope* 110: 972-976

Nutall GA, Syntrach PJ, Oliver WC, Ereth MH, Horlocker TT, Cabella ME, Trousdale RT, Bryant S, Currie TW (1998) A prospective randomized trial of surgical blood order equation for ordering red cells for total hip arthroplasty patients. *Transfusion* 38: 828-833

Nutall GA, Santrach PJ, Oliver WC, Horlocker TT, Shaugnessy WJ, Cabenela ME, Bryant S (1996) The predictors of red cell transfusions in total hip arthroplasties. *Transfusion* 36: 144-149

Oeken J, Törpel J (2008) Der Einfluss der Navigation auf die endoskopische NNH-Chirurgie. HNO 56: 151-157

Oeken J, Bootz F (2004) Schwere Komplikationen nach endonasalen Nasennebenhöhlenoperationen. HNO 52: 549-553

Palmer T, Wahr JA, O'Reilly M, Greenfield MLVH (2003) Reducing unnecessary cross-matching: a patient-specific blood ordering system is more accurate in predicting who will receive a blood transfusion than the maximum blood ordering system. Anesth Analg 96: 369-375

Ponikau JU, Sherris DA, Kern EB (1999) The diagnosis and incidence of allergic fungal sinusitis. Mayo Clin Proc 74: 877-884

Reardon EJ (2003) Navigational risks associated with sinus surgery and the clinical effects of implementing a navigational system for sinus surgery. Laryngoscope 112 Suppl 19: 1-19

Schick B, Plinkert PK, Zenner HP (2004) Minimalinvasive endonasale Chirurgie: Vielzahl von Therapiemöglichkeiten. Deutsches Ärzteblatt 101: 496-505

Schipper J, Ridder GJ, Aschendorff A, Klenzner T, Arapakis I, Maier W (2004) Verbessert die computergestützte Navigation in der endonasalen Nasennebenhöhlenchirurgie die Prozess- und die Ergebnisqualität? Laryngo Rhinol Otol 83: 298-307

Schlöndorff G, Mösges R, Meyer-Ebrecht D, Krybus W, Adams L (1989) CAS (computer assisted surgery). HNO 37: 187-190

Sedlmaier B, Schleich A, Ohnesorge B, Jovanovic S (2001) Das NEN[®]-HNO-Navigationssystem. HNO 49: 523-529

Seiberling KA, Conley DA, Tripathi A, Grammer LC, Shuh L, Haines GK, Schleimer R, Kern RC (2005) Superantigens and chronic rhinosinusitis: detection of staphylococcal exotoxins in nasal polyps. Laryngoscope 115: 1580-1585

Simmen D (2000) Fortschritte der endonasalen Mikrochirurgie der Nasennebenhöhlen. Laryngo Rhino Otol 79: 645-647

Stammberger H (1985) Unsere endoskopische Operationstechnik der lateralen Nasenwand - ein endoskopisch-chirurgisches Konzept zur Behandlung entzündlicher Nasennebenhöhlenerkrankungen. Laryngo Rhinol Otol 64: 559-599

Stankiewicz JA (1991) Cerebrospinal fluid fistula and endoscopic sinus surgery. Laryngoscope 101: 250-256

Stelter K, Andratschke M, Leunig A, Hagedorn H (2006) Computer-assisted surgery of the paranasal sinuses: technical and clinical experience with 368 patients, using the Vector Vision Compact[®]- System. J Laryngol Otol 25: 1-7

Strauß G, Hofer M, Korb W, Trantakis C, Winkler D, Burgert O, Schulz T, Dietz A, Meixenberger J, Koulechov K (2006) Genauigkeit und Präzision in der Bewertung von chirurgischen Navigations- und Assistenzsystemen. HNO 54: 78-84

Tabaee A, Kacker A, Kassenoff TL, Anand V (2003) Outcome of computer-assisted sinus surgery: a 5-year study. Am J Rhinol 17: 291-297

Tabaee A, Hsu AK, Shrime MG, Rickert S, Close LG (2006) Quality of life and complications following image-guided endoscopic sinus surgery. Otolaryngol Head Neck Surg 135: 76-80

Thomaser EG, Tschopp K (2007) Verbessert die CT-Navigation bei Nasennebenhöhleneingriffen das Operationsergebnis? Laryngo Rhinol Otol 86: 584-587

Uddin FJ, Sama A, Jones NS (2003) Three-dimensional computed-aided endoscopic sinus surgery. J Laryngol Otol 117: 333-339

Vorbeck F, Cartellieri M, Ehrenberger K, Imhof H (2000) Intraoperative Navigation in der Nasennebenhöhlenchirurgie mit dem Philips Neuroguide[®] – System. Radiologe 40: 227-232

Weber R, Draf W (1992) Komplikationen der endonasalen mikroendoskopischen Siebeinoperation. HNO 40: 170-175

Weber R, Draf W, Keerl R, Behm K, Schick B (1996) Langzeitergebnisse nach endonasaler Stirnhöhlenchirurgie. HNO 44: 503-509

Wigand ME (1981) Transnasale, endoskopische Chirurgie der Nasennebenhöhlen bei chronischer Sinusitis I. Ein bio-mechanisches Konzept der Schleimhautchirurgie. HNO 29: 215-221

Wigand, ME: Endoskopische Chirurgie der Nasennebenhöhlen und der vorderen Schädelbasis. Georg Thieme, Stuttgart-New York, 1989, S. 92-113.

7. Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Navigationsprotokoll

			
Gesamt-OP-Zeit			
Referenzier-Zeit			
Genauigkeit in mm			
Operateur			
Beurteilung Operateur			
Diagnose / Art der OP			
Art der intraop. Probleme			
Art der Referenzierung			
Blutverlust intraop. in ml			
Komplikationen	intraoperativ		
	postoperativ		
Hb	präoperativ		
	postoperativ		
<u>Beurteilung Operateur:</u>	I. ohne Probleme II. Probleme bei der Referenzierung III. intraoperative Probleme (Ungenauigkeit > 5 mm) IV. Systemabsturz/Neustart V. Abbruch	<u>Referenzierung:</u> - laterale Orbitawand - Nasenspitze - Philtrum - Kopf mittlere Nasenmuschel - Keilbeinhöhlevorderwand <u>Art der OP:</u> - Pansinus - Infundibulotomie - S. sphenoidalis - S. ethmoidalis	<u>Art Referenzierung:</u> - Laser - Tracer
<u>Operateur:</u>	Oberarzt Facharzt Assistenzarzt		

8. Thesen

1. Die Fortschritte in der Rechner-technologie und bei den bildgebenden Verfahren (CT, MRT) ermöglichten die Entwicklung von computerassistierten Systemen in den letzten 20 Jahren.
2. Navigationssysteme sollen die Orientierung in unübersichtlichen Situationen oder in einem durch Voroperationen veränderten OP-Situs verbessern. Dabei haben sich optische oder elektromagnetische Positionserfassungssysteme durchgesetzt.
3. In Form einer Anwendungsbeobachtung sollte der Stellenwert und die Verwendbarkeit der optischen Navigationssysteme Stealth Station[®] TREON bei 89 endonasalen mikroskopisch-endoskopischen NNH-Eingriffen bei chronisch-polypöser Rhinosinusitis (CRS) im Zeitraum 12/2005-02/2008 an der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie des Universitätsklinikums Halle (Saale) überprüft werden.
4. Zum Vergleich erfolgte die retrospektive Auswertung der Daten von 104 endonasalen mikroskopisch-endoskopischen NNH-Operationen bei CRS, welche im Zeitraum 01/2003-06/2005 an der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie des Universitätsklinikums Halle (Saale) durchgeführt wurden.
5. Es wurden insgesamt 193 Patienten operiert. Das männliche Geschlecht war mit 73 % dreimal häufiger betroffen als das weibliche Geschlecht.
6. Eine chronische Pansinusitis war sowohl bei den nicht-navigationsgestützt als bei den navigationsgestützt durchgeführten Eingriffen die Hauptindikation für eine endonasale mikroskopisch-endoskopische NNH-Operation.

7. Bei 11 Patienten (10,6%) wurde eine alleinige Kieferhöhlensanierung durchgeführt. Bei dieser Art des Eingriffes konnte auf eine Navigation in allen Fällen verzichtet werden.
8. Insbesondere bei Rezidivoperationen erwies sich die intraoperative Navigation als hilfreich. In der Gruppe mit Anwendung navigationsgestützter Chirurgie wurden tendentiell häufiger Rezidiveingriffe durchgeführt als im Kollektiv ohne Navigationsanwendung (49% vs. 36%).
9. Navigationsgestützt durchgeführte NNH-Operationen dauerten mit 112 min signifikant länger als NNH-Eingriffe ohne Navigation mit 90 min. Der ökonomische Aspekt ist hier zu diskutieren.
10. Die durchschnittliche Registrierzeit für die Navigation betrug 8,8 min und ist somit mit anderen Anwendungsstudien zur Navigation vergleichbar.
11. Für die Referenzierung wurde der Tracer bei 93 % der Patienten eingesetzt. Er wies im Vergleich zum Contour-Laser eine bessere Handhabung auf.
12. Bei 62% der navigationsgestützt-durchgeführten Operationen erfolgte eine problemlose Navigation.
13. Das häufigste Problem bei der Verwendung des Navigationssystems war das Verrutschen des Stirnbandes, an welchem der Referenzierstern befestigt war. Eine Nachbesserung des Stirnbandes konnte dieses Problem beseitigen.
14. Die geschätzte Genauigkeit der Navigation wurde in 87,5 % der Fälle mit ≤ 2 mm angegeben. Die intraoperative Navigation konnte in der überwiegenden Anzahl der Operationen zuverlässig eingesetzt werden.

15. Die Major-Komplikationsrate war mit Navigationsanwendung bei den endonasalen mikroskopisch-endoskopischen NNH-Eingriffen tendenziell niedriger als bei NNH-Operationen ohne Navigation (5,6 % vs. 7,7%).
16. Eine Einschränkung bei der Interpretation der Ergebnisse beruht auf der nicht-randomisierten Verteilung der Patienten, der ungleichen Verteilung der durchgeführten Eingriffe hinsichtlich ihrer Ausdehnung und den variierenden chirurgischen Fähigkeiten der verschiedenen Operateure.
17. Ein Navigationssystem darf nicht als Ersatz für unzureichende anatomische Kenntnisse und chirurgische Fähigkeiten missverstanden werden. Es stellt eine Hilfestellung bei komplizierten chirurgischen Eingriffen dar und soll den Ausbildungsassistenten den Einstieg in die NNH-Chirurgie erleichtern.

Curriculum vitae

Manuela Klíma
Bäckerstrasse 19
99734 Nordhausen

Name	Klíma
Vorname	Manuela
Geburtstag, -ort	22.03.1982 in Kadaň (Tschechische Republik)
Familienstand	ledig
Nationalität	deutsch

Schulbildung	09/1988-04/1991	Grundschule Kadaň
	05/1991-07/1992	Grundschule Halle/Saale Lettin
	09/1992-07/2000	Thomas-Müntzer-Gymnasium

Studium	10/2000–11/2007 Studium der Humanmedizin an der Universität Rostock und Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
----------------	--

Berufstätigkeit	ab 6/2008 Assistenzärztin im Institut für Radiologie im Südharzkrankenhaus Nordhausen
------------------------	---

Nordhausen, den 01.05.2010

.....

Manuela Klíma
Bäckerstrasse 19
99734 Nordhausen

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass die vorliegende Arbeit selbständig, ohne zulässige Hilfe Dritter und unter ausschliesslicher Nutzung der angegebenen Literatur von mir angefertigt wurde.

Nordhausen, den 01.05.2010

.....

Erklärung über frühere Promotionsversuche

Ich versichere, dass von mir keine früheren Promotionsversuche mit dieser oder einer anderen Dissertation erfolgt sind. Die vorliegende Arbeit wird erstmalig und nur an der Medizinischen Fakultät des Universitätsklinikums Halle (Saale) eingereicht.

Nordhausen, den 01.05.2010

.....

Danksagung

Danken möchte ich Herrn Privatdozent Dr.S.Knipping für die Überlassung des Themas und die freundliche als auch inhaltliche Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit.

Herzlich danken möchte auch meinen Eltern, die mir das Medizinstudium ermöglicht haben.