

Aus der Abteilung für  
Plastische, Hand- und Wiederherstellungschirurgie  
Prof. Dr. Dr. med. Lukas Prantl  
der Fakultät für Medizin  
der Universitätsklinik Regensburg

**Intraoperativer 3D-Vergleich von Brustimplantatformen und -größen  
und deren Auswirkungen auf die Topographie der weiblichen Brust  
bei Mammaaugmentation**

Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizin

der  
Fakultät für Medizin  
der Universität Regensburg

vorgelegt von  
Luisa Lotter

2022

Dekan:	Prof. Dr. Dirk Hellwig
1. Berichterstatter:	Prof. Dr. Dr. med. Lukas Prantl
2. Berichterstatter:	PD Dr. Stephan Seitz
Tag der mündlichen Prüfung:	07. Juli 2022

# Inhaltsverzeichnis

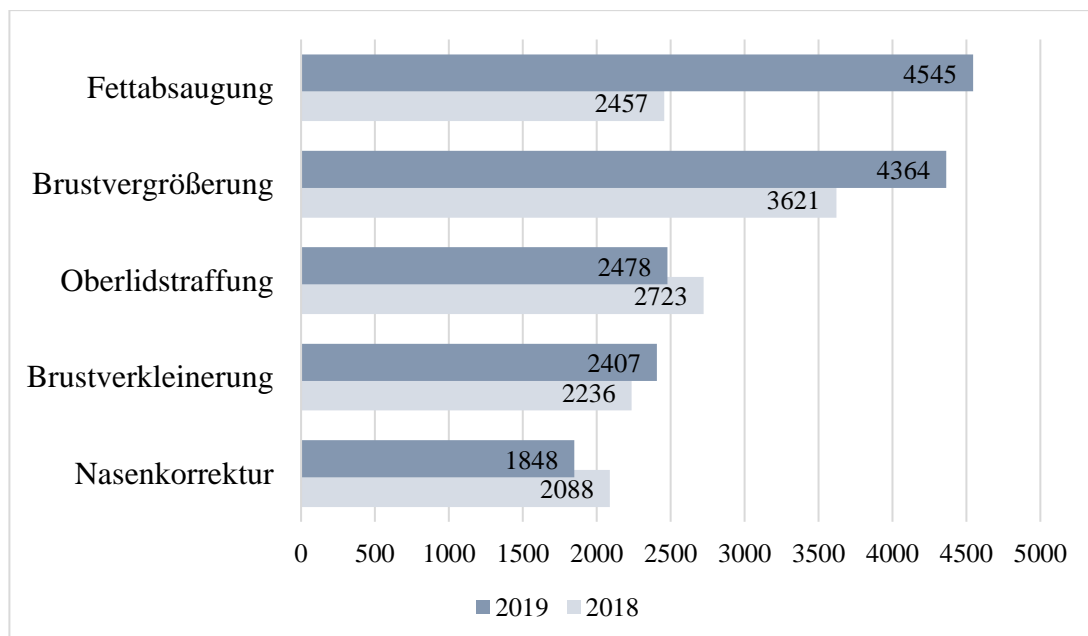
1	Einleitung und Zielsetzung .....	5
2	Grundlegende Fachkompetenzen zur Studie .....	8
2.1	Anatomie der weiblichen Brust .....	8
2.2	Mammaaugmentation mittels Brustimplantaten .....	10
2.2.1	Die Bedeutung der Brust als ästhetisches Merkmal .....	10
2.2.2	Indikationen für eine Mammaaugmentation .....	11
2.2.3	Kontraindikationen für eine Mammaaugmentation .....	12
2.2.4	Darlegung der verschiedenen Operationstechniken .....	13
2.3	Darlegung der Bandbreite an Brustimplantaten .....	18
2.3.1	Füllmaterial von Brustimplantaten .....	18
2.3.2	Oberflächenrelief von Brustimplantaten .....	19
2.3.3	Brustimplantatformen .....	21
2.4	Erfassung der Brustgeometrie durch dreidimensionale Vermessung .....	24
3	Material und Methodik .....	27
3.1	Intraoperative Datenerhebung .....	29
3.2	Auswahl der Studienimplantate .....	36
3.3	Objektive Auswertung der dreidimensionalen Scans .....	38
3.3.1	Erhebung der anthropometrischen Messwerte .....	38
3.3.2	Topographische Veränderung über den Brustquadranten I-IV .....	41
3.3.3	Positionsänderung der Mamille durch Implantateinbringung .....	45
3.3.4	Statistische Auswertung .....	46
4	Ergebnisse .....	48
4.1	Analyse der Stichprobe .....	48
4.2	Lineare Streckenvermessung .....	52
4.2.1	Einflussnahme unterschiedlicher Projektionen auf lineare Messwerte .....	52

4.2.2	Einflussnahme der Brustimplantaformen „rund“ und „anatomisch“ auf lineare Messwerte .....	56
4.3	Mittlere Abweichung der Oberflächendistanz .....	59
4.3.1	Haupteffekt: Form („rund“ vs. „anatomisch“) .....	59
4.3.2	Haupteffekt: Implantatgröße („klein“ vs. „mittel“ vs. „groß“).....	60
4.3.3	Interaktion: Implantatgröße * Form.....	60
4.3.4	Haupteffekt: Quadrant (QI vs. QII vs. QIII vs. QIV) .....	61
4.3.5	Interaktion: Quadrant * Form.....	61
4.3.6	Interaktion: Implantatgröße * Quadrant .....	63
4.4	Lageveränderung der Mamille.....	67
5	Diskussion .....	68
6	Zusammenfassung .....	80
7	Abbildungsverzeichnis.....	82
8	Tabellenverzeichnis.....	84
9	Abkürzungsverzeichnis.....	85
10	Anhang .....	86
	Referenzen.....	87

# 1 Einleitung und Zielsetzung

Dass sich die Menschheit mit dem Begriff der menschlichen Ästhetik und der zu erstrebenden Körperform beschäftigt, ist kein Phänomen des 21. Jahrhunderts, sondern reicht bereits bis in die Antike zurück [1]. Wurde die äußere Erscheinung geprägt durch künstlerische Darstellungen und Beschreibungen damals noch versucht durch nicht-invasive Maßnahmen zu beeinflussen, so bietet die plastische Chirurgie der heutigen Zeit einen weitaus größeren Spielraum.

Einhergehend mit der Annahme, dass Beruflicher Erfolg, Einkommen, persönliche Zufriedenheiten und viele weitere Bereiche des Lebens durch das äußere Erscheinungsbild beeinflusst werden [2–4], verwundert es nicht, dass das Jahr 2019 einen Anstieg an ästhetischen Behandlungen von 7,5 % im Vergleich zum Vorjahr zu verzeichnen hat [5]. Allgegenwärtige Medienbilder und der Einfluss von social Media spielen bei der Beeinflussung der gesellschaftlich verbreiteten Ideale in Bezug auf den "perfekten" Körper eine entscheidende Rolle. Da die Brust als ästhetisches Merkmal der Frau eine zentrale Stellung einnimmt [6], rangiert die Mammaaugmentation mittels Implantaten bei den rein operativen plastischen Eingriffen des weiblichen Geschlechts mit 4396 Operationen (OP) im Jahr 2019 auf Platz zwei (deutschlandweit) (Abb. 1) [5].



**Abb. 1:** Übersicht der häufigsten ästhetisch-plastischen Eingriffe bei Frauen im Jahr 2018/19 innerhalb Deutschlands.

Zudem kann ein Zuwachs von 20 % im Vergleich zum Jahr 2018 verbucht werden. Der Trend der letzten Jahre wird somit fortgeführt [5]. Aufgrund der Corona-Pandemie und der damit einhergehenden Begrenzung elektiver Operationen sind keine vergleichbaren Daten aus den Jahren 2020/2021 vorhanden.

Trotz allgemein sehr hoher Patientenzufriedenheit kommen dennoch immer wieder nicht befriedigende Ergebnisse zustande. Diese Resultate und die möglicherweise nachfolgenden Revisionseingriffen sind häufig dem fehlerhaften Einschätzen des Operateurs geschuldet [6], der sich mangels eines einheitlichen präoperativen Vorgehens auf seine Erfahrung und persönliche Einschätzung verlassen muss [7]. Häufig stellt sich dabei erst im Nachhinein heraus, dass die präoperativ gewählten Implantate oder OP-Technik ungeeignet sind, um die Wunschvorstellung der Patientin vollends zu erfüllen. Unzureichende Kommunikation im präoperativen Gespräch und die Problematik, die Vorstellungen des Chirurgen und der Patientin in Einklang zu bringen, erschweren den Prozess zusätzlich.

Die Einführung von Technologien zur digitalen dreidimensionalen (3D) Oberflächenerfassung menschlicher Körper(-teile) seit der letzten Dekade bietet immer besser werdende Möglichkeiten, die unterschiedlichen Einflussparameter auf die weibliche Brust im Zuge der Mammaaugmentation numerisch zu erfassen und so den Operateur in seiner Entscheidungsfindung zu unterstützen. Als einer der entscheidendsten Faktoren, die am postoperativen Erscheinungsbild der Mammaaugmentation beteiligt sind, wurde in etlichen Studien die Wahl des passenden Implantats diskutiert [8–10]. Aufgrund des fehlenden Vergleichs von unterschiedlichen Implantatformen und -volumina im gleichen Situs [8, 9] oder der nur eingeschränkt verwertbaren, durch Fotografie gewonnenen Messgrößen [10], die die Topographie der Brust nur begrenzt wieder geben können, kommt es zu einer uneinheitlichen und nicht ausreichenden Datenlage im Hinblick auf die Wahl des geeignetsten Implantats. Das primäre Ziel der Arbeit ist es, die Auswirkungen unterschiedlicher Implantatformen und -größen auf Topographie und Volumenverteilung der Brust bei Mammaaugmentation an ein und derselben Patientin zu ermitteln. Dabei wird langfristig angestrebt, durch die objektive Berechnung gängiger linearer Messgrößen (Strecke Mamille-Inframammärfalte, Strecke Jugulum-Mamille etc.) und der topographischen Volumenverteilung basierend auf intraoperativen 3D-Scans die

operative Planung zu vereinfachen. Dadurch soll gewährleistet werden können, dass das postoperative Outcome und die präoperativen Vorstellungen der Patientinnen in hohem Maße übereinstimmen.

Dabei werden im Speziellen die zwei unterschiedlichen Brustimplantatformen „rund“ und „anatomisch“ verglichen. Bisherige Studien, die sich jedoch auf postoperative Bilder oder intraoperative zweidimensionalen (2D) Aufnahmen beschränken, konnten keinen wahrnehmbaren Unterschied auf das Erscheinungsbild der Brust bei Verwendung unterschiedlicher Brustimplantatformen finden [1, 8–11]. Der Vergleich zwischen Patientinnen mit anderen Ausgangsparametern in Gewebedicke, Brustform, Implantat, Hautelastizität etc. oder zweidimensionale Darstellungsformen der Mammae lassen die Beurteilung nur zu einem gewissen Maße zu. Ein intraoperativ erzeugter 3D-Scan und das Einsetzen unterschiedlicher Implantate bei ein und derselben Patientin sollen diese Störfaktoren ausschließen. Schlussendlich soll die Frage, ob und inwiefern die Wahl des Implantats das postoperative Ergebnis beeinflusst, durch eine erstmals intraoperative Evaluation geklärt werden.

## **2 Grundlegende Fachkompetenzen zur Studie**

Um ein Verständnis für die Relevanz des Themas zu vermitteln und die wesentlichen Kenntnisse der Brustchirurgie als Grundstein dieser Dissertation zu erläutern, wird in dem kommenden Abschnitt auf entscheidende Einflussfaktoren der Mammaaugmentation eingegangen.

### **2.1 Anatomie der weiblichen Brust**

Bei Betrachtung der Anatomie der weiblichen Brust als Grundlage der ästhetischen Mammaaugmentation ist es hilfreich, zwischen physiologischen und strukturellen Gegebenheiten zu unterscheiden [12].

Die physiologische Anatomie beschäftigt sich mit der arteriellen und venösen Gefäßversorgung, dem Lymphabfluss und der Innervation, deren Kenntnisse von entscheidender Bedeutung sind. Die Blutversorgung der Mamma besteht aus drei großen Stammarterien, die auf Höhe der Brustwarzenregion in einer Tiefe von 0,5-1 cm einen reich anastomosierten, subdermalen Plexus bilden. Dabei handelt es sich um die Rami (Rr.) perforantes der Arteria (A.) thoracica interna (= Rr. mammarii mediales aus dem 2.-4. Interkostalraum), die die dominante Versorgung gewährleisten, Äste der A. thoracica lateralis (Rr. mammarii laterales) und direkte Äste aus der 2.-5. Interkostalarterie (Rr. mammarii).

Der tiefe venöse Abfluss erfolgt gemäß dem arteriellen Zufluss über die Venae thoracica interna und lateralis, wohingegen der oberflächliche Abfluss lange Strecken subkutan verläuft, um dann Anschluss an die tiefen Gefäße zu finden [13].

In etwa dreiviertel der Lymphe drainieren über die axillären Lymphknoten. Der Rest fließt überwiegend in die internen thorakalen Lymphknoten ab, wobei es hier auch zu Abweichungen kommen kann.

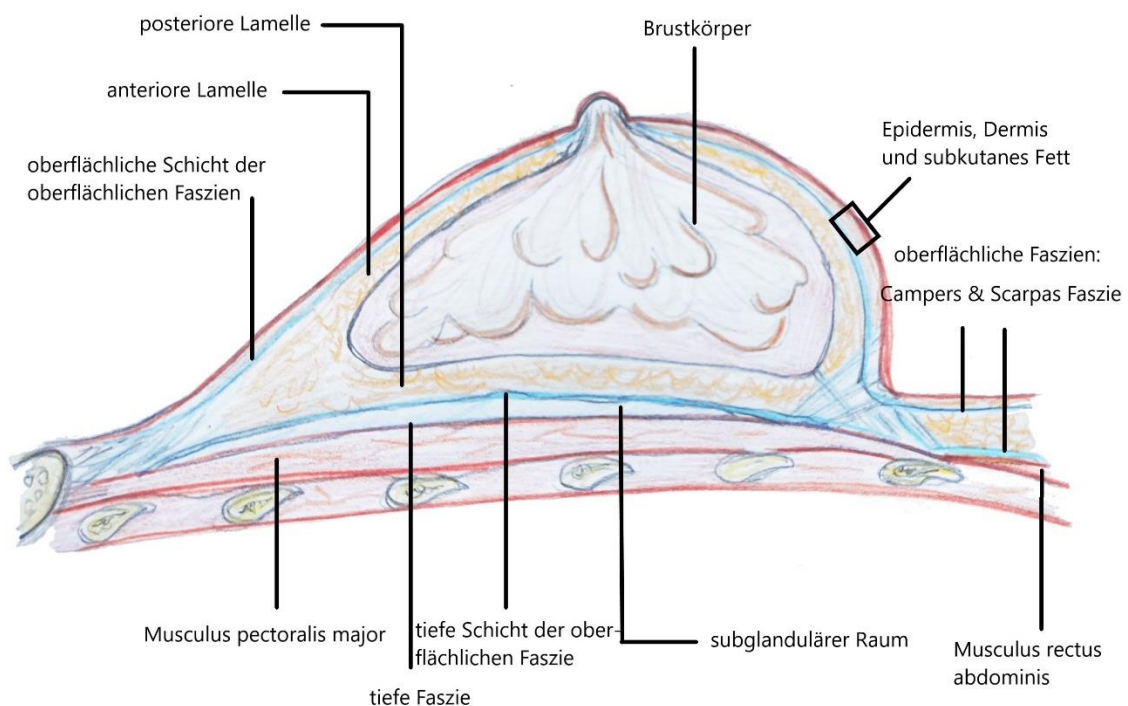
Die ohnehin sehr variable Gefäßanatomie der weiblichen Brust setzt sich in der diffusen sensiblen Innervation fort. Wie auch durch D.C. Hammond beschrieben, ergibt sich diese im Wesentlichen aus den Interkostalnerven, die durch ihren anterioren und lateralen Ast die Mamma segmental versorgen. Insbesondere der laterale Hautast des vierten Interkostalnervs soll einen entscheidenden Anteil an der Ausbildung des subareolären Plexus zur sensiblen Versorgung des Mamillen-Areolen-Komplexes haben, dessen Schonung somit im Vordergrund steht [12, 14, 15].



Die strukturelle Anatomie der weiblichen Brust entscheidet unweigerlich über das äußere Erscheinungsbild. Zu verstehen, wie die einzelnen Variablen Parenchym, Fett, Haut und die Architektur der Faszien sich gegenseitig beeinflussen, kann die Qualität und den Erfolg der Mammaaugmentation maßgeblich beeinflussen.

Nachdem Petrus Camper bereits vor über zwei Jahrhunderten und Sir Astley Cooper vor über 175 Jahren wichtige superfasziale und intramammäre Strukturen identifiziert haben [16], bestätigen auch neuste Ergebnisse, dass die Ligamenta der Mammæ entscheidend für das äußere Erscheinungsbild sind. Trotz kontroverser Studienlage gehen die meisten Autoren von einem dreidimensionalen, dem Musculus (M.) pectoralis major aufliegendem, suprafaszialem Fasziensystem aus, welches die Brust umgibt und Drüsen- und Fettgewebe in Form hält [12, 17].

Robert D. Rehnke et al. beschreibt eine tiefe und oberflächliche Schicht des Systems, das zirkulär entlang verschiedener Knochenpunkte mit den tiefen Faszien des M. pectoralis major, M. pectoralis minor, M. serratus anterior sowie M. rectus abdominis verbunden ist [18].



**Abb. 2:** Fasziale Strukturen der weiblichen Brust basierend auf Brustsektionen an zwölf weiblichen Toten [18].

## **2.2 Mammaaugmentation mittels Brustimplantaten**

Die Mammaaugmentation, auch Brustvergrößerung genannt, fällt in das Gebiet der plastisch-rekonstruktiven Chirurgie. Dabei handelt es sich um ein invasives Verfahren zur Vergrößerung der weiblichen Brust durch das Einbringen von Brustimplantaten. Neben den häufig rein ästhetischen Beweggründen, die keine medizinische Indikation darstellen und deren Kosten somit selbst getragen werden müssen, kann eine Brustvergrößerung auch bei entstellenden Fehlbildungen der Brust oder im Zuge der Rekonstruktion nach Mastektomie Abhilfe leisten. In dieser Arbeit wird sich ausschließlich mit rein ästhetischen Augmentationen, denen gegebenenfalls eine Mastopexie folgt, beschäftigt.

### **2.2.1 Die Bedeutung der Brust als ästhetisches Merkmal**

Da in der modernen Welt den äußerlichen Merkmalen ein hoher Stellenwert zuteil kommt und die Brust, assoziiert mit Weiblichkeit, Sexualität und ästhetischem Aussehen als Sinnbild der Femininität gilt [19], ist die Mammaaugmentation mehr gefragt denn je [5]. Seit der erstmaligen Durchführung 1962 wurde die ästhetische Brustvergrößerung mittels Implantaten zu einen der häufigsten plastisch-chirurgischen Eingriffe. Kein anderer Eingriff ruft mehr soziale Aufmerksamkeit hervor [6]. Mit 4369 Operationen deutschlandweit stieg im Jahr 2019 die Anzahl der Mammaaugmentationen im Vergleich zum Vorjahr um 20 % [5].

Das Verständnis über das körperliche Erscheinungsbild und insbesondere die Brustgröße und deren Form gelten als zentraler Bestandteil der weiblichen Identität [20]. Zwar scheinen persönliche Empfindungen weiterhin in den meisten Fällen die entscheidene Motivation für eine Brustvergrößerung zu sein, dennoch haben auch interpersonelle Beziehungen und soziale Anforderungen an das Aussehen der Frau maßgeblichen Einfluss auf die Entscheidungsfindung [21]. Geprägt von niedrigem Selbstwertgefühl, ausgeprägter Selbstwahrnehmung und schlechtem Körperbild sehen sich viele Frauen mit kleinen und/oder deformierten Brüsten in viele Lebensbereiche massiv eingeschränkt [4]. Das äußere individuelle Erscheinungsbild und damit auch die Brust als ästhetisches Merkmal der Frau scheint einen entscheidenden Einfluss auf ihr Verhalten und ihre Entscheidungen in Bezug auf ihr persönliches und berufliches Leben zu haben [22]. Ein Großteil der Patientinnen, die eine Augmentation in Betracht ziehen, berichten davon, dass sie ständig versuchen

das Aussehen ihrer Brust zu kaschieren und es vermeiden, sich vor anderen Leuten unbedeckt zu zeigen [19]. Forschungsergebnisse aus den vergangenen 35 Jahren konnten klar beweisen, dass Operationen in der Brustchirurgie die Patientinnen in multiplen Bereichen der Lebensqualität positiv beeinflussen [19, 22–24].

Dabei konnten in einer Studie des BMC Women's Health im Jahre 2009 insbesondere drei wesentliche Schlüsselbereiche identifiziert werden, auf die die Operation Einfluss nimmt [23]:

- **Psychosoziales Wohlbefinden**
- **Sexuelles Wohlbefinden**
- **Physisches Wohlbefinden**

Postoperativ änderten die Patienten ihren Kleidungsstil, erweiterten ihre Freizeitaktivitäten, bauten soziale Kontakte aus und erfuhren ein verbessertes Sexualleben sowie einen positiven Einfluss auf ihre Beziehungen zu ihrem Ehepartner oder Lebensgefährten [4].

### **2.2.2 Indikationen für eine Mammaaugmentation**

Anders als in der Gesellschaft häufig angenommen zählt nicht das Streben nach größeren Brüsten bei bereits vorhandenem durchschnittlichen Volumen zu den gängigen Indikationen, sondern viel mehr genetisch bedingte Mikromastie, Asymmetrie, Fehlbildungen der Brust und die involutive Brustdeformität bedingt durch massiven Gewichtsverlust oder in Folge einer Schwangerschaft [6, 25]. So beschreibt schon Guyuron et al., dass es sich bei den meisten Patientinnen nicht um eine junge Frauen handelt, die mehr Volumen anstreben, sondern um berufstätige Frauen mit Kindern und dem Wunsch nach jugendlicheren, zu ihrer Erscheinung passenden Brüsten [6].

Araco et al. beschreibt die Brustasymmetrie als „eine asymmetrische Morphologie der Form, des Volumens oder der Position der Brust, des Mamillen-Areolen-Komplexes oder beides“ [26]. Die Behebung der tubulären Brust gehört zu den am häufigsten durch eine Mammaaugmentation behobenen Anomalien. Klinger et al. untersuchte 400 Patientinnen, die sich einer Brustvergrößerung unterzogen haben, und fand dabei

heraus, dass 48,5 % wenigstens ein Hauptmerkmal einer tubulären Brustdeformität aufwiesen [27].

Die Augmentation kann seitens des Chirurgen auch durch den ausdrücklichen Wunsch der Patientin gerechtfertigt werden. Gleichwohl es neben der Unzufriedenheit mit dem eigenen Körperbild und der Größe des Busens und/oder dessen Form etliche andere Beweggründe gibt (soziales Umfeld, zwischenmenschliche Beziehungen, medizinische Faktoren) [15], so wird aufgrund der Erkenntnisse von Sarwer et al. diese als die primäre Motivation für eine Operation angenommen [28]. Einem beträchtlichen Großteil der Patientinnen kann durch die Augmentation zu einem erhöhtem Selbstwertgefühl verholfen werden [19, 23, 29]. Die dadurch entstandenen Veränderungen in verschiedensten Lebensbereichen verbessern das psychische Wohlbefinden und stellen somit eine OP-Indikation dar [23]. Dabei gilt es eine sich im normalpsychologischen Rahmen befindliche Unzufriedenheit mit dem eigenen Körperbild, die bei dem Großteil der Patientinnen zu finden ist, von einem übertrieben gesteigertem Missempfinden des eigenen Körpers, einer sogenannten „Dysmorphophobie“, die als psychische Erkrankung als Kontraindikation gilt, abzugrenzen [15].

### **2.2.3 Kontraindikationen für eine Mammaaugmentation**

Die Patientinnen müssen realistische Erwartungen an das Verfahren haben und dessen Vorteile und Risiken verstehen. Präoperativ gezeigte Bilder des gewünschten Ergebnisses sollten lediglich als Anhaltspunkt gelten. Das Erreichen eines der Vorlage identischen Outcomes wird in den meisten Fällen nicht möglich sein. Diese Tatsache muss bei der Aufklärung ausdrücklich erwähnt werden [15].

Die bedeutendsten Kontraindikationen sind psychologischer Genese. Es ist nicht klar, inwieweit plastische Chirurgen routinemäßig den psychiatrischen Status und die Geschichte ihrer Patienten beurteilen, dennoch sollte die Einschätzung dessen ein fester Bestandteil der Erstberatung sein [15]. Zwar ist das möglicherweise vermehrte Vorhandensein psychopathologischer Züge bei Patienten plastisch-chirurgischer Eingriffe bereits Bestandteil vergangener Studien [28, 30, 31], dennoch ist die Datenlage diesbezüglich aufgrund methodischer Problemstellungen und uneinheitlichen Ergebnissen nicht geklärt. Nichts desto trotz muss bei ästhetischen Maßnahmen ein besonderes Augenmerk auf psychische Grunderkrankungen gelegt

werden. Besonders die „Dysmorphophobie“ ist mit 7 bis 15 % eine relativ häufige psychiatrische Störung bei Personen, die kosmetische chirurgische und minimal-invasive Behandlungen ersuchen [32]. Dabei handelt es sich um die gestörte Wahrnehmung des eigenen Selbstbildes. Während viele betroffene Personen sich durch den Eingriff eine Besserung ihres Zustandes erhoffen, konnten retrospektive Studien zeigen, dass mehr als 90 % der Patienten mit Dysmorphophobie entweder keine Änderung oder eine Verschlechterung ihrer Symptome nach diesen Behandlungen aufzeigen [15, 33]. Daher ist bei Verdacht auf die beschriebene Erkrankung dringend von einer Brustvergrößerung abzuraten. Allgemein medizinische Vorerkrankungen wie Diabetes mellitus oder eine langjährige Raucheranamnese sind keine Ausschlusskriterien für eine Operation [6].

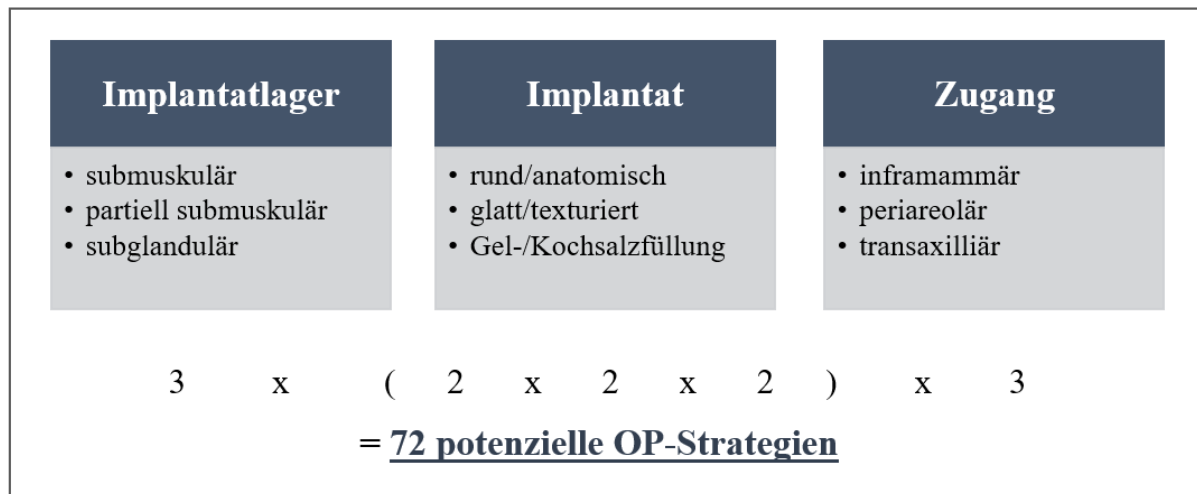
#### **2.2.4 Darlegung der verschiedenen Operationstechniken**

Diverser individueller Unterschiede in Körperhabitus, Brustgröße, Brustposition und Hautelastizität sowie den besonders hohen Ansprüchen der Patientinnen geschuldet, stellt die Mammaaugmentation einen der anspruchsvollsten plastischen Eingriffe dar, dessen Durchführung an jede Patientin individuell angepasst werden muss. Zu diesem Zweck wurden in den letzten zehn Jahren viele Details des Operationsvorgangs erneut verändert und neue Techniken beschrieben, alles in der Hoffnung, die Ergebnisse zu verbessern und Komplikationen zu minimieren.

Wie in Abbildung (Abb.) 3 zu sehen ist, stehen dem Chirurgen eine Vielzahl an unterschiedlichen operativen Strategien hinsichtlich Wahl des Zugangsweges, des Implantats und dessen Lager zur Verfügung. Hierbei wurde sich auf die populären Verfahren beschränkt und Raritäten wie etwa der transumbilicale Zugang ausgespart. Diese gewaltige Anzahl an OP-Varianten erschwert vor allem den am Anfang ihrer Karriere stehenden Ärzten die Entscheidungsfindung. Dabei ist zu erwähnen, dass jede Variante ihre Vor- und Nachteile bietet und die Entscheidung von Patientin zu Patientin individuell getroffen werden muss.

Bei rein ästhetischen Augmentationen ist die inframammäre Schnittführung am geläufigsten. Sie besticht durch die beste intraoperative Übersicht, gute Kontrolle der Implantatlage und sichert dabei die Unversehrtheit des Drüsenkörpers. Zudem ist sie bei Revisionseingriffen Mittel der ersten Wahl. Allerdings muss darauf geachtet

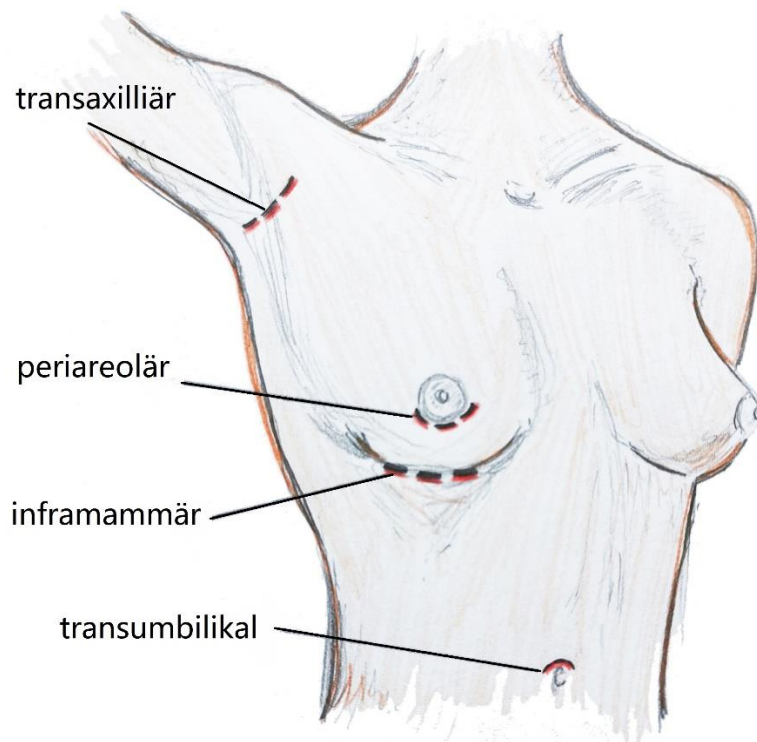
werden, dass die Inzision exakt in der neuen Inframammärfalte liegt, um die Narbe dadurch zu kaschieren [12, 34, 35].



**Abb. 3:** Überblick über potenzielle OP-Strategien bei Mammaaugmentation und deren Variablen „Implantatlager“, „Implantat“ und „Zugang“.

Der periareoläre Zugang bietet die Möglichkeit einer gleichzeitigen Mastopexie oder der Korrektur einer Fehlbildung. Jedoch limitiert die Größe des Schnittes die Wahl des Implantats und setzt durch eingeschränkte Sicht Erfahrung des Operateurs voraus [12].

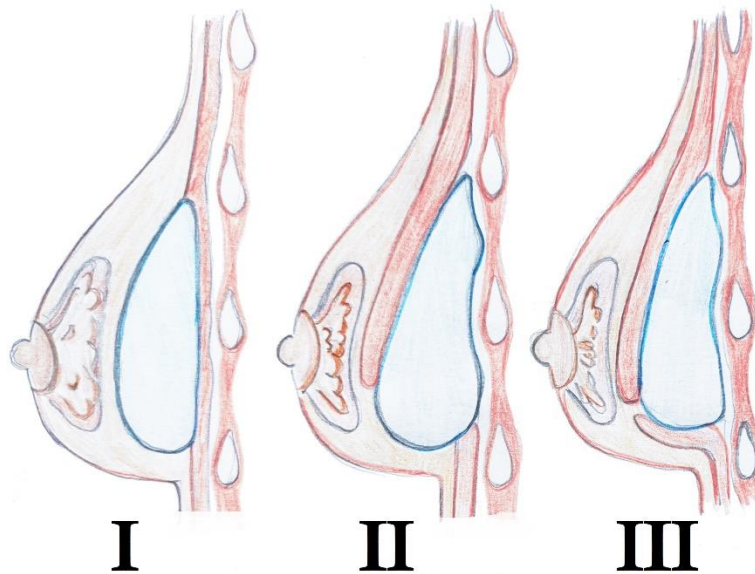
Um eine verräterische Narbe zu vermeiden, wurde die Einbringung des Implantats über eine transaxilliäre oder transumbilicale Öffnung in Erwägung gezogen. Diese Techniken sind eher spärlich vertreten, da sie erhebliche Nachteile mit sich bringen. Einschränkungen in der Auswahl des Materials und schwierige Bedingungen bei dessen Einbringung zeigen eine nur langsam steigende operative Lernkurve [12, 35].



**Abb. 4:** Lokalisation der Inzisionsmöglichkeiten zur Implantateinbringung bei Mammaaugmentation [12].

Auch bei der Einschätzung des optimalen Implantatlagers scheiden sich die Geister und das Für und Wider einer jeden Variante muss unter Berücksichtigung der individuellen Patientenvoraussetzungen abgewogen werden. Die submuskuläre Tasche wird gebildet aus dem M. pectoralis major und dem M. serratus anterior. Das Implantat ist dadurch komplett von Muskulatur überdeckt und die so entstandene Barriere zu den Drüsengängen soll das Risiko einer Kapselfibrose deutlich minimieren [36]. Zudem werden die Sichtbarkeit und Tastbarkeit des Implantates reduziert. Allerdings besteht die Gefahr einer superioren Malposition, die zur „snoopy dog“ Deformität der Brust führen kann [12]. Bei dieser Form der Brustdeformität nimmt nicht mehr die Brustwarze bzw. der Brustwarzenhof, sondern das Implantat als kleine Erhebung im oberen Teil der Brust den höchsten Punkt ein. Die Brustwarze zeigt dabei nach unten [37]. Die partielle submuskuläre Lage deckt in der Regel die Implantat Oberseite zu ein bis zwei Drittel durch den M. pectoralis major und minimiert dadurch die Sichtbarkeit und die Palpation der Implantatkanten durch die Haut [36]. Die durch das Anspannen erzeugten Kräfte können das operative Ergebnis negativ beeinflussen

und das Implantat deutlich sichtbar hervortreten lassen [15]. Ein subglanduläres Implantatlager erfordert ausreichend vorhandenes Fett- und Drüsengewebe, da sich ansonsten Ränder des Fremdmaterials abbilden können. Dennoch ist diese Variante bei günstigen Voraussetzungen unter Chirurgen sehr beliebt, da hiermit die meiste Kontrolle über das äußere Erscheinungsbild geboten ist [15, 35].



**Abb. 5:** Mögliche Positionierung von Brustimplantaten: I ) subglandulär, II ) partielle subpectorale Deckung und III ) komplette submuskuläre Deckung [35].

Ballard et al. untersuchte in der USA von 2011-2015 11756 Brustvergrößerungen auf bevorzugten Inzisionsweg und Implantatlager. Dabei konnte mit 75,1 % die Inframammärfalte als favorisierter Zugang identifiziert werden. Bei der Lage des Implantats zeigte sich ein deutlicher Trend hin zur submuskulären Variante mit 30,6 % und partiell subpectoralen Methode („dual plane“) mit 26,7 % [38].

Abschließend ist zu sagen, dass sich die Durchführung der einzelnen Techniken durch den jeweiligen Operateur in unzähligen Nuancen unterscheidet und nur er die Vor- und Nachteile abwägen kann, um das optisch ästhetischste Ergebnis zu erreichen. Dabei sind genaue Kenntnisse über die im ersten Abschnitt erläuterte Anatomie unabhängig von der angewandten Technik essenziell. Physiologische und strukturelle



Gegebenheiten, die bei den einzelnen Zugangswegen besonders gefährdet sind, sollten geschont werden, um Komplikationen möglichst gering zu halten.

Symmastia, das „double-bubble“-Phänomen (Doppelkonturierung der Inframammärfalte), Wanderung des Implantats nach lateral, Zerstörung der Inframammärfalte nach Mastektomie oder der Prolaps eines Brustimplantats unterhalb der Inframammärfalte können auftreten, sofern bei der Operation fasziale Strukturen nicht geschont oder rekonstruiert werden [15, 39]. Eine verminderte oder erloschene Sensibilität im Bereich des Mamillen-Areolen-Komplexes kommt häufig durch Irritation des vierten lateralen Interkostalnervens zustande, den es nach Möglichkeit zu schonen gilt. Auch die Durchblutung der Brust durch große Perforatoren sollte bewahrt werden.

## 2.3 Darlegung der Bandbreite an Brustimplantaten

Wie schon bei der Operationsmethodik im vorrausgegangenen Kapitel zu sehen war, gibt es auch bei der Wahl des richtigen Implantats durch das dauerhafte Bestreben nach dem perfekten operativen Ergebnis unzählige Auswahlmöglichkeiten. Seit der erstmaligen Verwendung eines Brustimplantats (Dow Corning Company) durch Frank Gerow und Thomas Cronin im Jahr 1961 durchlief die Industrie einen gewaltigen Wandel [15].

### 2.3.1 Füllmaterial von Brustimplantaten

Grundsätzlich kann bei der Befüllung der Implantate zwischen Silikongel und Kochsalz unterschieden werden. In den 80er Jahren erfuhren die Kochsalzimplantate einen gewaltigen Aufschwung. Grund hierfür waren sich häufende Artikel, in denen Patientinnen über Komplikationen mit Silikonimplantaten klagten. Im Zuge dessen wurde von 1992 bis 2006 die Verwendung von mit Silikongel gefüllten Implantaten in der USA durch die „US of Food and Drug Administration“ untersagt [38].



**Abb. 6:** Vergleich eines Implantats mit Kochsalzfällung (links) und Silikongelfällung (rechts) [12].

Bei Auslaufen der mit Kochsalz gefüllten Implantaten besteht keinerlei Gefahr für die Patientin, da das Fremdmaterial vom Körper absorbiert werden kann und über die Niere ausgeschieden wird. Zudem sind sie durch ihre Verformbarkeit die einzige Möglichkeit bei transaxillären oder transumbilicalen Zugangswegen. Jedoch behält das Brustimplantat aufgrund des flüssigen Füllstoffs seine Form nicht bei und kann abgesehen von den dadurch entstehenden Geräuschen auch sichtbare Kanten unter dem Hautmantel aufwerfen [12].

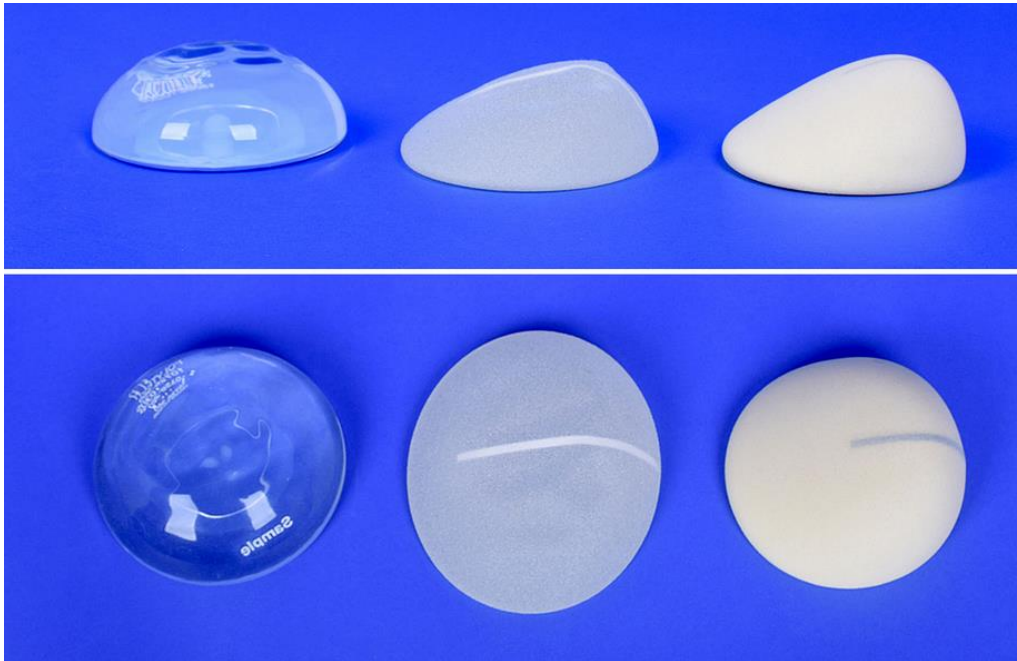
Wie Ballard et al. in einer retrospektiven Studie über vier Jahre zeigen konnte, geht der Trend heute hin zur Verwendung von Silikon als Füllmaterial [38]. Dies lässt sich damit begründen, dass die nun heute 5. Generation der Silikonimplantate gegenüber den Kochsalzimplantaten maßgebliche Vorteile bietet. Diese zeichnen sich im Vergleich zu früheren Implantaten (1.-4. Generation) durch ein kohäsives formstabiles Silikongel aus, das aus einem erhöhten Grad an sich vernetzenden Silikonpolymeren resultiert. Auch bei Ruptur der Hülle bleibt der Füllstoff in seiner Form und die Gesundheit der Patientin kann gewährleistet werden [35]. Natürliche Haptik und Optik einhergehenden mit langfristiger Formstabilität rechtfertigen den vermehrten Gebrauch der Silikonimplantate [40].

### **2.3.2 Oberflächenrelief von Brustimplantaten**

So häufig wie sich die Wahl des Füllmaterials im Laufe der Zeit geändert hat, so konstant ist sie bei der Materialwahl der Beschichtung geblieben. Die Implantathülle besteht seit Beginn der ersten Brustvergrößerung und bis heute aus Silikon, dem einzigen dafür erfolgreich eingesetztem Werkstoff. War die Oberfläche zunächst noch glatt, so wurde diese mit dem Bestreben das Auftreten der Kapsel fibrose zu minimieren durch Modifikation optimiert. Dabei wurde die Silikonhülle mit texturiertem Silikon oder Polyurethan überzogen.

Malahias et al. veröffentlichte 2016 einen umfassenden Review in Bezug auf den Nutzen dieser Beschichtung. Wenn auch einige Studien keinen Vorteil zu vermerken hatten [41], so berichten wiederum andere Autoren sehr wohl von einer signifikant geringeren Anzahl an Kapsel fibrosen im Vergleich zur Verwendung von glatten Implantaten [42, 43]. Insbesondere die Texturierung mit Polyurethan wird vermehrt als

förderlich zur Prävention von Komplikationen angegeben [44, 45]. Die Theorie für diesen Erfolg geht davon aus, dass sich die bei der Kontraktur der Kapsel bildenden Kollagenfasern durch die unebene Oberfläche nicht parallel sondern nur zufällig anordnen können und somit keine geschlossene Hülle ausbilden, die möglicherweise Druck auf das Implantat auswirkt [46].



**Abb. 7:** Darstellung verschiedener Implantatoberflächen: glatte, texturierte und mit Polyurethan beschichtete Oberflächen (von links nach rechts).

Doch wie schon Duxbury et al. in ihrem Review kritisiert, fehlen für die Verwendung von mit Polyurethan beschichteten Implantaten Ergebnisse zu Langzeitauswirkungen. Daher sollte die Wahl der Texturierung auch weiterhin hinterfragt werden [47].

Zudem werden in jüngster Zeit und nach Anerkennung des Brustimplantat-assoziierten Lymphoms (BIA-ALCL) als eigene Tumorentität immer mehr Krankheitsfälle publik [48]. Das BIA-ALCL gehört zu den T-Zell-Lymphomen und kann in Folge einer ästhetischen Augmentation im Bereich des Implantatlagers entstehen. Als mögliche Pathogenese hierfür wird in einigen Studien der Partikelabrieb der Implantate aufgeführt, der bei texturierten Oberflächenbeschichtungen vermehrt auftritt. Auffällig ist, dass unabhängig von der Quelle ca. 80 % der Frauen, die an BIA-ALCL erkrankt sind, ein texturiertes oder mit Polyurethan beschichtetes Brustimplantat erhalten

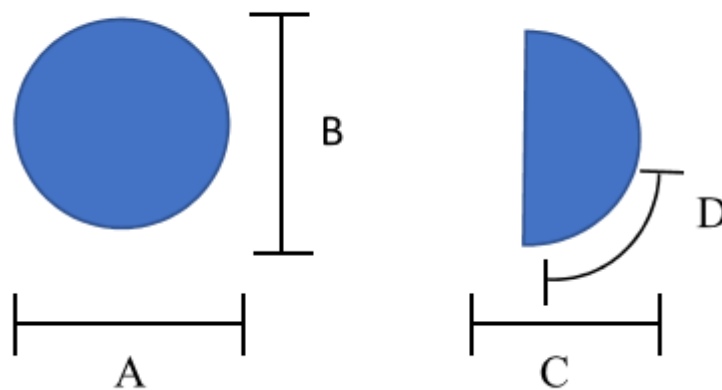
hatten. Zwar ist die Erkrankung gemäß aktueller Daten mit einer sehr geringen Prävalenz vergesellschaftet, trotzdem ist das Risiko an ihr zu erkranken bei der Verwendung glatter Implantaten deutlich geringer [48, 49]. Die individuellen Vor- und Nachteile der einzelnen Beschichtungen müssen der Patientin offengelegt werden, um gemeinsam eine angemessene Entscheidung treffen zu können und für mögliche postoperative Komplikationen zu sensibilisieren.

Das Problem der Rotation des Implantats in seiner Tasche, die vor allem bei anatomisch geformten Modellen von entscheidender Bedeutung ist, konnte durch die Beschichtung gelöst werden [15]. Glatte Implantate haben eine größere Migrationsneigung und sind deshalb nur in runder und nicht in anatomischer Form erhältlich.

### **2.3.3 Brustimplantatformen**

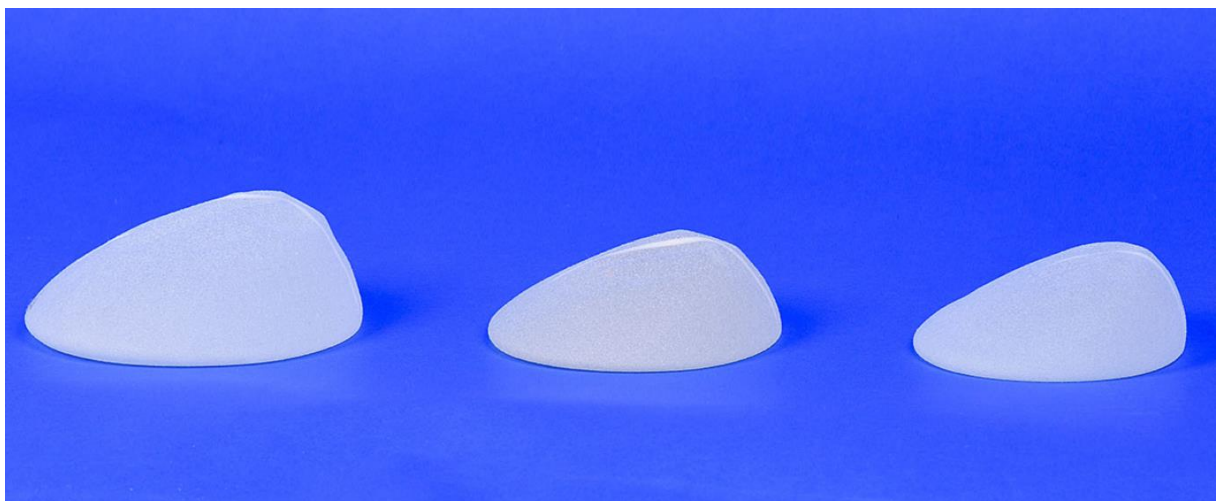
Ein ständig wachsender Markt für Brustimplantate bedient durch viele verschiedene Hersteller und das Verwenden nicht standardisierter Terminologie im Marketing und Vertrieb resultieren in einer uneinheitlichen Klassifikation der Implantatmerkmale. Basis, Projektion und Volumen sind die essenziellen Eigenschaften eines Brustimplantats, die jedoch bei jedem Label in unterschiedlicher Korrelation zueinanderstehen können und in diversen Ausmaßen verfügbar sind.

Die Basis („A“ und „B“, Abb. 8), die an die Patientin angepasst werden muss, um ein ansprechendes Ergebnis zu erzielen, ist wie bei Guyuron et al. beschrieben durch die Gegebenheiten des Thorax und die Gewebedicke festgelegt [(gewünschte Brustbreite-Gewebedicke) = Implantatbreite] [12]. Ist diese bekannt, so kann je nach Präferenz der Patientin eine Projektion oder das gewünschte Volumen gewählt werden. Der dritte Wert ergibt sich folglich aus den anderen beiden Eckdaten und ist wie bereits erwähnt abhängig von Modell und Hersteller des Implantats [40]. Die Werte „C“ und „D“ (Abb. 8) spiegeln dabei die Maße der Projektion wider.



**Abb. 8:** Darstellung der typischen Implantatmerkmale: „A“ und „B“ kennzeichnend für die Basis, „C“ und „D“ korrelierend mit der Auswahl der Projektion.

Unter „Projektion“ wird im Allgemeinen die Höhe der Brustimplantats genannt. Grundsätzlich gilt, je höher das Silikonkissen, desto mehr wird die Brust in der Horizontalebene nach vorne gedrückt. Die Patientin kann zwischen „niedriger Projektion“, „moderater Projektion“, „hoher Projektion“ oder „extra hoher Projektion“ wählen, wodurch sich die Messwerte „C“ und „D“ verändern.



**Abb. 9:** Anatomische Brustimplantate mit hoher, moderater und niedriger Projektion (von links nach rechts).

Ein kontrovers diskutiertes Thema ist die Grundform des Implantates. Zu den Anfängen der Brustchirurgie wurden Implantate mit runder Basis und einer Projektion verwendet, deren maximale Ausprägung mittig platziert war. 1993 erschien durch die „McGhan Medical Corporation“ (Allergan, Santa Barbara, CA, USA) erstmalig ein Brustimplantat, das der heutigen anatomischen Form entspricht [50]. Basierend auf der Annahme, die tropfenförmige Gestalt bilde die weibliche Brust in ihrem natürlichen anatomischen Ausmaß wahrheitsgetreuer als ein rundes Implantat nach, verwenden viele Chirurgen bis heute bevorzugt diese. Neue Erkenntnisse konnten keinen signifikanten Unterschied belegen, wobei die bisherigen Studien etlichen Limitationen unterlagen [8–10]. Daher mangelt es derzeit an objektiven, gesicherten Daten. In seiner Metaanalyse griff Cheng et al. beispielsweise vier Studien auf, in denen die Probanden jeweils anhand von postoperativen Bildern entscheiden sollten, welche Implantatform eingesetzt wurde. Weder Laien noch plastisch-ästhetischen Fachärzten war die Unterscheidung möglich [8]. Kritisch anzumerken ist hierbei, dass lediglich der Ist-Zustand der Probandin mit einem der beiden denkbaren Grundformen bewertbar ist ohne den möglichen Vergleich zur alternativen Form. Lediglich Hidalgo et al. bietet durch das intraoperative Einsetzen sowohl runder als auch anatomischer Implantate bei ein und derselben Probandin und Dokumentation mittels Fotos diese Möglichkeit [10].

## **2.4 Erfassung der Brustgeometrie durch dreidimensionale Vermessung**

Die Wahl des Implantats und der Operationstechnik spiegeln sich in der Topographie der weiblichen Brust wider. So sind genaue Vermessungen und Objektivierung der Brust einschließlich des Thorax sowohl präoperativ zur Sicherstellung eines ansprechenden Ergebnisses als auch postoperativ zur Evaluierung dieses von entscheidender Bedeutung.

Eine der gängigsten Verfahren der letzten Jahre die weibliche Brust numerisch zu erfassen, ist die anthropometrische Messmethode [25, 51]. Dabei werden definierte anatomische Landmarken festgelegt und Strecken zwischen diesen ermittelt, die intra- und interpersonelle Vergleiche zu lassen. Obwohl lineare Messverfahren und Umfangsmessungen (z. B. mittels TTM-Chart [15]) in einschlägigen Werken dokumentiert und auch heute noch im klinischen Alltag gebräuchlich sind, zeigt sich deren Limitierung jedoch darin, die menschliche Komplexität in seiner dreidimensionalen Gänze nur eingeschränkt erfassen zu können. Standardisierte Fotoaufnahmen mit fest vorgegebenen Distanzen, Winkeln und Proportionen sollen helfen, den prä- und postoperativen Verlauf objektiv dokumentieren und bewerten zu können [52]. Begrenzte Technik und Abweichungen sowohl in der Patienten Positionierung als auch der Kameraführung liefern allerdings oft fehlerhafte Messungen, die keinen Vorher-Nachher-Vergleich oder die Gegenüberstellung von verschiedenen Patientinnen zulassen. Neuartige Möglichkeiten eröffneten sich in den letzten Jahrzehnten durch die Einführung von Technologien zur digitalen 3D-Oberflächenerfassung von Körpern [52, 53]. Diese zeichnen sich durch eine deutlich schnellere Datenakquise im Vergleich zu Distanz- und Umfangsmessungen, Wasserverdrängung und anderen herkömmlichen Verfahren aus [7, 54]. Zudem besitzt die 3D-Volumetrie die Fähigkeit, Volumenunterschiede auf einer Detailebene zu messen, die bei konventioneller zweidimensionaler Fotografie oder körperlicher Untersuchung nicht möglich ist [55].

Nachdem die Vorteile der 3D-Oberflächenbildgebung im klinischen Alltag und insbesondere im Bereich der Chirurgie erkannt worden waren, konnten sich mehrere vielfältige Systeme durchsetzen. Dabei werden verschiedene Techniken zur Erstellung



des dreidimensionalen Körpers verwendet, die sich grob in zwei Gruppen einteilen lassen [56].

Eine Variante der dreidimensionalen Vermessung ist die Fotogrammetrie. Bei dieser handelt es sich um eine Rekonstruktion des Oberkörpers basierend auf einzelnen Fotos. Die Aufnahmen werden aus verschiedenen Blickwinkeln aufgenommen und ergeben in ihrer Gänze ein digitales 3D-Oberflächenmodell des Thorax. Dieses Verfahren hat sich in den letzten zehn Jahren zur Dokumentation im Bereich der plastischen Chirurgie etabliert und anhand zahlreicher Studien konnte deren Präzision und präoperativer Nutzen evaluiert werden [56].

Neben diesen großen, statischen 3D-Kamera-Systemen werden immer häufiger 3D-Scanner in der Brustchirurgie verwendet [54, 55].



**Abb. 10:** Artec Eva der Firma Artec (Luxemburg) basierend auf LED-Lichtern [57].

Diese verfügen im Wesentlichen über eine Lichtquelle (Laser, LED-Lichter etc.) und eine oder mehrere kalibrierte Kameras. Das Licht, das durch die Oberfläche des 3D-Objekts verformt wird, wird über das Kamerasystem detektiert. Mit dem Wissen über die Konstruktion und Geometrie eines projizierten Musters und die Wahrnehmung der Verformung durch die 3D-Oberfläche des Objekts ist es möglich, die 3D-Oberfläche

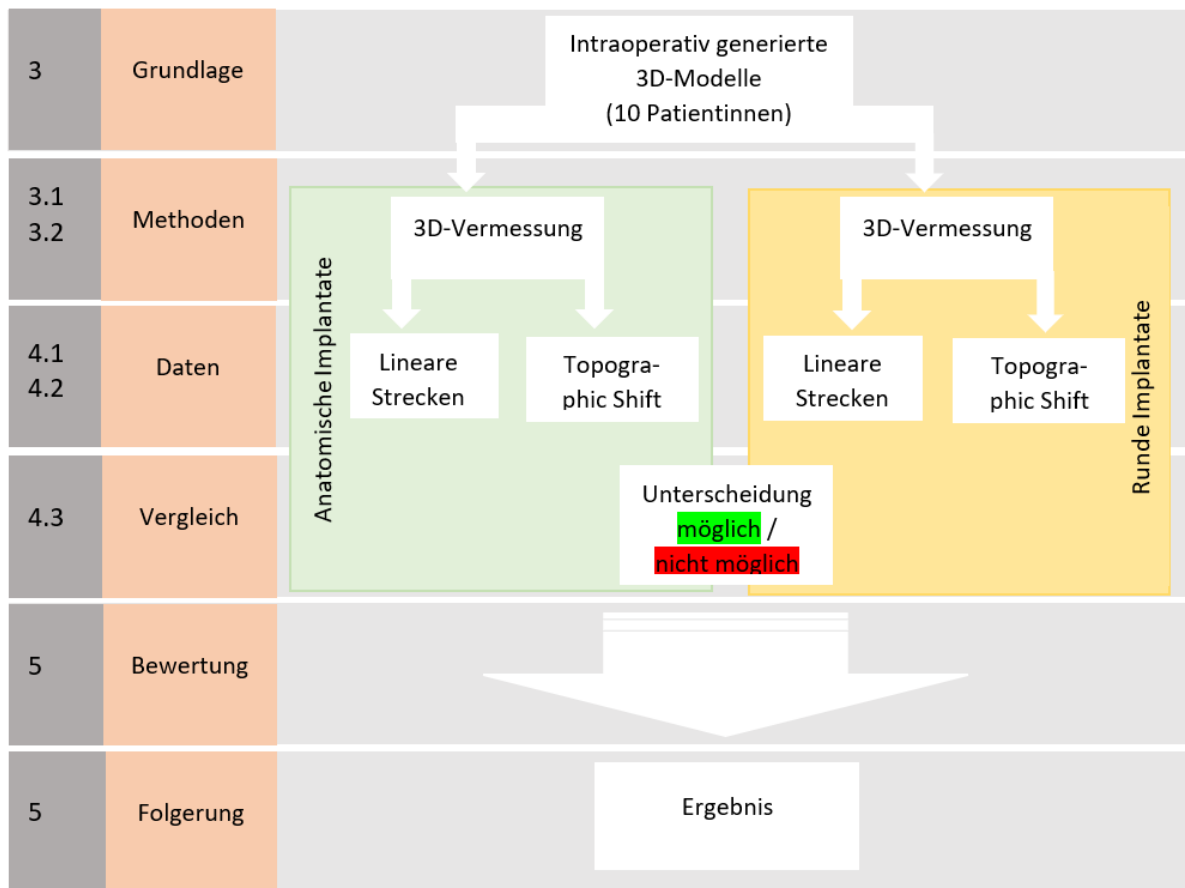
des Objekts abzuschätzen und ein dreidimensionales Abbild zu erzeugen [56]. Der Nachweis einer validen und reproduzierbaren Analyse der Brustkontur und Volumetrie mittels dieser Methodik konnte bereits mehrfach gezeigt werden [55, 58–62]. Auch im direkten Vergleich zu händisch durchgeführten Messmethoden oder zweidimensionalen Aufnahmen schnitt die 3D-Volumetrie besser ab und kann bei der Exaktheit mit Magnetresonanztomographie-Datensätzen mithalten [63]. Auch wenn die dreidimensionale Bildgebung der weiblichen Brust präoperativ eine über neunzig prozentige Genauigkeit hinsichtlich des Brustvolumens aufweisen konnte, so wird diese nur von einer Minderheit der plastischen Chirurgen verwendet [40]. Intraoperativ ist die Technik bisher erst bei einigen wenigen Studien verwendet worden [10, 64], was womöglich dem Mangel an bisheriger Erfahrung geschuldet ist. Im Zuge der voranschreitenden Digitalisierung des Klinikalltages und mit Bedacht des Nutzens der 3D-Vermessung wird diese mehr und mehr Anwendung finden.

### 3 Material und Methodik

In dieser Interventionsstudie wurden zehn weibliche Patientinnen zwischen 22 und 49 Jahren mit ästhetischer Augmentation oder Augmentation mit nachfolgender Mastopexie eingeschlossen. Dabei zählten vorherige Operationen im Bereich der Brust, Epilepsie oder eine Ptose der Brust größer gleich Grad III als Ausschlusskriterium.

In Abb. 11 wird der Aufbau der Studie schematisch dargestellt. Das primäre Ziel ist es, die Auswirkungen von unterschiedlichen Implantatformen („rund“ vs. „anatomisch“) und Volumina auf die Topographie der weiblichen Brust gemessen an der mittleren Oberflächendistanz („topographic shift“) [65] innerhalb einer Patientin zu ermitteln. Als sekundäre Ziele wird zudem die Veränderungen der linearen Messwerte (Strecke Jugulum-Mamille, Strecke Mamille-Inframammärfalte etc.) und die Veränderungen der Mamillenposition in Abhängigkeit von Form und Volumen des Brustimplantats bestimmt.

Intraoperativ wurden den Patientinnen sechs Studienimplantate unterschiedlicher Form und Größe eingesetzt. Vor Operationsbeginn und nach Einsetzen der Implantate wurde jeweils ein intraoperatives 3D-Modell unter Zuhilfenahme des handlichen 3D-Scanners Typ Artec EVA der Firma Artec (Luxemburg) generiert. Somit ergaben sich sieben 3D-Scans pro Patientin (1x „nativ“, 6 x „implantiert“), die mit Hilfe der mit dem Scanner kompatiblen Software Artec Studio 12 Professional (Firma Artec, Luxemburg) ausgewertet wurden. Die gewonnenen Daten lassen einen Vergleich der Brustimplantate zu und sollen zukünftig bei der präoperativen Entscheidungsfindung einen Anhaltspunkt geben.



**Abb. 11:** Schematische Darstellung des Studienablaufs und grundlegende Ziele der Studie.

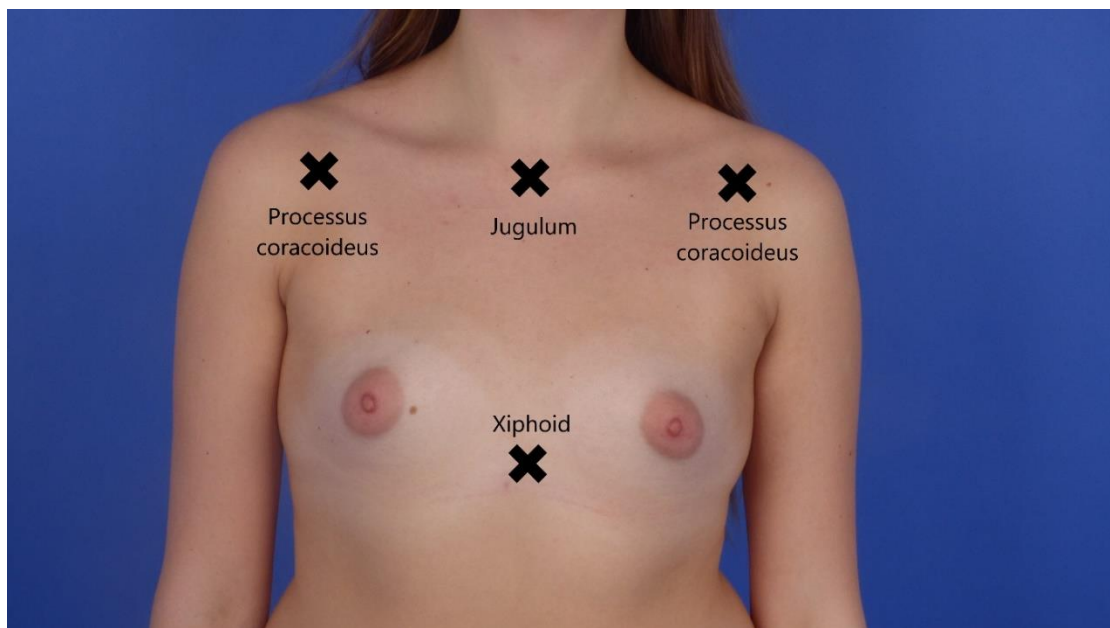
Alle Augmentation wurden von einem Operateur (Prof. Dr. Dr. Lukas Prantl) durchgeführt und fanden im Zeitraum von 02/2019- 08/2019 am Caritas-Krankenhaus St. Josef in Regensburg statt. Die Studienteilnehmerinnen nahmen alle freiwillig daran teil und bestätigten dies schriftlich mittels einer Patienteneinwilligung (s. Anhang). Darin wurden sie über das Prozedere der Studie, die damit einhergehende verlängerte Narkosezeit und das erhöhte Risiko einer möglichen Kapselbildung oder Infektion aufgeklärt. Zudem stimmten alle Teilnehmerinnen der Veröffentlichung von Fotomaterial (Fotos + 3D-Scans) und Patientenstammdaten in anonymisierter Version zu. Das Studienkonzept wurde von der Kommission der Universität Regensburg mit einem positiven Ethikvotum mit der Nummer 18-1030-101 verabschiedet.

### 3.1 Intraoperative Datenerhebung

Vor Beginn des operativen Eingriffes werden an der Patientin definierte Knochenpunkte markiert. Hierbei haben wir uns an gängige, bereits im klinischen Alltag etablierte [15] und für jeden Arzt aufzufindende Strukturen gehalten:

- **Jugulum**
- **Xiphoid**
- **Processus coracoidei**

Dabei befand sich die Patientin in aufrechter Neutral-Null-Stellung mit den Schultern nach hinten und dem Kopf gerade aus (Abb. 12). Die Markierungen spielen bei der postoperativen Auswertung der Scans eine wichtige Rolle und können intraoperativ jederzeit mit einem sterilen Stift nachgezeichnet werden.



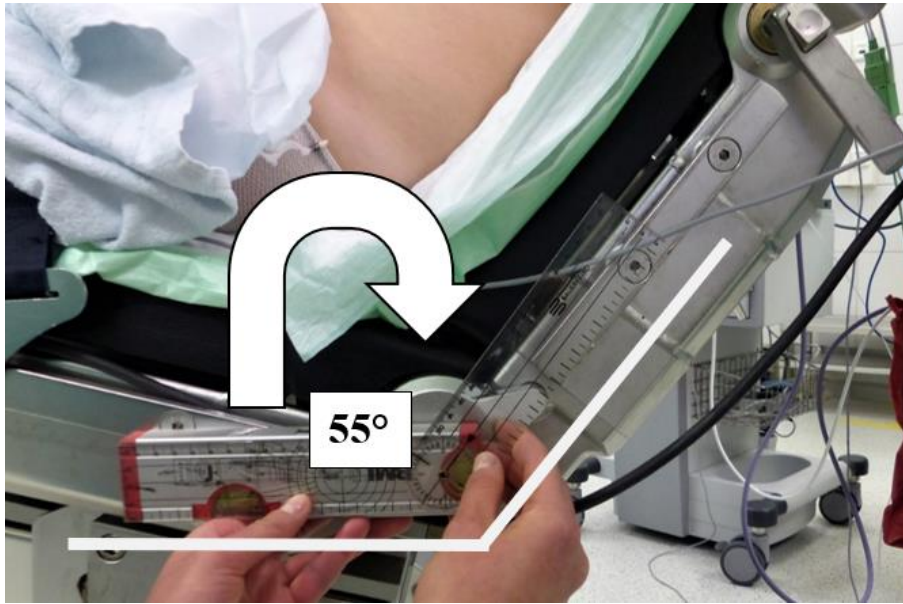
**Abb. 12:** Präoperative Fotodokumentation mit Referenzpunkten Jugulum, Xiphoid und Processus coracoidei.

Alle Operationen werden in Rückenlage mit um  $45^\circ$  ausgelagertem Armen unter Intubationsnarkose durchgeführt. Für die Aufnahme der Scans wird die Patientin in die Beach-Chair-Lagerung mit  $55^\circ$  Grad geneigter Sitzlehne gebracht (Abb.13).



**Abb. 13:** Intraoperative Lagerung einer Patientin zur Akquirierung des Scans: Beach-Chair-Lagerung mit  $55^\circ$  Grad geneigter Sitzlehne.

Die Sitzlehne schließt dabei mit der Horizontalen einen  $55^\circ$  Winkel ein, der durch ein Goniometer und eine Wasserwaage kontrolliert wird (Abb. 14). Dies soll gleiche Ausgangsbedingungen im abschließenden Vergleich der einzelnen Scans mit unterschiedlichen Implantaten gewährleisten.



**Abb. 14:** Überprüfung des 55° Winkels zwischen Sitzlehne und Horizontale mittels Goniometer und Wasserwaage.

Nach Desinfektion und steriler Abdeckung wird vor Schnittsetzung intraoperativ zunächst ein „nativer“ Scan der Brust erzeugt („SCAN 1“, Abb. 16). Hierbei handelt es sich um einen Scan ohne Implantate. Dieser soll den Ist-Zustand der Brustregion dokumentiert und wird als Referenzwert zu den folgenden 3D-Aufnahmen mit Studienimplantaten herangezogen.

Dazu wird die linke und rechte Thoraxwand separat gescannt. Die einzelnen Scans werden nachfolgend softwaregestützt zu einem ganzheitlichen dreidimensionalen Modell zusammengefügt. Abb. 15 zeigt beispielhaft den intraoperativen Scanvorgang mittels Handscanner. In Abb. 15 wurden bereits Studienimplantate eingebracht. Der Scanvorgang zur Erzeugung des „nativen“ Scans ist jedoch identisch.



**Abb. 15:** Intraoperativer Scanvorgang mittels 3D-Scanner Typ Artec Eva nach Einbringung von Studienimplantaten (320 cc).

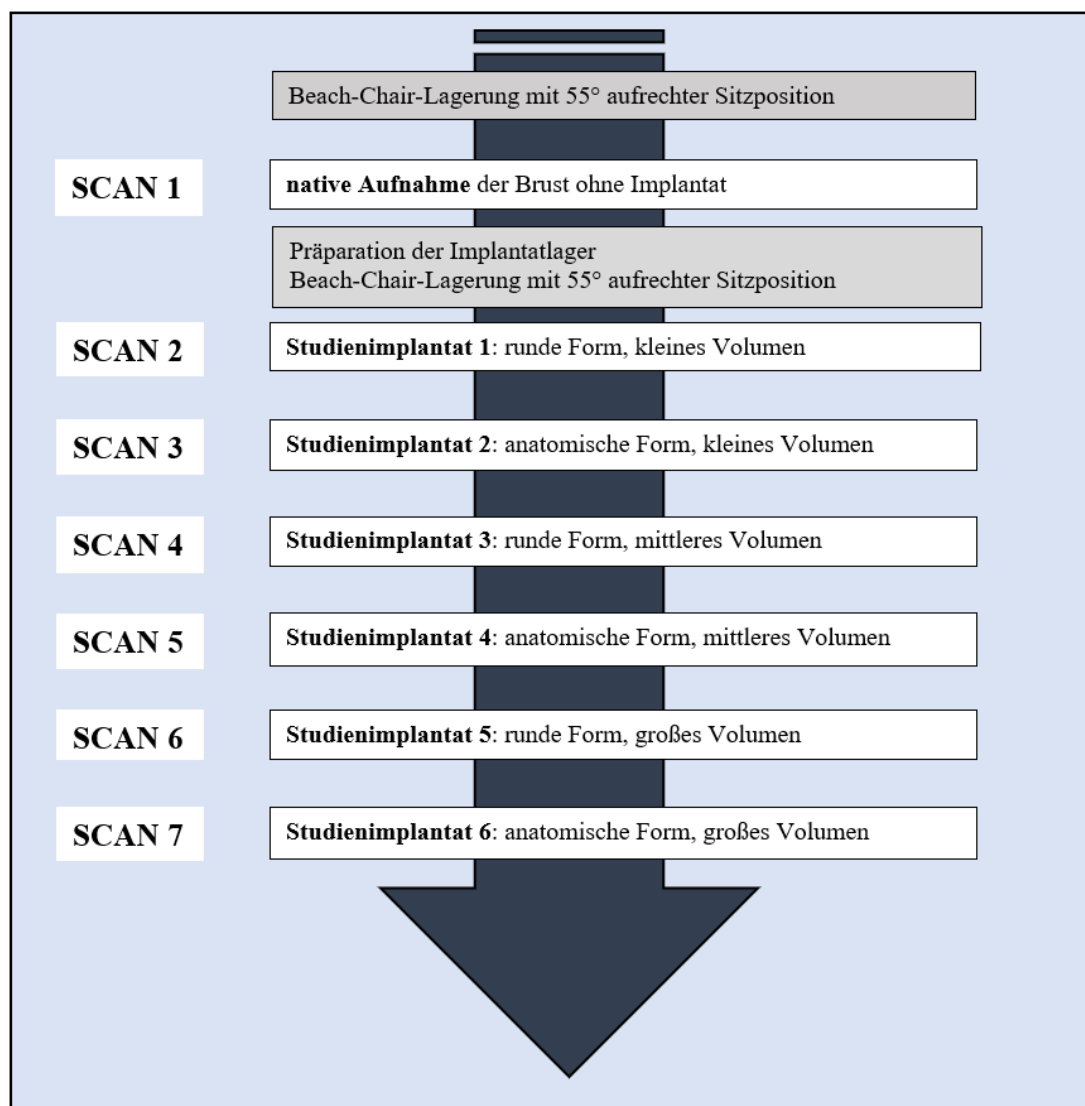
Auf dem Bildschirm des Laptops, der mit dem 3D-Scanner verbunden ist, kann kontrolliert werden, ob der gesamte für die Studie relevante Thoraxbereich erfasst wird. Dabei ist darauf zu achten, Areale der rechten und linken Seite aufzuzeichnen, die sich überlappen. Nur so kann die Software ArtecStudio Professional 12 aus den beiden für sich stehenden Scans mit Hilfe des Tools „Align“ ein komplettes dreidimensionales Abbild der weiblichen Brustregion erstellen.

Nach Abschluss des „nativen“ Scans kann die Patientin für optimale Operationsbedingungen in Rückenlage gelagert werden. Nach Präparation des geplanten Implantatlagers kommen nun an Stelle der sonst gängigen Probeimplantate zur Festlegung der Implantatgröße sechs Originalimplantate der Firma Polytech (Sublime Line) (sogenannte „Studienimplantate“ (SI)) zum Einsatz, die sich in Form, Volumen und Projektion unterscheiden. Dabei wird mit dem volumetrisch kleinsten, runden Implantat begonnen. Nach Einsetzen des Implantatpaares und temporärer Wundadaption mittels Klammern wird ein 3D-Modell generiert („SCAN 2“, Abb. 16). Dabei wird wie bei Erzeugen des „nativen“ Scans vorgegangen. Die Patientin wird um 55° aufgerichtet und die Position mittels Goniometer und Wasserwaage kontrolliert. Beide Thoraxhälften werden gescannt und softwaregestützt verbunden.



Gemäß dem Schema in Abb. 16 schließen sich dem ersten Vergleichspaar fünf weitere an, für die ebenfalls ein 3D-Modell erzeugt wird („SCAN 3-7“). Die Studienimplantate Nr. 1 und 2, 3 und 4, 5 und 6 entsprechen sich im Volumen, zeigen aber jeweils eine runde und anatomische Form auf.

Bei sieben Patientinnen wurden alle sechs Studienimplantate eingesetzt, was zu 49 Scans (einschließlich „nativer“ Scans) führt. Bei zwei Patientinnen konnten nur vier Studienimplantate verwendet werden (= 8 „implantierte“ + 2 „native“ Scans) und bei einer Patientin fehlte ein Studienimplantat (= 5 „implantierte“ + 1 „nativer“ Scan). Dies führte zu 65 3D-Brustscans und einer Gesamtzahl von n = 130 Einzelbrustaufnahmen.



**Abb. 16:** Intraoperative Abfolge der Implantateinbringung und Scanvorgänge.

Während der gesamten OP ist darauf zu achten, die Position der Patientin und insbesondere der Arme möglichst wenig zu verändern. Jede Abweichung von der zu Beginn eingenommenen Körperstellung hat Einfluss auf die weibliche Brust und könnte somit die durch die jeweiligen Implantate hervorgerufenen Auswirkungen auf die Topographie der weiblichen Brust verfälschen.

Bei fünf der zehn Probandinnen wurde ein inframammärer Zugangsweg gewählt. Die Restlichen wurden durch periareoläre Schnittführung operiert. Das Implantat kam bei Zweien subglandulär zum liegen, bei den weiteren Acht subpectoral.

Erzeugt werden die dreidimensionalen Modelle durch den handlichen hochauflösenden 3D-Scanner Artec EVA der Firma Artec (Luxemburg) (Abb. 17). Dieser erlaubt aufgrund seiner Größe und schnellen Datenakquise den berührungslosen Einsatz während der OP ganz ohne Strahlung und erzeugt dabei in wenigen Sekunden ein dreidimensionales Modell der gescannten Körperpartie.



**Abb. 17:** Beispielhafter Scanvorgang einer Statue mittels 3D-Scanner Typ "Eva" der Firma Artec (Luxemburg) [66].

Die Messgenauigkeit des 3D-Scanners wurde durch Scannen eines zylinderförmigen Körpers aus Polyacrylamid überprüft, dessen Volumen vorher anhand der Formel  $V =$

$\pi \times r^2 \times h$  berechnet wurde. Dabei ergab sich eine mittlere Differenz vom Ausgangswert in Milliliter (ml) und durch die 3D-Messung ermittelten Wert in ml von 0,73 %.

Auch Koban et al. untersuchte die Technik auf seine Präzision. Dabei injizierte er 0,5 ml in den Schläfenbereich vierer Kadaver und maß die durch drei verschiedene handliche 3D-Bildgebungen gemessene Volumenveränderung. Der Korrelationskoeffizient zwischen dem injizierten und dem gemessenen Volumen lag für den Eva-Scanner für subkutane interessierende Regionen bei  $r = 0,935$  und für die supraperiostalen Regionen bei  $r = 0,966$ . Auch im direkten Vergleich zu den anderen beiden getesteten Scannern, die jeweils nur einen Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,760$  bzw.  $r = 0,364$  (oberflächlich vs. supraperiostal) für Sense und  $r = 0,694$  bzw.  $r = 0,382$  (oberflächlich vs. supraperiostal) für den iSense-Scanner erreichen konnten, bestach „Eva“ mit überaus hoher Exaktheit und ist somit bestens für intraoperative Messungen geeignet [64]. In einer weiteren Arbeit von Koban et al. wurde der 3D-Scanner der Firma Artec für die quantitative volumetrische Analyse der unteren Extremitäten verwendet und auf seine Präzision hin erneut untersucht. Dabei zeigten sich keine signifikanten Abweichungen zur Wasserverdrängung ( $p > 0,05$ ), die als Goldstandard der Volumenmessung gilt. Die klinisch etablierten und standardisierten Messverfahren der Umfangsmethode mittels Konusmethode und Scheibenmethode hingegen mussten ein signifikant überhöhtes Volumen (Konusmethode) oder eine ausgeprägten Varianz im 95 % Konfidenzintervall verzeichnen [67].

## **3.2 Auswahl der Studienimplantate**

Die zu Studienzwecken relevanten Implantate werden für jede Patientin individuell ausgewählt und orientieren sich an dem im präoperativen Aufklärungsgespräch ausgesuchtem Implantat.

### **Wahl des finalen Implantats**

Zu Beginn wird die Basis der Brust vermessen, die für die Wahl des Implantats entscheidend ist. Mit Hilfe eines Rechenschiebers werden die zukünftigen lateralen und medialen Grenzen der Brust nach Augmentation vermessen. Ausgehend von der Brustbasis berät sich die Patientin gemeinsam mit dem Chirurgen bezüglich Form, Projektion und Volumen. Ist die Entscheidung gefallen, so kommt es zur Auswahl der fünf weiteren Studienimplantate.

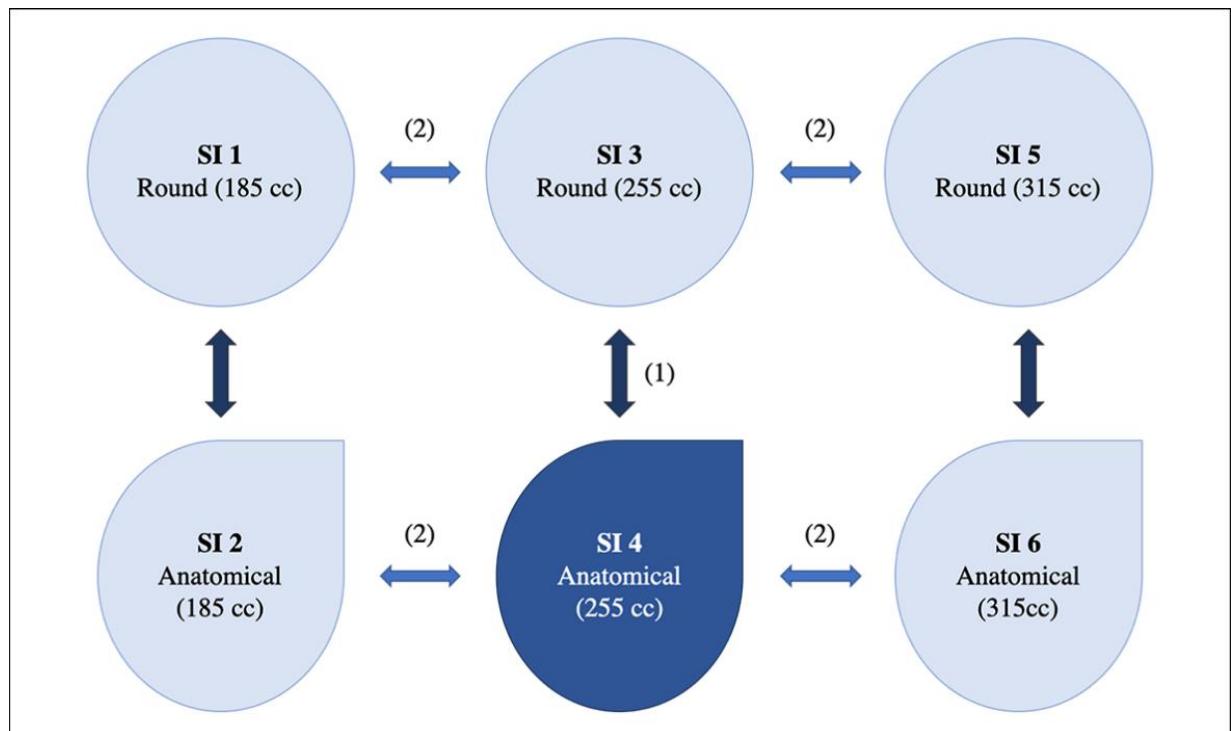
### **Wahl der Studienimplantate**

Einschließlich des finalen Implantats sind somit sechs verschiedene Modelle geplant, die sich jeweils durch Form („anatomisch“ vs. „rund“) und Volumen (das jeweils größere und kleinere verfügbare Volumen bei gleicher Basis) unterscheiden.

Das primäre durch die Probandin ausgewählte Implantat („dunkelblau“ in Abb. 18) bildet den Ausgangspunkt, von dem aus die anderen Studienimplantate abgeleitet werden. Zunächst wird das Implantat ermittelt, das dem Finalen in Volumen, Basis (+/- 5 mm) und Projektion gleicht, aber die entgegengesetzte Implantatform aufweist („1“ in Abb.18). Dies ermöglicht den direkten Vergleich runder und anatomischer Form. Ausgehend von diesem Pärchen „anatomisch“ vs. „rund“ werden unter Beibehalten der Basis die jeweils kleinere und größere Projektion der Form im Katalog ausgewählt („2“ in Abb.18). Somit kann als zweiter Gesichtspunkt das Volumen und dessen Auswirkungen auf die Topographie der Brust untersucht werden. Dabei sollten sich jeweils anatomisches und rundes Implantat des kleinen, mittleren und großen Volumens in den Millilitern entsprechen, um einen adäquaten Vergleich der Auswirkungen auf die äußere Projektion basierend auf die unterschiedliche Form ziehen zu können.

Durch die vorgegebenen Volumengrößen des Herstellers Polytech (Sublime Line) innerhalb einer Implantatform muss bei einigen Paaren runder und anatomischer Form ein Volumenunterschied von 5-10 ml toleriert werden.

Die einzelnen Schritte der Auswahl sind anhand eines Beispiels in Abb. 18 dargestellt.



**Abb. 18:** Schematisches Beispiel für den Auswahllogarithmus der Studienimplantate anhand eines anatomischen Implantats (255 cc).

SI = Studienimplantat. Dunkelblau: Finales Implantat, das in der präoperativen Konsultation ausgewählt wurde. (1): Auswahl des runden Korrelates mit gleicher Basis +/- 5mm, Volumen und Projektion. (2): Auswahl der kleineren/größeren Projektion mit gleicher Form und Basis.

Durch die getroffene Auswahl an Implantaten können zum einen die Implantatformen „rund“ und „anatomisch“ bei gleicher Projektion und Volumen verglichen werden. Zum anderen wird unter Beibehalten der Implantatform auf die topographischen Änderungen im Zuge der Volumenvariation eingegangen.

Bei einigen Patientinnen wurde bedingt durch körperliche Gegebenheiten und um das Wohl der Patientin zu wahren nur auf zwei verschiedene Projektionsgrößen zurückgegriffen.

### **3.3 Objektive Auswertung der dreidimensionalen Scans**

Um die Auswirkungen der einzelnen Implantate auf die Topographie der weiblichen Brust zu erfassen, bedarf es verschiedener Bewertungskriterien. Nachdem durch die Software Artec Studio 12 (Artec, Luxemburg) die Scans überarbeitet und Fehler computergestützt herausgerechnet wurden, steht uns ein 3D-Modell zur Verfügung, das der herkömmlichen zweidimensionalen Fotodokumentation einen großen Schritt voraus ist. Basierend darauf können verschiedene objektive Auswertungen durchgeführt werden, die zweidimensional verwehrt bleiben. Der Nachweis einer validen und reproduzierbaren Analyse der Brustkontur und Volumetrie mittels dieser Methodik konnte bereits mehrfach gezeigt werden [55, 59, 60, 68].

#### **3.3.1 Erhebung der anthropometrischen Messwerte**

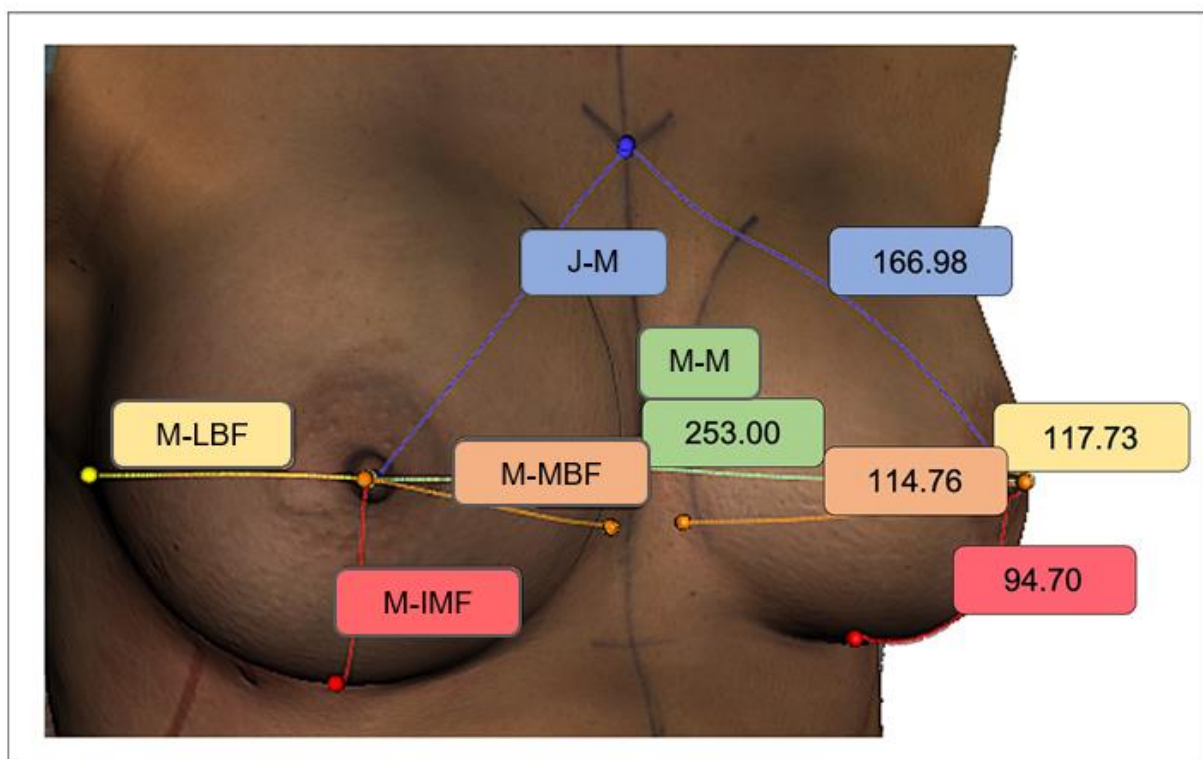
Wie bereits erwähnt bietet die anthropometrische Messmethode durch das Vermessen von Strecken zwischen anatomischen Landmarken erste wertvolle Erkenntnisse über die Brustkontur. Über die Jahre hinweg haben sich Landmarken herauskristallisiert, die durch ihre besonders eindeutige Festlegung leicht aufzufinden sind. Angelehnt an vergangenen Studien [15, 25, 69] und der daraus hervorgehenden Literaturempfehlungen wurden mit Hilfe der Software Artec Studio 12 (Artec, Luxemburg) mittels Cursor folgende anatomische Landmarken an den 3D-Modellen markiert:

- **Jugulum**
- **Mamille**
- **Inframammärfalte**
- **Laterale Brustfalte**
- **Mediale Brustfalte**

Die definierten Punkte wurden von einem Untersuchenden aufgesucht. Daraus ergeben sich folgende Strecken der weiblichen Brust, die in Millimetern vermessen werden (Abb. 19):

- Jugulum – Mamille (rechts/links) (J-M)
- Mamille – Inframammärfalte(rechts/links) (M-IMF)
- Mamille – Mediale Brustfalte (rechts/links) (M-MBF)
- Mamille – Laterale Brustfalte (rechts/links) (M-LBF)
- Mamille – Mamille (M-M)

Die linearen Messwerte wurden bei allen 10 Probandinnen für die rechte und linke Thoraxseite separat erhoben. Die Vermessung erfolgte für jedes Studienimplantat.



**Abb. 19:** Anthropometrische Messungen in einem intraoperativen 3D-Scan mit der Software Artec Studio 12 (Artec, Luxemburg).

J-M = Strecke Jugulum-Mamille, M-M = Strecke Mamille-Mamille, M-IMF = Strecke Mamille-Inframammärfalte, M-FMB = Strecke Mamille-Mediale Brustfalte, M-LBF = Strecke Mamille-Laterale Brustfalte; Abstände werden in Millimetern mit passenden Farben angegeben.

Um herauszufinden, ob sich die linearen Messwerte durch Einsetzen runder und anatomischer Implantate (bei gleichem Volumen) in unterschiedlichem Ausmaß verändern, wurde die Differenz der jeweiligen Strecke berechnet:

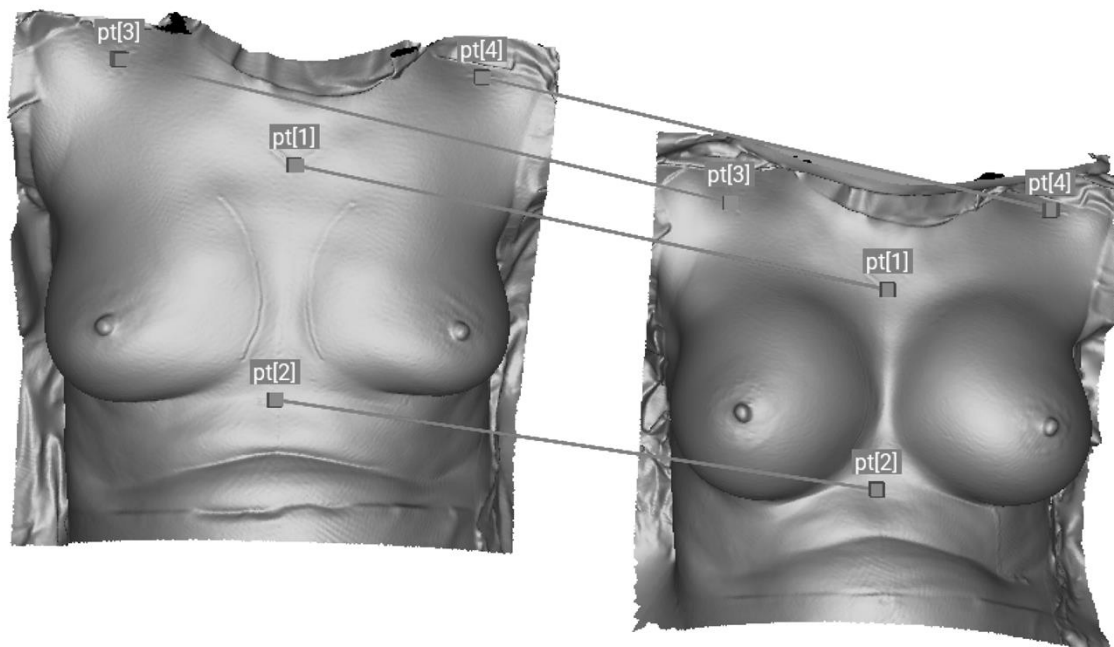
$$\underline{\text{Strecke } x_{\text{rundes Implantat}} - \text{Strecke } x_{\text{anatomisches Implantat}}}$$

Anschließend wurde der Mittelwert der Differenz aller 10 Patientinnen für die jeweilige Strecke berechnet. Die Mittelwerte werden in kleines (SI 1 und 2), mittleres (SI 3 und 4) und großes (SI 5 und 6) Volumen aufgeschlüsselt, um mögliche Veränderungen mit steigendem Volumen herauszufiltern.



### 3.3.2 Topographische Veränderung über den Brustquadranten I-IV

Bevor topographische Veränderungen der Brust dem Einsetzen des Implantats zugeschrieben werden können, müssen die beiden Scans jeder Brust perfekt ausgerichtet und überlagert sein. Der „native“ Scan dient als Referenzwert (Basis). Die Artec Studio 12 Software (Artec, Luxemburg) erkennt automatisch die sich entsprechenden Bereiche und führt eine Ausrichtung beider Scans durch („nativ“ und „implantiert“). Die eingänglich erwähnten präoperativen Markierungen auf Jugulum, Xiphoid und Processus coracoidei, bei denen es sich um feste anatomische Orientierungspunkte handelt, dienen als Ausrichtungshilfe (Abb. 20).

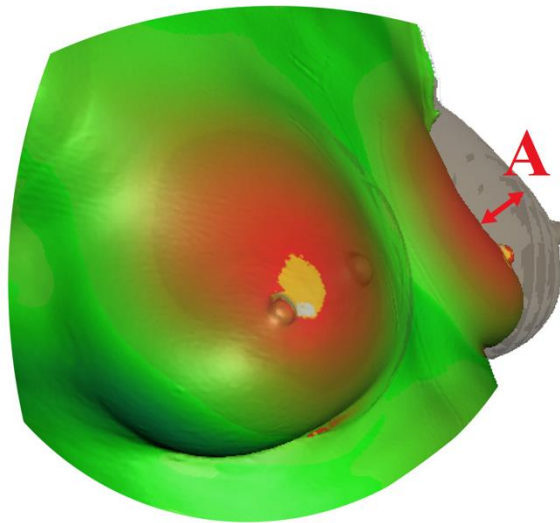


**Abb. 20:** Ausrichtungsprozess mit anatomischen Orientierungspunkten.

pt[1]: Jugulum, pt [2]: Xyphoid, pt [3]: rechter Processus coracoideus, pt[4]: linker Processus coracoideus

Das „Mess“-Tool der Software ist in der Lage, automatisch den mittleren Abstand zwischen zwei überlagerte Scans in Millimetern (mm) zu berechnen.

Dieser mittlere Abstandsmittelwert zwischen dem „nativen“ Scan und dem „implantierten“ Scan gibt den Einfluss der Implantate auf die Topographie der Brust in mm an und wird in der Thesis nachfolgend als „**topographic shift**“ (TS) bezeichnet (Abb. 21) [65, 70].



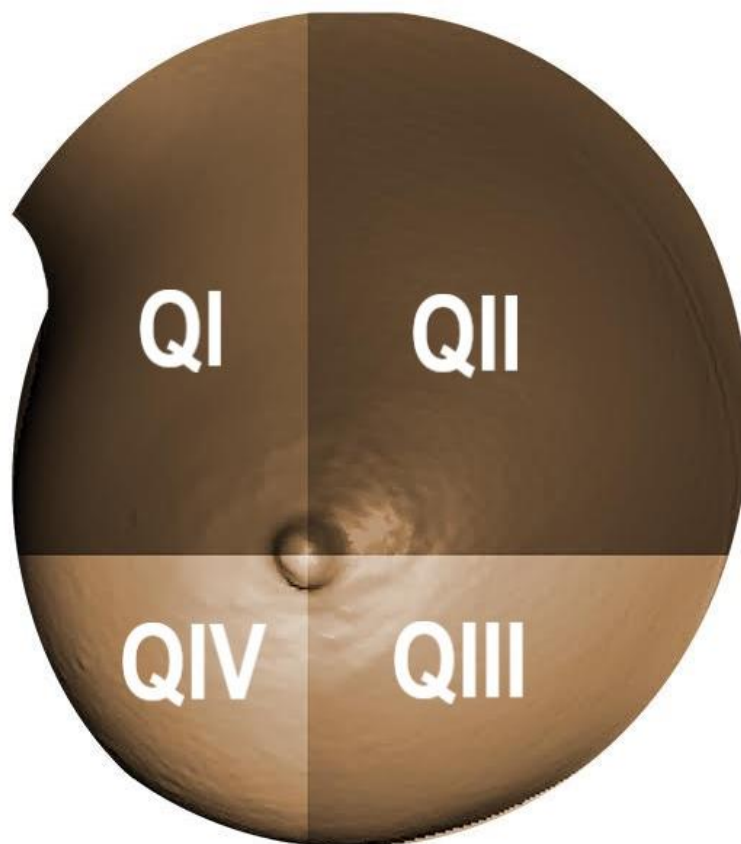
**Abb. 21:** Beispiel für alignte Scans. Der „*topographic shift*“ ist der mittlere Abstand „A“ zwischen dem „nativen“ und dem „implantierten“ Scan.

Durch das Übereinanderlegen aller sieben Scans (1 x „nativ“, 6 x „implantiert“) und dem en Block Zuschneiden, wird garantiert, dass innerhalb einer Patientin stets exakt der gleiche Bereich der Brust analysiert wird. Der Brustbereich selbst muss nicht durch Strukturen definiert werden. Es ist lediglich darauf zu achten, alle Areale mit Veränderungen (mit Rot oder Blau durch die Software gekennzeichnet) der Brust beim Zuschneiden einzuschließen. Die Farbe Grün gibt dabei an, dass sich durch Einbringen der Implantate keine topographischen Änderungen ergeben. Diese Bereiche spielen bei der statistischen Auswertung keine Rolle. So kann sichergestellt werden, dass trotz großzügigem und viereckigem Zuschnitt der Mammae nur topographische Veränderungen dieser bewertet werden (Abb. 21, Abb. 23).

Um die Auswirkungen der Implantate auf die Brustoberfläche spezifischer quantifizieren zu können, wird die Brust in vier Quadranten unterteilt. Die Quadranten werden anhand des „nativen“ Scans definiert und fixiert, so dass alle nachfolgenden Messungen bezogen auf diese Zoneneinteilung erfolgen. Dadurch lässt sich der Einfluss der verschiedenen Implantatformen und -größen und mögliche Diskrepanzen besser ermitteln.

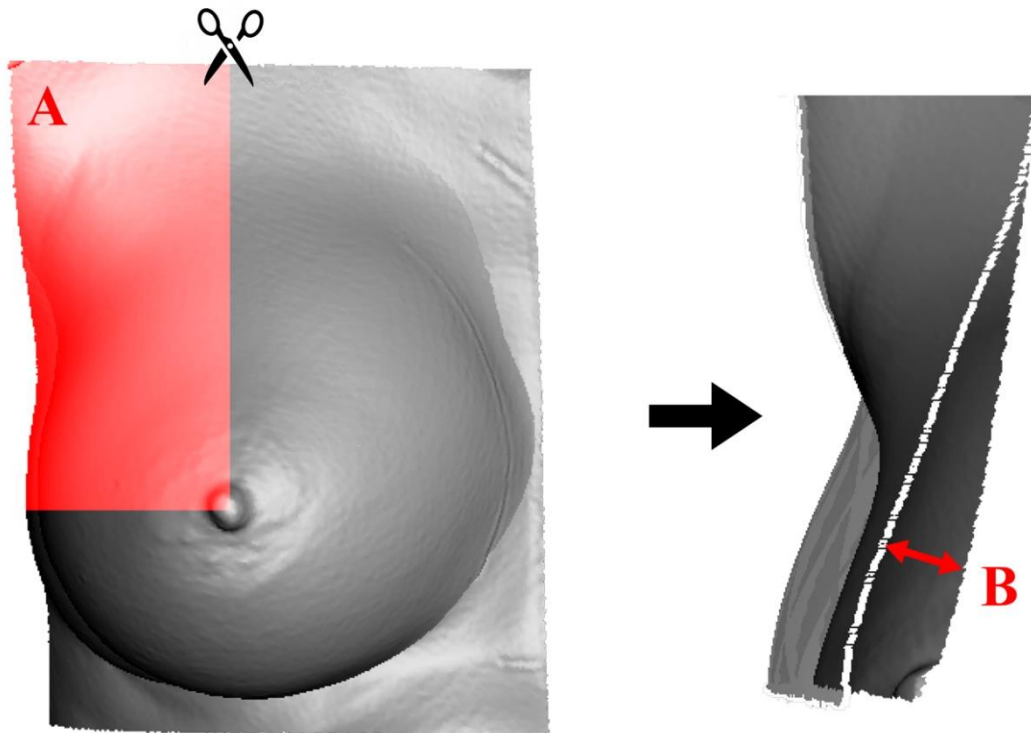
Die Quadranten werden durch die Brustwarze des nativen Scans gezogen. Somit ergeben sich (Abb. 22):

- **Quadrant I (QI):** lateraler, kranialer Quadrant
- **Quadrant II (QII):** medialer, kranialer Quadrant
- **Quadrant III (QIII):** medialer, kaudaler Quadrant
- **Quadrant IV (QIV):** lateraler, kaudaler Quadrant



**Abb. 22:** Unterteilung der Brust in die Quadranten I-IV.

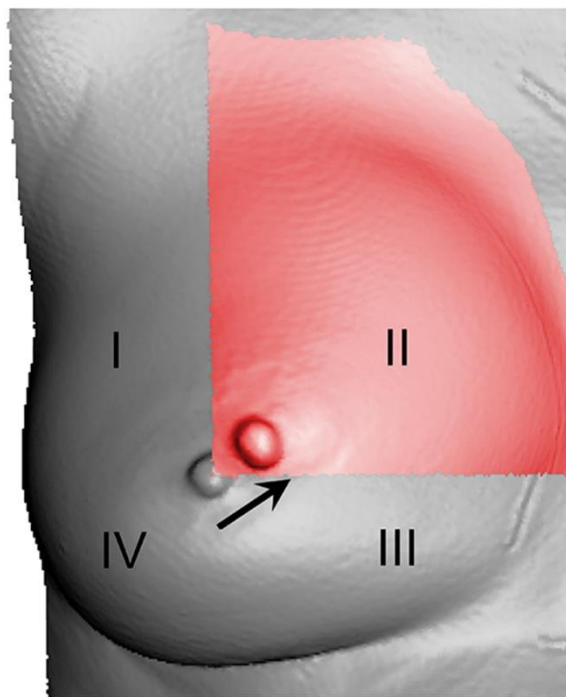
Der Abstandsmittelwert wird für jeden Quadranten berechnet. Die rechte und linke Brust werden gesondert voneinander betrachtet, da sie trotz Zugehörigkeit zur selben Patientin oft gravierende Form- und Größenunterschiede aufweisen (Abb.23).



**Abb. 23:** En bloc Ausschnitt einer rechten Brust nach Ausrichtung und Ausschneiden des Quadrant I (roter Bereich A). Der „*topographic shift*“ dieses Quadranten ist der mittlere Abstand B zwischen „nativen“ und „implantierten“ Scan.

### 3.3.3 Positionsänderung der Mamille durch Implantateinbringung

Mit Einbringung der Implantate wird nicht nur Einfluss auf das Volumen in den vier Quadranten genommen, sondern auch auf die Position der Mamille. Im vorausgegangenen Schritt wurde die Brust bereits selektiert. Durch den Vergleich der Mamillenposition im „nativen“ Scan und dem „implantiertem“ 3D-Modellen kann bestimmt werden, in welchen der vier Sektoren die Brustwarze wandert. Abb. 24 zeigt, wie sich die Mamille im nativen Scan („grau“) durch Einbringen eines anatomischen Implantats der Größe 320 cc („rot“) in den Quadrant II verschiebt.



**Abb. 24:** Positionsänderung der Mamille.

I = superolateral, II = superomedial, III = inferomedial und IV = inferolateralen Brustquadranten. Nativer Scan = grau, Scan der vergrößerten Brust mit anatomischem Implantat der Größe 320 cc = rot.

Die Lageveränderung der Mamille wurde für jedes der Implantate bestimmt. Wandert diese dabei in zwei Quadranten gleichzeitig, so wird bei der Auswertung dem Quadranten der Vorzug gegeben, in den sich der Großteil der Brustwarze bewegt.

### 3.3.4 Statistische Auswertung

Die Stichprobe wurde auf medianes Alter, medianes Gewicht, medianen BMI sowie dem Ptose Grad (Klassifikation nach Regnault) untersucht. Bei den Studienimplantaten werden Mittelwert, Standardabweichung (SD) sowie Minimum und Maximum errechnet.

Bei den linearen Messwerten runder und anatomischer Implantate wurde die Differenz der einzelnen Strecken gebildet, um Diskrepanzen hervorgerufen durch die jeweilige Implantatform herauszufiltern. Separate Diagramme für kleine, mittlere und große Projektion lassen Rückschlüsse auf mögliche Veränderungen bedingt durch steigende Projektion zu.

Für die Analyse der Auswirkungen auf die Topographie der Brust gemessen als „topographic shift“ wurde ein gemischtes lineares Modell erstellt. Der Test wurde mit dem Maximum Likelihood (ML) als Methode der Parameterschätzung und compound symmetry als Repeated covariance typ durchgeführt. Dabei betrug  $n = 20$  Brüste mit  $n = 24$  Messwiederholungen (6 Implantate \* 4 Quadranten). Als abhängige Variable wurde das Volumen herangezogen. Bei den festen Effekten handelt es sich um:

- **Haupteffekt: Form („rund“ vs. „anatomisch“)**
- **Haupteffekt: Implantatgröße („klein“ vs. „mittel“ vs. „groß“)**
- **Haupteffekt: Quadrant (I vs. II vs. III vs. IV)**
- **Interaktion: Implantatgröße \* Quadrant**
- **Interaktion: Implantatgröße \* Form**
- **Interaktion: Quadrant \* Form**

Es fand keine Adjustierung für multiples Messen statt.

Um die Verschiebung der Mamille für runde und anatomische Implantate gesondert zu betrachten, wurde für jede Form eine Häufigkeitstabelle erstellt. Mit Hilfe des McNemar Tests wurde auf Unterschiede zwischen runden und anatomischen Implantaten hinsichtlich der Position der Mamille getestet.

Um die statistische Signifikanz anzuzeigen, wurden alle Tests zweiseitig mit  $p \leq 0,05$  durchgeführt. Die statistischen Analysen wurden mit der Software SPSS Version 28.0 für Windows (SPSS Inc., Chicago II, USA) durchgeführt.

## 4 Ergebnisse

Der Ergebnisteil beginnt mit der deskriptiven Statistik, um die Rahmenbedingungen der Studie zu veranschaulichen und vorab die Einflussgrößen (Alter, Implantatgröße etc.) besser ersichtlich zu machen. Anschließend wird das Augenmerk auf die drei Bereiche

- I. Lineare Streckenvermessung
- II. Volumenveränderung über den vier Quadranten (gemessen mittels „*topographic shift*“) und
- III. Lageveränderung der Mamille

gelegt, die durch das Einsetzen der Brustimplantate verändert werden.

### 4.1 Analyse der Stichprobe

Das Patientenkollektiv sowie die Auswahl der Studienimplantate haben bei der abschließenden Bewertung der Ergebnisse maßgeblichen Einfluss und werden daher im kommenden Abschnitt genauer beleuchtet.

Die Patientinnen hatten ein medianes Alter von 32 Jahren (Spw. 22-49 Jahren), ein medianes Gewicht von 63 kg (Spw. 54-76 kg) und einen medianen Body-Mass-Index (BMI) von 22 kg/m<sup>2</sup> (Spw. 19-26 kg/m<sup>2</sup>). Fünf Patientinnen hatten keine Ptosis der Brust, drei eine Ptosis 1. Grades und zwei eine Ptosis 2. Grades (gemäß der Klassifikation von Regnault). Ein Überblick der deskriptiven Daten ist in Tab. 1 aufgeführt.



**Tab. 1:** Demografie. Eine Übersicht über Alter, Gewicht, BMI und Ptosis-Grad einer jeden Studienteilnehmerin.

<b>Patient, Nr.</b>	<b>Alter (Jahre)</b>	<b>Gewicht (kg)</b>	<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Ptosegrad (Regnaults Klassifikation)</b>
<b>1</b>	24	59	22	0
<b>2</b>	23	76	25	0
<b>3</b>	31	75	26	2
<b>4</b>	49	58	22	1
<b>5</b>	22	68	24	0
<b>6</b>	47	60	22	1
<b>7</b>	27	54	22	2
<b>8</b>	46	65	25	0
<b>9</b>	33	60	19	1
<b>10</b>	32	69	20	0
<b>Median (Spw.)</b>	32 (22-49)	63 (54-76)	22 (19-26)	0.5 (0-2)

Durch unterschiedliche habituelle Gegebenheiten und Wünsche der Patientin, auf dessen Grundlage die Wahl der einzelnen Implantate basiert, variiert das Volumen der Studienimplantate zwischen den einzelnen Probandinnen. Mittleres sowie minimales und maximales Volumen der Studienimplantate 1-6 können der Tab. 2 entnommen werden. Bei drei der fünf fehlenden Werten konnten aus Rücksicht auf die Patientinnen nicht alle Daten akquiriert werden. Hierbei hätte das Einsetzen der größten Projektion gemäß der Implantatauswahl nach Studienkriterien das Komplikationsrisiko unverhältnismäßig erhöht, wonach die Entscheidung getroffen wurde, diese nicht einzusetzen. Bei Patientin Nr. 7 fehlten die kleinsten Implantate.

Bei den Mittelwerten der Studienimplantate können bei den jeweiligen Vergleichspaaren „rund“ und „anatomisch“ minimale Unterschiede von jeweils 0,6 cc (für SI 1 und SI 2), 2,0 cc (für SI 3 und SI 4) und 9,7 cc (für SI 5 und SI 6) verzeichnet werden (Tab. 2). Diese kommen durch die Volumenvorgaben des Herstellers für die jeweilige Projektionsgrößen zustande.

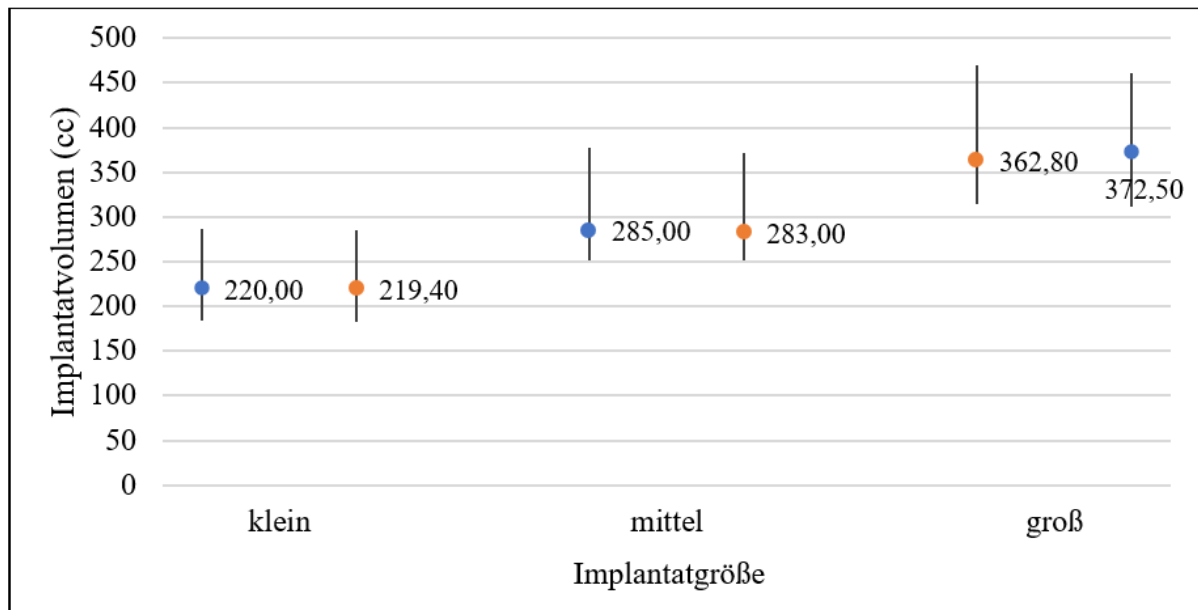
**Tab. 2:** Überblick über die Volumina der Studienimplantate für Patientin Nr. 1-10.

	<b>SI 1</b>	<b>SI 2</b>	<b>SI 3</b>	<b>SI 4</b>	<b>SI 5</b>	<b>SI 6</b>	
<b>1</b>	165,0	170,0	210,0	210,0	250,0	-	
<b>2</b>	295,0	290,0	400,0	390,0	505,0	495,0	
<b>3</b>	320,0	320,0	400,0	395,0	485,0	480,0	
<b>4</b>	165,0	165,0	220,0	220,0	275,0	275,0	
<b>Patientin, Nr.</b>	<b>5</b>	235,0	235,0	320,0	320,0	400,0	395,0
	<b>6</b>	165,0	165,0	220,0	220,0	-	-
	<b>7</b>	-	-	220,0	220,0	275,0	275,0
	<b>8</b>	185,0	185,0	255,0	255,0	315,0	315,0
	<b>9</b>	215,0	210,0	285,0	280,0	360,0	350,0
	<b>10</b>	235,0	235,0	320,0	320,0	400,0	395,0
<b>N valide</b>							
<b>(fehlende)</b>	9 (1)	9 (1)	10 (0)	10 (0)	9 (1)	8 (2)	
<b>Mittelwert (cc)</b>	220,0	219,4	285,0	283,0	362,8	372,5	
<b>SD (cc)</b>	57,4	56,1	73,1	70,5	92,4	84,9	
<b>Minimum (cc)</b>	165,0	165,0	210,0	210,0	250,0	275,0	
<b>Maximum (cc)</b>	320,0	320,0	400,0	395,0	505,0	495,0	

SI 1 = rund, kleines Volumen, SI 2 = anatomisch, kleines Volumen, SI 3 = rund, mittleres Volumen, SI 4 = anatomisch, mittleres Volumen, SI 5 = rund, großes Volumen, SI 6 = anatomisch, großes Volumen.

Abb. 25 stellt die Volumenverteilung der Studienimplantate graphisch dar. Dabei wird gesondert auf kleine (SI 1 und SI 2), mittlere (SI 3 und SI 4) und große Implantatgrößen

(SI 5 und SI 6) eingegangen. Es erfolgt zudem eine Unterteilung der in runde („blau“) und anatomische („orange“) Implantatform.



**Abb. 25:** Mittlere Volumina der Studienimplantate aufgeschlüsselt in Form („rund“, „anatomisch“) und Projektionsgröße („klein“, „mittel“, „groß“). Blau = runde Implantate, Orange = anatomische Implantate.

## 4.2 Lineare Streckenvermessung

### 4.2.1 Einflussnahme unterschiedlicher Projektionen auf lineare Messwerte

Die anthropomorphe Vermessung der Brust mittels linearer Strecken ist im klinischen Alltag eine gängiges Verfahren, um die Veränderungen an der weiblichen Mammae zu quantifizieren und Vergleiche ziehen zu können [15, 25, 69]. Im folgenden Abschnitt wurde explizit darauf geachtet, wie sich die unterschiedlichen Implantatgrößen („klein“, „mittel“, „groß“) und das damit einhergehende Volumen auf die Abstände Jugulum-Mamille, Mamille-Inframammärfalte, Mamille-Mediale Brustfalte und Mamille-Laterale Brustfalte auswirken.

### Streckenvermessung Jugulum-Mamille

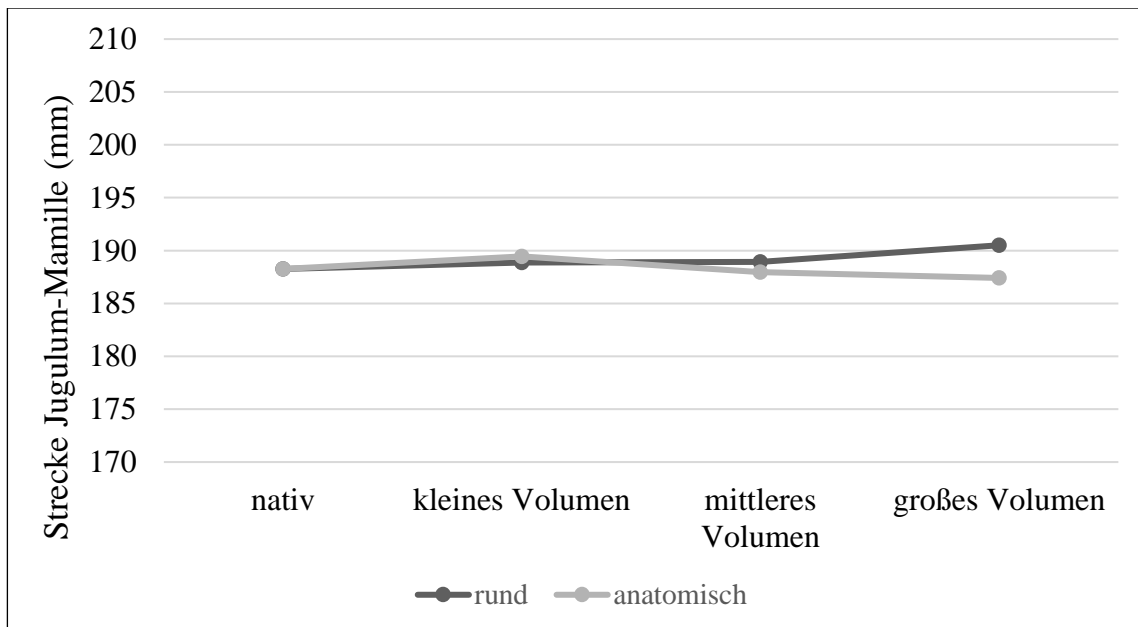
Tab. 3 gibt einen Überblick über den Jugulum-Mamillen-Abstand des „nativen“ Scans sowie unter Verwendung der Studienimplantate 1-6. Dabei werden die rechte und linke Brust gesondert betrachtet. Dadurch ergeben sich bei 10 Probandinnen n = 20 Brüste (10 x 2). Ein Streckenmaximum von 190,5 mm findet sich bei SI 5 (rund, großes Volumen). Der minimale Wert von 187,4 mm lässt sich bei SI 6 (anatomisch, großes Volumen) verzeichnen.

**Tab. 3:** Auflistung der Mittelwerte Strecke Jugulum-Mamille der SI 1-6 (in mm). Maximum, Mittelwert und SD der Strecke J-M werden bereitgestellt.

	<b>nativ</b>	<b>SI 1</b>	<b>SI 2</b>	<b>SI 3</b>	<b>SI 4</b>	<b>SI 5</b>	<b>SI 6</b>
<b>N valide (fehlende)</b>	20 (0)	18 (2)	18 (2)	20 (0)	20 (0)	18 (2)	16 (4)
<b>Mittelwert (mm)</b>	188,3	188,9	189,5	188,9	188,0	190,5	187,4
<b>SD (mm)</b>	13,7	12,3	12,9	12,7	12,6	13,9	13,9
<b>Minimum (mm)</b>	161,7	166,6	166,2	167,3	165,9	165,8	166,5
<b>Maximum (mm)</b>	213,6	210,0	209,9	213,4	210,8	212,8	214,8

SI 1 = rund, kleines Volumen, SI 2 = anatomisch, kleines Volumen, SI 3 = rund, mittleres Volumen, SI 4 = anatomisch, mittleres Volumen, SI 5 = rund, großes Volumen, SI 6 = anatomisch, großes Volumen.

Bei den runden Studienimplantaten (SI 1, SI 3, SI 5) kann bei steigendem Volumen ein kontinuierlicher Zuwachs der Distanz Jugulum-Mamille verzeichnet werden. Bei den anatomischen Studienimplantaten (SI 2, SI 4, SI 6) nimmt der Abstand Jugulum-Mamille hingegen ab (Abb. 26).



**Abb. 26:** Einfluss verschiedener Implantatvolumina auf den Abstand Jugulum-Mamille.

## Streckenvermessung Mamille-Inframammärfalte

Tab. 4 zeigt die Strecke Mamille-Inframammärfalte bei „nativem“ Scan sowie unter Verwendung der SI 1-6.

Dabei kann ein maximaler Mittelwert von 101,9 mm bei großer Projektion und anatomischer Implantatform (SI 6) verzeichnet werden. Die größte Differenz der Mittelwerte Mamille-Inframammärfalte bei runden und anatomischen Implantaten zeichnet sich in der großen Projektion ab (99,1 mm bei SI 5 vs. 101,9 mm bei SI 6).

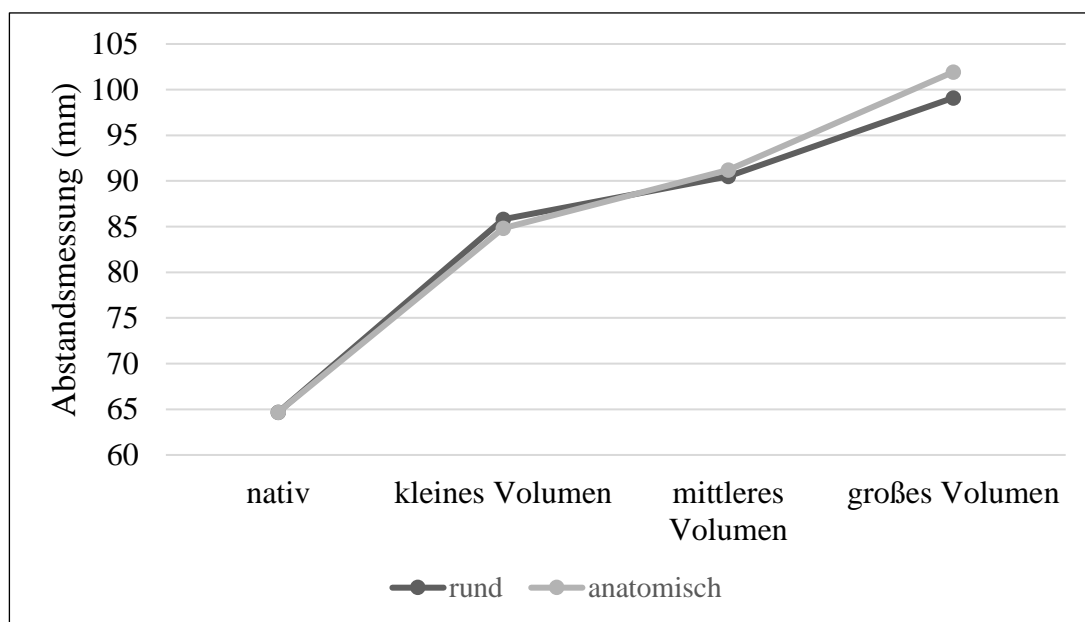
**Tab. 4:** Auflistung der Mittelwerte Strecke Mamille-Inframammärfalte der SI 1-6 (in mm).

Minimum, Maximum, Mittelwert und SD der Strecke M-IMF werden bereitgestellt.

	nativ	SI 1	SI 2	SI 3	SI 4	SI 5	SI 6
<b>N valide (fehlende)</b>	20 (0)	18 (2)	18 (2)	20 (0)	20 (0)	18 (2)	16 (4)
<b>Mittelwert (mm)</b>	64,7	85,8	84,8	90,5	91,2	99,1	101,9
<b>SD (mm)</b>	10,0	6,9	6,8	9,4	9,2	12,6	11,6
<b>Minimum (mm)</b>	46,4	74,2	70,6	75,9	74,1	76,6	78,3
<b>Maximum (mm)</b>	84,2	98,0	94,1	106,3	104,2	125,7	126,7

SI 1 = rund, kleines Volumen, SI 2 = anatomisch, kleines Volumen, SI 3 = rund, mittleres Volumen, SI 4 = anatomisch, mittleres Volumen, SI 5 = rund, großes Volumen, SI 6 = anatomisch, großes Volumen.

Abb. 27 verdeutlicht, dass mit steigendem Volumen der lineare Messwert Mamille-Inframammärfalte bei beiden Implantatformen kontinuierlich zunimmt. Bei der kleinen Implantatgröße wird die Strecke M-IMF durch das runde Implantat größer als durch das Anatomische. Bei der mittleren und großen Implantatgröße wird die Distanz der anatomischen Form größer als durch die Runde.



**Abb. 27:** Einfluss verschiedener Implantatvolumina auf den Abstand M-IMF unter Berücksichtigung der Implantatform.

## Streckenvermessung Mamille-Mediale Brustfalte

Der Tab. 5 kann die Strecke Mamille-Mediale Brustfalte für den „nativen“ Scan sowie die SI 1-6 entnommen werden. Mit steigender Projektion nimmt die Strecke Mamille-Mediale Brustfalte zu. Die größte Diskrepanz zwischen rundem und anatomischem Implantat findet sich mit 1,0 mm bei der großen Implantatgröße.

**Tab. 5:** Auflistung der Strecke Mamille-Mediale Brustfalte der SI 1-6 (in mm).

Maximum, Mittelwert und SD der Strecke M-MBF werden bereitgestellt.

	<b>nativ</b>	<b>SI 1</b>	<b>SI 2</b>	<b>SI 3</b>	<b>SI 4</b>	<b>SI 5</b>	<b>SI 6</b>
<b>N valide (fehlende)</b>	20 (0)	18 (2)	18 (2)	20 (0)	20 (0)	18 (2)	16 (4)
<b>Mittelwert (mm)</b>	87,2	106,8	107,5	111,5	111,5	115,3	116,3
<b>SD (mm)</b>	11,7	7,0	6,8	6,4	5,7	6,4	5,3
<b>Minimum (mm)</b>	66,0	94,4	98,3	99,7	97,7	103,3	103,7
<b>Maximum (mm)</b>	102,4	122,5	120,0	121,9	120,3	123,9	121,9

SI 1 = rund, kleines Volumen, SI 2 = anatomisch, kleines Volumen, SI 3 = rund, mittleres Volumen, SI 4 = anatomisch, mittleres Volumen, SI 5 = rund, großes Volumen, SI 6 = anatomisch, großes Volumen.

## Streckenvermessung Mamille-Laterale Brustfalte

Der Tab. 6 kann die Strecke Mamille-Laterale Brustfalte für den „nativen“ Scan sowie die Studienimplantate 1-6 entnommen werden. Mit steigender Projektion nimmt die Strecke Mamille-Laterale Brustfalte zu. Ein Maximum lässt sich mit 133,1 mm bei SI 5 finden.

**Tab. 6:** Auflistung der Strecke Mamille-Laterale Brustfalte der SI 1-6 (in mm).  
Minimum, Maximum, Mittelwert und SD der Strecke M-LBF werden bereitgestellt.

	<b>nativ</b>	<b>SI 1</b>	<b>SI 2</b>	<b>SI 3</b>	<b>SI 4</b>	<b>SI 5</b>	<b>SI 6</b>
<b>N valide (fehlende)</b>	20 (0)	18 (2)	18 (2)	20 (0)	20 (0)	18 (2)	16 (4)
<b>Mittelwert (mm)</b>	97,7	116,5	115,5	121,3	121,0	133,0	131,0
<b>SD (mm)</b>	8,8	9,7	8,4	10,5	10,8	12,5	11,3
<b>Minimum (mm)</b>	84,8	97,2	110,8	102,4	97,6	115,5	117,4
<b>Maximum (mm)</b>	122,9	139,2	131,1	141,6	143,0	158,0	152,3

SI 1 = rund, kleines Volumen, SI 2 = anatomisch, kleines Volumen, SI 3 = rund, mittleres Volumen, SI 4 = anatomisch, mittleres Volumen, SI 5 = rund, großes Volumen, SI 6 = anatomisch, großes Volumen.

#### **4.2.2 Einflussnahme der Brustimplantaformen „rund“ und „anatomisch“ auf lineare Messwerte**

Im vorausgehenden Abschnitt wurde das Hauptaugenmerk auf die Implantatgröße als Einflussfaktor genommen. In der folgenden Passage werden die verschiedenen Implantatformen „rund“ und „anatomisch“ und dessen Auswirkungen auf die Topographie der weiblichen Brust gegenübergestellt. Diese wird durch die Bildung der Streckendifferenz runder und anatomischer Implantate für die Projektionen klein (SI 1-SI 2), mittel (SI 3-SI 4) und groß (SI 5-SI 6) verwirklicht.

Betrachtet man die Mittelwerte der Differenzen so fällt auf, dass diese bei allen Projektionen nahezu Null betragen. Dies lässt darauf schließen, dass es keine wesentlichen messbaren Unterschiede am äußeren Erscheinungsbild der Brust zwischen runden und anatomischen Implantaten in Bezug auf die linearen Messwerte gibt. Die größte Diskrepanz kann bei der Strecke Mamille-Laterale Brustfalte in der großen Projektion (SI 5-SI 6) mit 1,97 mm beobachtet werden. Dennoch ist diese mittlere Streckendifferenz im Verhältnis gesehen zu den Mittelwerten der Distanz von 133,0 mm (rundes Implantat) und 131,0 mm (anatomisches Implantat) (Tab. 7, Abb. 28) nur eine geringfügige Abweichung.

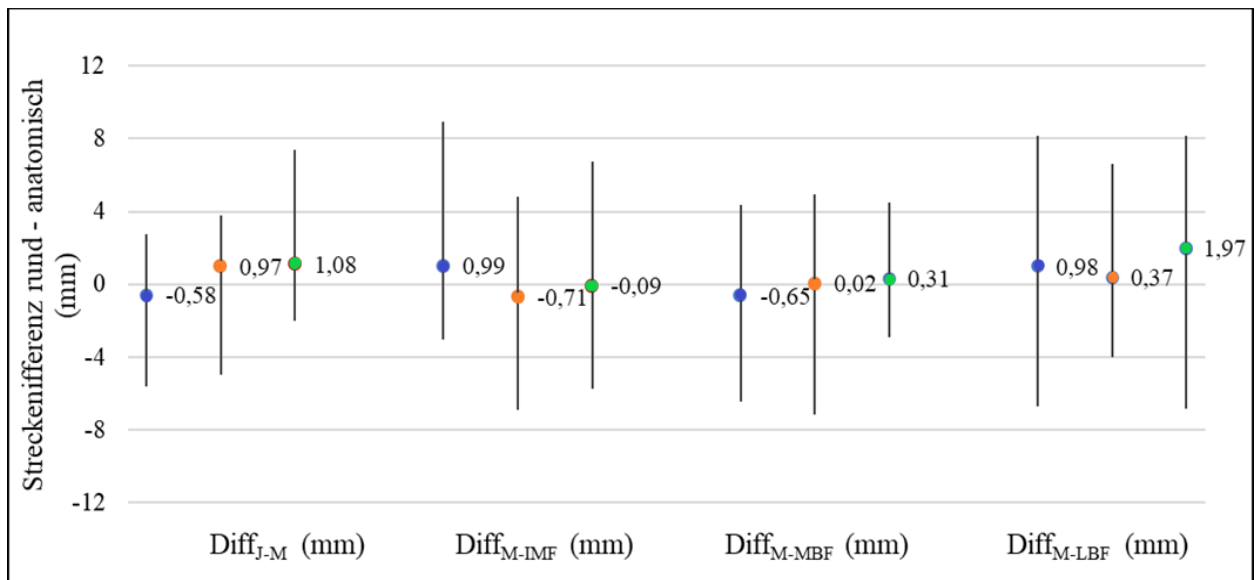


**Tab. 7:** Streckendifferenzen runder und anatomischer Implantatformen für kleine (SI 1-SI 2), mittlere (SI 3-SI 4) und große (SI 5-SI 6) Volumina.

	<b>Diff<sub>J-M</sub> (mm)</b>	<b>Diff<sub>M-IMF</sub> (mm)</b>	<b>Diff<sub>M-MBF</sub> (mm)</b>	<b>Diff<sub>M-LBF</sub> (mm)</b>
<b>SI 1 – SI 2</b>	- 0,58 ± 2,25	0,99 ± 2,95	- 0,65 ± 2,73	0,98 ± 3,90
<b>SI 3 – SI4</b>	0,97 ± 1,97	- 0,71 ± 3,0	0,02 ± 2,42	0,37 ± 3,00
<b>SI 5 – SI 6</b>	1,08 ± 2,42	-0,09 ± 3,26	0,31 ± 2,18	1,97 ± 4,00

Diff<sub>J-M</sub> = Differenz der Strecken Jugulum-Mamille, Diff<sub>M-IMF</sub> = Differenz der Strecken Mamille-Inframammärfalte, Diff<sub>M-MBF</sub> = Differenz der Strecken Mamille-Mittlere Brustfalte, Diff<sub>M-LBF</sub>: Differenz der Strecken Mamille-Laterale Brustfalte.

Abb. 28 visualisiert die Streckendifferenzen (Strecke <sub>rundes Implantat</sub> - Strecke <sub>anatomisches Implantat</sub>) der jeweiligen linearen Messwerte. Dabei wird jede Implantatgröße gesondert betrachtet, um eventuelle Unterschiede bei steigender Projektion zu untersuchen. Sowohl das minimale Volumen („blau“, Differenz SI 1 und SI 2), als auch das mittlere („orange“, Differenz SI 3 und SI 4) und das maximale Volumen („grün“, SI 5 und SI 6) zeigen kaum einen Unterschied zwischen den Implantatformen.



**Abb. 28:** Streckendifferenzen runder und anatomischer Implantatformen bei kleinen („blau“), mittleren („orange“) und großen („grün“) Volumina.

Die äußere Projektion der Brust zeigt nach Einbringung runder und anatomischer Implantate gemessen an linearen Messwerten keine wesentlichen Unterschiede.

### 4.3 Mittlere Abweichung der Oberflächendistanz

Mittels eines gemischten linearen Modells (ML, compound symmetry) wurde die mittlere Abweichung der Oberflächendistanz („topographic shift“) zwischen Form, Implantatgröße und Quadranten verglichen.

#### 4.3.1 Haupteffekt: Form („rund“ vs. „anatomisch“)

Zunächst wurde für die gesamte Brust der „topographic shift“ zwischen „nativen“ Scan und „implantierten“ Scan berechnet.

Werden alle Scans unabhängig von der Implantatgröße und über allen vier Quadranten hinweg betrachtet, so unterscheidet sich der TS der Implantatformen „rund“ und „anatomisch“ nicht ( $p = 0,90$ , Tab. 8). Die Scans einer Augmentation mit anatomischen Implantaten zeigen im Durchschnitt einen um 0,04 mm (95% CI = -0,57, 0,65) größeren „topographic shift“ als runde Implantate (Tab. 9).

**Tab. 8:** Einfluss des Haupteffekts „Form“ auf den „topographic shift“ der gesamten Mammae.

		95% CI			P-Werte
		Mittelwert (mm)	Untergrenze (mm)	Obergrenze (mm)	
Form	<b>Rund</b>	6,56	5,47	7,66	0,90
	<b>Anatomisch</b>	6,60	5,51	7,70	

**Tab. 9:** Direkter Vergleich von runder und anatomischer Form auf den „topographic shift“ der gesamten Mammae.

		Differenz der Mittelwerte (mm)	95% CI für Differenz		P-Werte
			Untergrenze (mm)	Obergrenze (mm)	
<b>Rund</b>	<b>Anatomsich</b>	0,04	0,65	0,57	0,90

### 4.3.2 Haupteffekt: Implantatgröße („klein“ vs. „mittel“ vs. „groß“)

Der „topographic shift“ unterscheidet sich erwartungsgemäß signifikant zwischen den Implantatgrößen ( $p < 0,001$ , Tab. 10). Mit steigendem Volumen wird vermehrt Einfluss auf die Topographie der Brust genommen.

**Tab. 10:** Einfluss des Haupteffekts „Implantatgröße“ auf den „topographic shift“ der gesamten Mammae.

Implantatgröße		Mittelwert (mm)	95% CI		P-Werte
			Untergrenze (mm)	Obergrenze (mm)	
Implantatgröße	<b>Klein</b>	5,31	4,17	6,45	< 0,001
	<b>Mittel</b>	6,55	5,43	7,67	
	<b>Groß</b>	7,89	6,74	9,03	

### 4.3.3 Interaktion: Implantatgröße \* Form

Innerhalb der Implantatgrößen besteht kein Unterschied zwischen runden und anatomischen Implantaten (klein:  $p = 0,38$ , mittel:  $p = 0,87$ , groß:  $p = 0,23$ ; Tab. 11). Bei den großen Projektionen zeigt sich trotz nicht signifikantem Unterschied zwischen runder und anatomischer Form eine deutliche Diskrepanz mit einer mittleren Differenz von 0,68 mm (95% CI = -1,78, 0,42).

**Tab. 11:** Vergleich des Effekts von Implantatform auf den „topographic shift“ (Implantatgrößen gesondert betrachtet).

Implantatgröße	Form	Mittelwert (mm)	95% CI		P-Werte
			Untergrenze (mm)	Obergrenze (mm)	
<b>Klein</b>	Rund	5,55	4,30	6,80	0,38
	Anatomisch	5,07	3,83	6,32	
<b>Mittel</b>	Rund	6,59	5,37	7,81	0,87
	Anatomisch	6,51	5,29	7,73	
<b>Groß</b>	Rund	7,55	6,30	8,80	0,23
	Anatomisch	8,23	6,95	9,51	

#### 4.3.4 Haupteffekt: Quadrant (QI vs. QII vs. QIII vs. QIV)

Werden alle Scans mit rundem und anatomischem Implantat sowie Implantatgrößen gemeinsam betrachtet, so zeigt sich, dass sich der „topographic shift“ zwischen den vier Quadranten hinweg signifikant unterscheidet ( $p < 0,001$ ).

Im Quadrant IV zeigt sich volumetrisch gesehen der kleinste Effekt gefolgt von Quadrant III. Quadrant I und Quadrant II weisen einen signifikant größeren Zuwachs an Volumen gemessen am TS.

Die Auswirkungen der Implantate kommt besonders in den oberen beiden Brustpolen zur Geltung. Insgesamt wird die Brust nach medial verlagert.

**Tab. 12:** Verteilung des TS in den Quadranten I-IV.

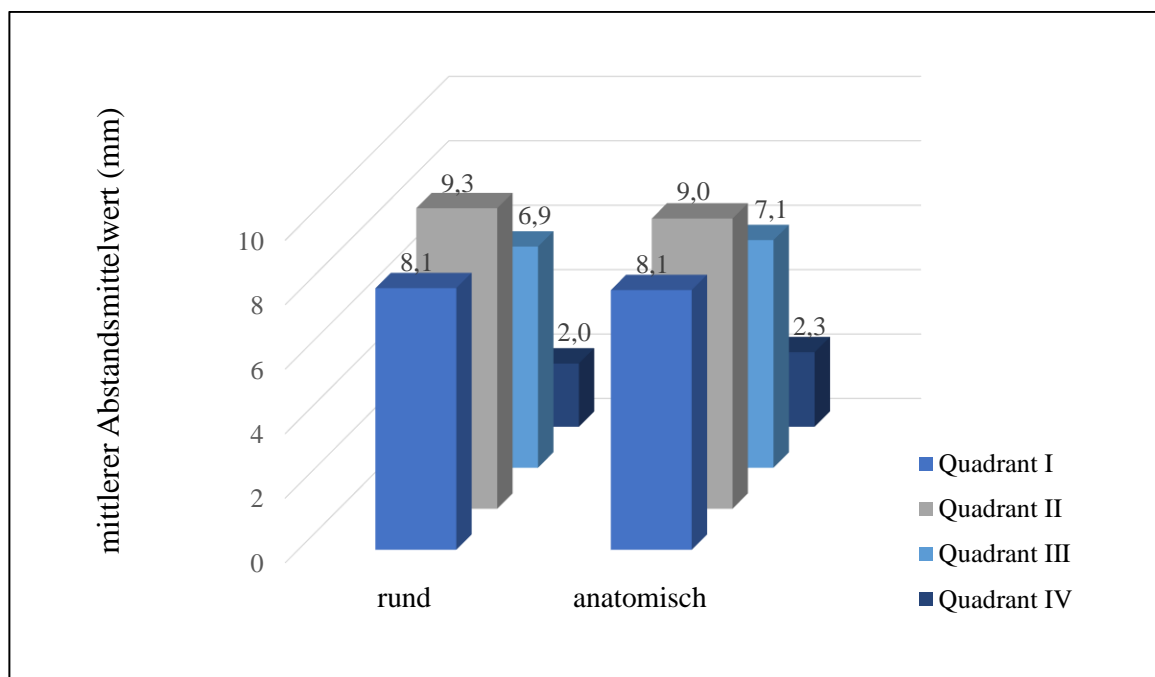
	Mittelwert (mm)	95% CI		P-Werte
		Untergrenze (mm)	Obergrenze (mm)	
Quadrant <b>I</b>	8,08	6,91	9,25	< 0,001
<b>II</b>	9,16	7,99	10,33	
<b>III</b>	6,96	5,79	8,13	
<b>IV</b>	2,14	0,97	3,30	

#### 4.3.5 Interaktion: Quadrant \* Form

Werden die Scans mit runden und anatomischen Implantaten gesondert betrachtet, so lässt sich keine signifikante Interaktion zwischen Quadranten und Form verzeichnen ( $p = 0,876$ ). Bei beiden Formen bleibt die Verteilung zwischen den Quadranten gemäß Tab. 12 bestehen. Der größte Einfluss wird in Quadrant II genommen, gefolgt von Quadrant I, III und IV (Tab. 13, Abb. 29). Die Implantatform spielt bei der Verteilung des Volumens in den Quadranten keine entscheidende Rolle.

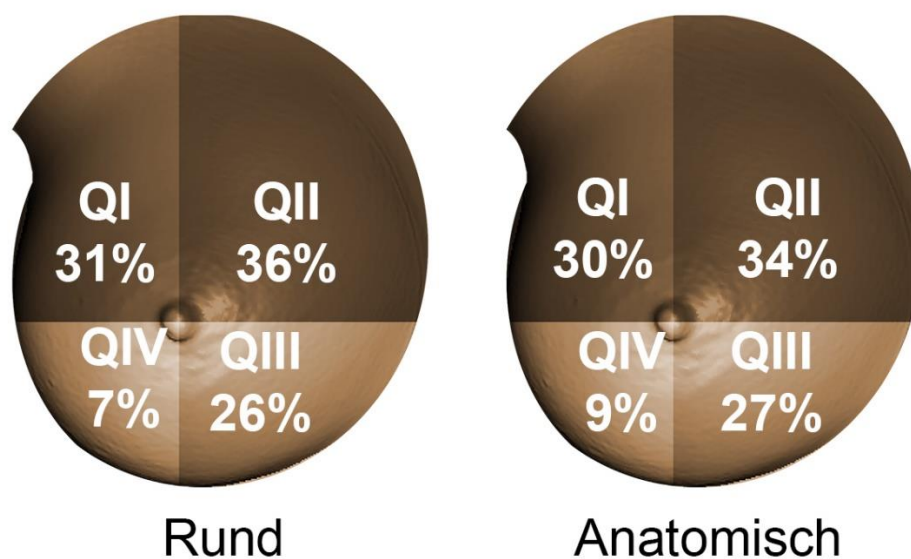
**Tab. 13:** Übersicht über die Verteilung des „topographic shifts“ über die Quadranten I-IV für runde und anatomische Implantate.

Quadrant	Form	Mittelwert (mm)	95% CI		P-Werte
			Untergrenze (mm)	Obergrenze (mm)	
<b>I</b>	Rund	8,11	6,81	9,41	0,92
	Anatomisch	8,05	6,73	9,36	
<b>II</b>	Rund	9,32	8,02	10,63	0,60
	Anatomisch	9,00	7,68	10,31	
<b>III</b>	Rund	6,86	5,56	8,16	0,75
	Anatomisch	7,06	5,74	8,37	
<b>IV</b>	Rund	1,96	0,66	3,26	0,57
	Anatomisch	2,31	1,00	3,62	



**Abb. 29:** Graphische Darstellung der Einflussnahme runder und anatomischer Implantate auf Quadrant I-IV gemessen anhand des mittleren Abstandsmittelwerts (in mm).

Abb. 30 gibt Aufschluss darüber, in welchem Ausmaß sich die Verwendung runder und anatomischer Implantate auf die einzelnen Quadranten auswirkt. Dabei wurde der „topographic shift“ der einzelnen Quadranten prozentual veranschaulicht. Vergleicht man die beiden Formen „rund“ und „anatomisch“, so lässt sich eine maximale Diskrepanz von 2 % in den Quadranten II und IV finden. Mehr als 60 % des Volumenzuwachses ist bei beiden Formen in den oberen Brustpolen zu vermerken. Zudem ist gleichermaßen zu beobachten, dass überwiegend medial Einfluss auf die äußere Brustkontur genommen wird.



**Abb. 30:** Prozentuale Einflussnahme runder und anatomischer Implantatformen auf die äußere Erscheinungsform einer rechten Brust innerhalb der Quadrante I-IV (in %).

#### 4.3.6 Interaktion: Implantatgröße \* Quadrant

Es lässt sich nicht bestätigen, dass mit zunehmender Implantatgröße der „topographic shift“ in jedem Quadranten gleichermaßen zunimmt. ( $p = 0,071$ ). Dennoch steigt in den Quadranten I-III der TS deutlich an. Lediglich in Quadrant IV hat die Implantatgröße kaum Auswirkungen.

Zusammengefasst ergibt sich aus dem posthoc Test (Tab. 14, Abb. 31):

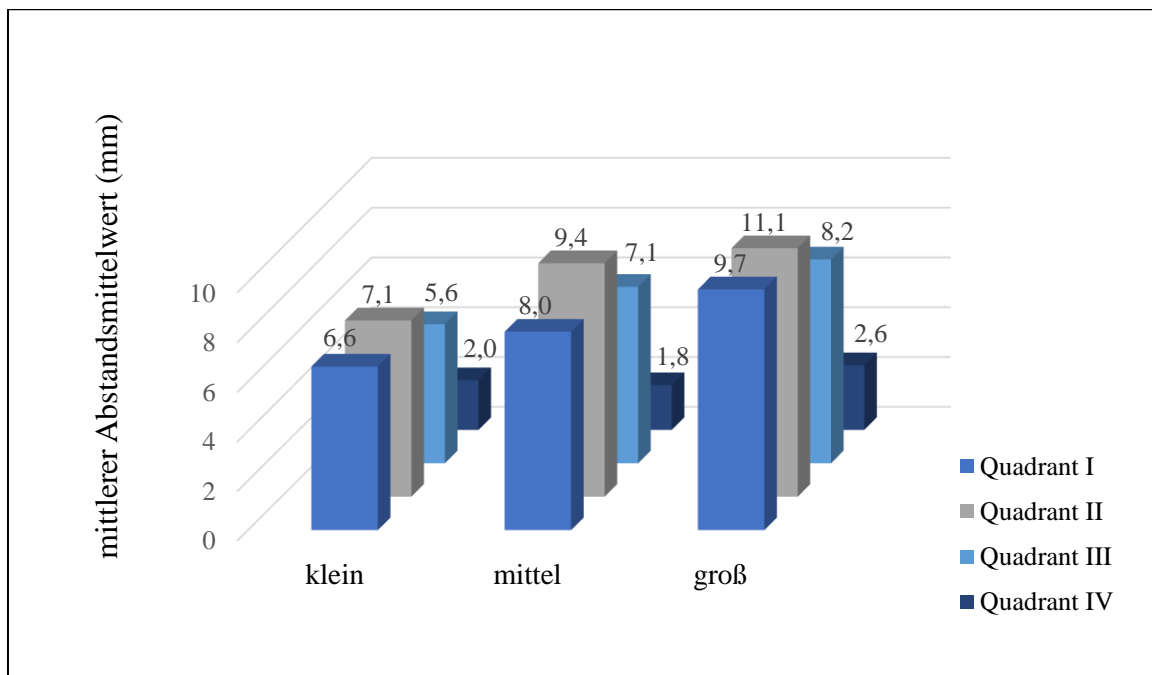
- Für Quadrant I: Die großen Implantate haben einen größeren TS im Vergleich zu kleinen ( $p < 0,001$ ) und mittleren ( $p = 0,022$ ) Implantaten. Es herrscht kein signifikanter Unterschied zwischen kleinen und mittleren Implantaten.
- Für Quadrant II: Die großen Implantate haben den größten TS, mittlere Implantate den mittleren und die kleinen Implantate den kleinsten TS. Hier korreliert der Volumenzuwachs mit steigendem Implantatvolumen.
- Für Quadrant III: Die kleinen Implantate haben im Vergleich zu mittleren ( $p = 0,049$ ) und großen ( $p = 0,001$ ) Implantaten einen signifikant geringeren Zuwachs an TS. Es herrscht kein Unterschied zwischen großen und mittleren Implantaten.
- Für Quadrant IV: Es gibt keine signifikanten Unterschiede zwischen den Implantatgrößen.

**Tab. 14:** Einfluss von Implantatgröße auf „topographic shift“ und die Topographie der Brust innerhalb der Quadranten I-IV.

			Differenz der	95% CI für Differenz		P-Werte
			Mittelwerte (mm)	Untergrenze (mm)	Obergrenze (mm)	
<b>QI</b>	<b>Klein</b>	<b>Mittel</b>	- 1,39	- 2,86	0,08	0,065
		<b>Groß</b>	- 3,15	- 4,69	- 1,60	< 0,001
	<b>Mittel</b>	<b>Groß</b>	- 1,76	-0,08	2,86	0,022
<b>QII</b>	<b>Klein</b>	<b>Mittel</b>	- 2,32	- 3,80	- 0,85	0,002
		<b>Groß</b>	- 3,99	-5,53	- 2,45	< 0,001
	<b>Mittel</b>	<b>Groß</b>	- 1,67	-3,16	- 0,17	0,029
<b>QIII</b>	<b>Klein</b>	<b>Mittel</b>	- 1,48	- 2,95	- 0,01	0,049
		<b>Groß</b>	- 2,62	- 4,16	- 1,08	0,001
	<b>Mittel</b>	<b>Groß</b>	- 1,14	- 2,64	0,36	0,135
<b>QIV</b>	<b>Klein</b>	<b>Mittel</b>	0,245	- 1,23	1,72	0,744
		<b>Groß</b>	- 0,56	- 2,10	0,98	0,477
	<b>Mittel</b>	<b>Groß</b>	- 0,80	- 2,30	0,70	0,293

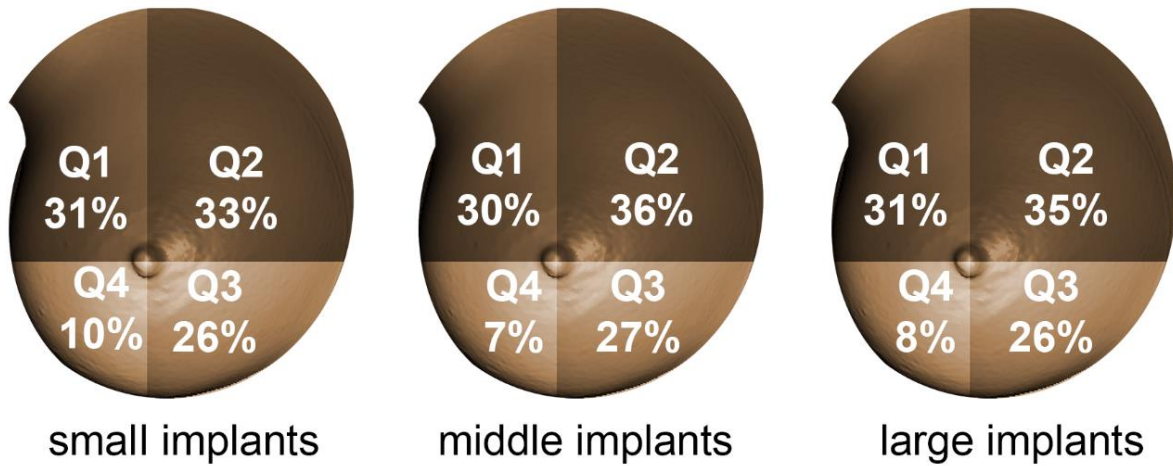


Abb. 31 zeigt graphisch die Verteilung des „topographic shift“ über die Quadranten I-IV unter Verwendung kleiner, mittlerer und großer Implantate. Dabei bleiben über alle Implantatgrößen hinweg Quadrant I und II die führenden Quadranten, was den Zuwachs angeht. Quadrant IV wird kaum durch den das Einbringen der Implantate beeinflusst.



**Abb. 31:** Graphische Darstellung der Einflussnahme verschiedener Implantatgrößen auf Quadrant I-IV gemessen anhand „topographic shift“ (in mm).

Abb. 32 verdeutlicht die Volumenverteilung über die vier Quadranten nach Verwendung kleiner, mittlerer und großer Implantate gemessen am TS. Die prozentuale Verteilung bleibt über alle Größen hinweg in etwa gleich. Nur in Quadrant IV kommt es trotz größerer Implantate zu kaum einer Zunahme des „topographic shift“. Dies spiegelt sich in der Abnahme des Prozentanteils in Quadrant IV bei mittlerem und großem Volumen im Vergleich zum Kleinen wider.



**Abb. 32:** Prozentuale Verteilung der Zunahme des „topographic shift“ über den Quadranten I-IV unter Verwendung kleiner, mittlerer und großer Implantate.

## 4.4 Lageveränderung der Mamille

Mit dem McNemar Test konnte gezeigt werden, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen runden und anatomischen Implantaten hinsichtlich der Lageveränderung der Mamille ( $p = 0,721$ ) gibt.

Bei den runden Implantaten fand in 49 von 54 (90,7 %) Fällen und bei den anatomischen Implantaten in 48 von 54 (88,9 %) Fällen eine Verschiebung der Mamille in den Quadrant II statt. Übereinstimmung bezüglich der Mamillenlage in den Quadranten zwischen anatomisch und runden Implantaten konnte in 48 von 54 Fällen [2x Quadrant I, 46 x Quadrant II, 0 x Quadrant III] festgestellt werden. In sechs Fällen wurde die Mamille durch das Einbringen der Implantate bei unterschiedlichen Formen in einen anderen Quadranten verschoben. In keinem Fall erfolgte eine Verschiebung der Mamille in den IV. Quadranten (Tab. 15).

**Tab. 15:** Positionsverschiebung der Mamille durch runde und anatomische Implantatformen.

		Anatomisch, Nr.			Total
		Q1	Q2	Q3	
Rund, Nr.	Q1	2	1	0	3
	Q2	2	46	1	49
	Q3	1	1	0	2
	Total	5	48	1	54

## 5 Diskussion

Trotz mit Studien belegter Gegenargumente [9, 10, 71, 72] hält sich der Mythos, anatomische Brustimplantate hätten eine natürlichere Form und Erscheinung als Runde, eisern [73–76]. Dabei muss erwähnt werden, dass viele Ergebnisse der derzeitigen Literatur in ihrer Aussagekraft limitiert sind. Wie bereits eingänglich angemerkt kann bei postoperativen Evaluationen, wie wir sie von Al-Ajam et al., Rubi et al., Friedman et al. oder auch Kovacs et al. [9, 58, 72, 77] kennen, lediglich der Ist-Zustand der Patientin bewertet werden. Ein direkter Vergleich zur anderen Form in ein und derselben Patientin ist nicht möglich. Dieser Umstand wurde erstmalig bei der Studie von Hidalgo und Weinstein umgangen [10], indem sie intraoperativ ein und derselben Patientin ein rundes und anatomisch sich in Volumen entsprechendes Implantat eingesetzt und Fotos angefertigt haben. Anhand dessen sollte entschieden werden, um welche Form es sich bei den jeweiligen Aufnahmen handelt. Beschränkt auf subjektive Bewertungen und zweidimensionalen Darstellungen können Kritiker die Ergebnisse anfechten. Zudem ist das menschliche Auge nur bis zu einem gewissen Maß befähigt, Unterschiede, die durch die Wahl der Brustimplantatform erzeugt werden könnten, wahrzunehmen. In der hier dargelegten Studie wurde versucht, die angesprochenen Limitierungen bei der Beurteilung des Einflusses der Form auf Topographie und Erscheinungsbild der weiblichen Brust zu beseitigen. Dennoch müssen auch hier, vor allem der mangelnden Erfahrung mit dem Umgang der angewandten Methodik geschuldet, einige Punkte kritisch beleuchtet werden. Denn nicht ohne Grund gibt es bisher keinerlei objektivierete Analyse intraoperativer Daten.

Zunächst einmal ist zu erwähnen, dass bei dieser Interventionsstudio lediglich zehn Probandinnen eingeschlossen wurden. Bei sieben Patientinnen wurden alle sechs verschiedenen Implantate eingesetzt (= 42 Implantate x 2 Brüste), in zwei Patientinnen konnten nur vier Studienimplantate verwendet werden (= 8 Implantate x 2 Brüste), bei einer Patientin fehlte ein Studienimplantat (= 5 Implantate x 2 Brüste).

Dies führte zu dazu, dass 110 Studienimplantate ( $84 + 16 + 10 = 110$ ) objektiv und im Vergleich zueinander betrachtet werden konnten. Da jede Frau individuelle Gegebenheiten in Gewebedicke, Muskulatur, Drüsengewebe, Hautelastizität, etc. mit sich bringt und diese das Ergebnis einer Augmentation wesentlich beeinflussen [6, 15,

74], bedarf es einer größeren Fallzahl, um von allgemein gültigen Ergebnissen ausgehen zu können.

Der BMI der Frauen, die in diese Datenanalyse eingeschlossen wurden, lag zwischen  $19 \text{ kg/m}^2$  und  $26 \text{ kg/m}^2$ , bei einem mittlere BMI von  $22 \text{ kg/m}^2$ . Adipositas als Störvariabel, die einen möglichen Unterschied runder und anatomischer Brustimplantatformen verschleiern könnte, kann somit ausgeschlossen werden. Auch das Teilnehmeralter, das sich von 22 bis 49 Jahren erstreckt, deckt ein weites, für die OP infrage kommendes Patientengut ab. Dennoch könnte sich bei Einschluss einer größeren Fallzahl eine relevante Diskrepanz für speziellen körperliche Gegebenheiten herauskristallisieren.

Die Mammaaugmentationen erfolgten mittels Implantate der Subline Line vom Hersteller Polyech Health&Aesthetics. Nicht nur innerhalb dieser Firma gibt es noch etliche andere Linien, die sich in Füllungsmaterial, Oberflächenbeschaffenheit und Maßen unterscheiden. Auch auf dem globalen Markt gibt es unzählige Anbieter für Brustimplantate, die alle eigenständig über die Klassifizierung ihrer Implantate entscheiden können [40]. Subtile und willkürliche Diskrepanzen bei den Profilnamen zwischen den Herstellern lassen somit kaum Vergleiche untereinander zu. Daher kann nicht zwingend angenommen werden, dass sich die Erkenntnisse, keine signifikante Interaktion zwischen Quadranten und Form ( $p = 0,88$ ) sowie keinen signifikanten Unterschied bei Betrachtung der gesamten Brust runder und anatomischer Implantate ( $p = 0,90$ ) bei exakt diesen Brustimplantaten zu erkennen, auf jeden Hersteller übertragen lassen. Möglicherweise unterscheiden sich bei anderen Produkten gleichen Volumens aber divergenter Form die Maße so sehr, dass ein entscheidender Unterschied daraus resultiert.

Aufgrund der Tatsache, dass die Probeimplantate individuell für jede Patientin ausgewählt wurden, konnte eine große Bandbreite an Volumina abgedeckt werden. Im Zuge der zu Beginn bestimmten Basis und damit einhergehende Merkmale jedes Implantats wurden auch hier die vielen verschiedenen Kennwerte analysiert. Dadurch kann innerhalb der Subline Line die statistische Auswertung als repräsentativ angenommen werden. Aufgrund der Volumenvorgaben durch den Hersteller mussten wir bei einigen Vergleichen von runden und anatomischen Implantaten eine Abweichung des Volumens von 5-10 ml in Kauf genommen. Dieser

Volumenunterschied bei den Implantatformen wirkt sich auch auf den mittleren Abstandsmittelwert („topographic shift“) aus. Im Anbetracht der Tatsache, dass es sich im Verhältnis zum Gesamtvolumen lediglich um eine minimale Abweichung handelt, kann diese als vernachlässigbar erachtet werden.

Zugangsweg und Implantatlager beeinflussen das finale äußerliche Erscheinungsbild maßgeblich [15, 35]. Zwar wurden mit der inframammären und periareolären (jeweils 5x) Schnittführung die zwei gängigsten Methoden gewählt [38], dennoch könnte ein transaxillärer oder periumbilicaler Zugang die Statistik gegebenenfalls verändern. Kovacs et al. konnte bei der dreidimensionalen Evaluation der Mammaaugmentation mit runden und anatomischen Implantaten jedoch keine entscheidenden Unterschiede ( $p > 0,05$ ) zwischen zwei der vier chirurgischen Ansätze (axillär vs. submammär) finden [58].

Bei nur zwei der zehn Patientinnen kam das Implantat subglandulär zum Liegen. Die restlichen acht entschieden sich für eine subpectorale Lage. Auch hier bedarf es einer größeren Fallzahl, um einen eventuellen Zusammenhang zwischen Implantatlager und erkennbaren Unterschied runder und anatomischer Form ausschließen zu können.

Trotz universeller Richtlinien für die jeweiligen OP-Techniken hat sich jeder Operateur im Laufe seiner beruflichen Karriere spezielle Praktiken angeeignet [12]. So kommt es, dass Brustvergrößerungen, die sich gemäß dem operativen Bericht gleichen, dennoch in der Durchführung minimale Unterschiede aufweisen. Oft handelt es sich hierbei nur um Nuancen, die dennoch gegebenenfalls entscheidende Auswirkungen auf das Ergebnis haben können. Um diese Störvariable auszuschalten, wurden alle eingeschlossenen Mammaaugmentationen von einem Operateur (Prof. Dr. Lukas Prantl) durchgeführt.

Alle intraoperativen Messungen fanden bei der Patientin in halbsitzender Lage im  $55^\circ$  Winkel und bei um  $45^\circ$  ausgelagerten Armen und Intubationsnarkose statt. Bei dieser Position handelt es sich um eine gängige operative Lagerung, die jeder Arzt der ästhetischen Chirurgie kennen sollte. Dennoch wird diese, die Einstellung der Sitzlehne gegenüber der Horizontale ausgenommen, lediglich per Augenmaß bestimmt. So kann es durchaus passieren, dass es zwischen den Probandinnen bei Arm-, Kopf oder Thoraxstellung zu Abweichungen kommt. Trotz größter Sorgfalt die

Lagerung intraoperativ so wenig wie möglich zu verändern, um die 3D-Aufnahme nicht zu verfälschen, kommt es im Zuge des operativen Geschehens und damit einhergehende mechanische Einwirkungen auf den Körper unweigerlich zu Manipulation der anfänglichen Ausgangsposition. Der Winkel zwischen Sitzlehne und der Horizontale wurde mittels Goniometer und Wasserwaage überprüft. Durch das zwischenzeitliche Absenken des Oberkörpers zwischen „nativen“ Scan und „implantierten“ Scan muss auch dieser Wert als fehleranfällig betrachtet werden. Bei der dreidimensionalen Auswertung der Bilder und dem Übereinanderlegen der Scans, das komplett automatisch und computergestützt abläuft, konnten aber nur minimale Abweichungen der Thoraxkonturen zwischen den einzelnen Modellen verzeichnet werden. Dies lässt darauf schließen, dass trotz der zahlreichen Fehlerquellen die Lagerung sehr gut beibehalten werden konnte. Aufgrund der eingeschränkten Möglichkeit die Patientin während der OP aufzurichten, war lediglich ein Winkel von 55° möglich, ohne dabei Abstriche bei der Narkoseführung in Kauf zu nehmen. Auch wenn zur aufrechten Körperhaltung von 90° noch eine gewisse Neigung fehlt, so konnten wir bei dem Vergleich von intraoperativen und postoperativen Scans erkennen, dass die Brust bereits bei 55° dem Erscheinungsbild dessen bei Neutral-Null-Methode sehr nahekommt und ihre frei hängende Form entfalten hat.

Abschließend ist zu ergänzen, dass es durch die zwingend notwendige kontinuierliche Beatmung der Patientin während des Scansvorgang zum Heben und Senken des Thorax kommt. Falls es während der Aufnahme zu Bewegungen des Zielobjekts kommt, so berechnet Artec EVA laut Angaben des Herstellers einen Mittelwert und erzeugt daraus das dreidimensionale Abbild. Daher kann dieser Störfaktor als vernachlässigbar betrachtet werden.

Die Genauigkeit der 3D-Vermessung wurde wie bereits zu Beginn erläutert in etlichen Studien belegt [53, 55, 56, 59, 61, 62] und kann daher als präzises Messverfahren der objektiven Evaluation angesehen werden. Koban et al. zeigte insbesondere für den von uns verwendete Scanner Artec Eva der Firma Artec (Luxemburg) auch im direkten Vergleich zu möglichen Alternativen eine besonders hohe Genauigkeit bei der Detektion selbst kleinster Volumenänderungen [64]. Die Lagerung der Patientin bzw. das Kontrollieren dieser sowie die intraoperativen Aufnahmen wurden ausnahmslos von einer Person getätigt. Dies soll die Kontinuität des Messvorganges gewährleisten.

Die lineare Streckenvermessung erfolgte per Cursor am 3D-Modell. Kovacs et al. konnte schon in einer vorausgegangenen Arbeit zeigen, dass die dreidimensionale Evaluation mittels Landmarken mit einer relativ konstanten Genauigkeit gemessen werden konnte [78]. Und auch Losken et al. erhielt bei der Vermessung eines Scans durch zwei verschiedene Untersucher eine Übereinstimmung von 0,968 [53]. Dennoch bleibt die Festlegung der anatomischen Landmarken insbesondere derer, die nicht exakt durch eine Oberflächenstruktur definiert sind (Inframammärfalte, mediale Brustfalte, laterale Brustfalte), vom Auswerter abhängig, der dadurch indirekt und ungewollt die Auswirkungen durch die Augmentation mittels der verschiedenen Implantate beeinflusst. Die mangelnde Definition der Landmarken sowie die Problematik, die Komplexität der weiblichen Brust zu objektivieren, wurde bereits in der einschlägigen Literatur behandelt [25, 51, 54, 63]. Zwar haben sich im Laufe der Zeit einige lineare Messwerte etabliert, die auch wir bevorzugt in dieser Arbeit erhoben haben, dennoch bleibt die Vermessung der Mammae und die Reproduzierbarkeit derer eine Herausforderung.

Um Auswirkungen der Implantate auf die Topographie des Thorax besser zu quantifizieren, wurde die Brust in vier Quadranten eingeteilt und die Differenz der einzelnen Quadranten zum nativen Scan berechnet. Die Unterteilung der Brust zur Evaluation einer Operation dieser wurde bereits in anderen Studien praktiziert [59, 79]. Dabei wurde die Brust entweder ebenfalls durch Vierteln der Mamille oder wie bei Catanuto et al. unter Verwendung reproduzierbarer Orientierungspunkte in vier Quadranten segmentiert. Die letztere Methode scheint weniger untersucherabhängig zu sein, hat aber bei einer stark lateralisierenden Brust seine Schwächen. Durch das Übereinanderlegen der Scans einer Patientin kann immerhin innerhalb dieser die Selektierung als identisch angesehen werden.

Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied ( $p < 0,001$ ) bei der Volumenverteilung zwischen den Quadranten I-IV gemessen anhand des „topographic shift“. Mit 2,14 mm mittleren Abstandsmittelwert zeigte sich im Quadrant IV volumetrisch gesehen der kleinste Effekt gefolgt von Quadrant III mit 6,96 mm. Quadrant I (8,08 mm) und Quadrant II (9,16 mm) wiesen einen signifikant größeren Zuwachs auf. Aufgrund dieser Ergebnisse kann davon ausgegangen werden, dass eine Augmentation eine Volumenzunahme insbesondere in den oberen Brustpolen zur Folge hat. Bei der



intraoperativen Aufnahme handelt es sich um eine temporäre Darstellung, die das eventuelle Absinken der Brust über die Jahre hinweg nicht berücksichtigen kann. Auch Eder et al. konnte in seiner Veröffentlichung, in der er sich mit der postoperativen Veränderung der Mammae nach Augmentation beschäftigt, zeigen, dass man bereits innerhalb der ersten sechs Monate mit einer deutlichen Veränderung des OP-Ergebnisses rechnen muss [59]. Somit liefern die Daten Aussagen über den direkten Einfluss der Implantate auf die Topographie, nicht jedoch auf langfristige Ergebnisse. Hinzuzufügen ist, dass der Operateur durch das manuelle Einbringen der Implantate dessen Lage entscheidend verändern kann. Da häufig der Zuwachs überwiegend kranial und medial erwünscht und der Chirurgie gewillt ist, ein optimales Ergebnis zu erzielen, werden die Probeimplantate gemäß dessen eingebracht. Nachfolgende Positionsänderungen innerhalb des Implantatlagers können nicht berücksichtigt werden und auch für den Scan ist die initiale Platzierung von entscheidender Bedeutung. Demzufolge sind die Ergebnisse der Tab. 14 und Abb. 32, die in den einzelnen Quadranten zwischen kleiner, mittlerer und großer Projektion keine durchgängige Interaktion aufweisen, kritisch zu sehen.

Durch das Unterteilen der Brust kann der Zuwachs an Volumen besser lokalisiert und numerisch erfasst werden. Dennoch handelt es sich dabei um eine sehr grobe Einteilung, die das Potential der kodiert gestützten Berechnung des mittleren Abstandmittelwertes mittels Software Artec Studio 12 Professional nicht vollends ausnutzen kann. An einer Methode, die Veränderung detaillierter objektiv darzustellen, mangelt es derzeit noch. Die Positionsänderung der Mamille wurde ebenfalls anhand der Brustunterteilung gemessen. Dabei kann nur eine Aussage getroffen werden, in welchen Quadranten sie sich verlagert, nicht aber eine detaillierte Lagebeschreibung. Eine genaue Angabe z.B. mittels Koordinaten wäre hierbei wünschenswert, um präzisere Aussagen für das postoperative Ergebnis treffen zu können. Dies ist aber mit der von uns verwendeten Software derzeit nicht umsetzbar.

Das Einbringen der sechs Studienimplantate, der temporäre Wundverschluss mittels Klammern sowie die Erzeugung des Scans erzeugen einen mechanischen Reiz auf die Brust und verlängern die Operationszeit. Dadurch kann es möglicherweise zum Anschwellen des Gewebes kommen und dementsprechend zu Veränderungen des Volumenzuwachses. Das Prozedere dauerte in etwa 10-15 min. Durch die kurze

Zeitspanne und eine gute Blutstillung kann die volumetrische Veränderung durch das Anschwellen der Mammae als minimal betrachtet werden.

Der Prozess der Mammaaugmentation beinhaltet strukturierte Patientenaufklärung, gewebebasierte präoperativer Planung und Implantatauswahl, verfeinerte Operationstechnik und definierte postoperativer Versorgung. Das Endergebnis und die damit einhergehende Patientenzufriedenheit sind von einer wahnsinnig großen Anzahl an Variablen abhängig. Die initiale Einschätzung, bei einer Brustvergrößerung handle es sich um einen unkomplizierten chirurgischen Eingriff wurde abgelöst durch die Erkenntnis, dass es sich hierbei um einen komplexen Ablauf mit vielen Teilkomponenten handelt. Nach diesem Umdenken wurden etliche Studien veröffentlicht, die das bestmögliche Vorgehen beschreiben und als Hilfestellung dienen sollen [1, 12, 15, 40, 73, 74, 76, 80, 81]. Der großen Anzahl an Empfehlungen für eine Mammaaugmentation, die zudem eine große Variabilität untereinander aufzeigen, kann entnommen werden, wie schwierig es ist, dieses vielschichtige Prozedere auf eine überschaubare Anzahl an Einflussgrößen herunterzubrechen. Auch bei dieser Arbeit war die Komplexität der weiblichen Brust und die unzähligen Variablen zu objektivieren die größte Herausforderung. Die Kernaussage der Studie, dass die Wahl der Implantatform („rund“ vs. „anatomisch“) weder für die Topographie der einzelnen Quadranten noch für die der gesamten Mammae einen statistisch signifikanten objektiven Unterschied macht, deckt sich mit den bisher subjektiven Ergebnissen anderer Studien [8–10, 72, 77]. Kovacs et al. konnte bei seiner objektiven Auswertung allerdings sehr wohl eine Diskrepanz bei der postoperativen Erscheinung verzeichnen [58]. Hierbei ist allerdings anzumerken, dass in seiner Studie nur ein inter- und nicht intrapersoneller Vergleich beleuchtet wurde sowie Implantate unterschiedlichen Volumens.

Mittels der eingänglich erläuterten Vermessung der Brust durch lineare Messwerte sollen Veränderungen der Topographie quantifiziert und Vergleiche ermöglicht werden. Der Jugulum-Mamillen-Abstand veränderte sich über die gesamte Versuchsreihe hinweg im Durchschnitt um gerade einmal 2,2 mm und zeigt auch bei Einsetzen der großen Volumina keinen einheitlichen Anstieg. Bei Studienimplantat 6 (anatomische Form, großes Volumen) konnten wir sogar eine Abnahme im Vergleich

zum nativen Scan finden. In 97 von 108 Fällen kam es durch Einbringen des Implantates zu einer Verlagerung der Mamille in den Quadranten II. Dadurch wurde die Brustwarze als Endpunkt der linearen Strecke dem Jugulum nähergebracht und eine mögliche Streckenverlängerung durch den Volumenzuwachs, der sich insbesondere im Quadrant II finden lässt, ausgeglichen. Daher verwundert es nicht, dass die Strecke zwischen Jugulum und Mamille sich auch bei starker Volumensteigerung nur unwesentlich verändert. In der großen Projektion kann der größte Unterschied beim Vergleich der Implantatformen „rund“ und „anatomisch“ gezeigt werden. Der lineare Messwert Mamille-Inframammärfalte korreliert mit dem Volumen und erfährt einen stetigen Zuwachs. Die beiden Graphen aus Abb. 27, die die Implantatformen rund und anatomisch widerspiegeln, zeigen bei großem Volumen einen maximalen Unterschied der Werte von 2,8 mm. Betrachten wir die beiden Messwerte ganzheitlich, so fällt auf, dass die Formen „rund“ und „anatomisch“ ihrer ursprünglich angedachten Wirkung, eines volleren Dekolletés (rund) bzw. einer natürlicheren Form mit voluminösen unteren Brustpol (anatomisch) zu bewirken, besonders in den großen Projektionen gerecht werden. Allerdings ist kritisch anzumerken, dass eine größere Distanz der Landmarken Mamille-Inframammärfalte nicht zwangsläufig auf einen Volumenzuwachs schließt. Wie wir sehen, kann die Lageveränderung der Brustwarze die anthropomorphe Vermessung verzerren und auch deren Lateralisierung/Medialisierung hat Einfluss auf die erhobenen Maße. Auch wenn die Erhebung der linearen Messwerte mittlerweile im klinischen Alltag ein gängiges Mittel zur Quantifizierung der Brust ist, ist ihr Aussagekraft aufgrund der Zweidimensionalität begrenzt.

Wird die Differenz der Strecken aus mit runden und anatomischen Implantaten versehenen Brüsten gebildet ( $\text{Strecke} \times \text{rundes Implantat} - \text{Strecke} \times \text{anatomisches Implantat}$ ), so geht diese annähernd gegen Null. Wird die Zunahme an Volumen im Bereich des Dekolletés mit einer Streckenzunahme Jugulum-Mamille gleichgesetzt, so kommen wir zu dem Entschluss, dass runde Implantate entgegen einiger Studien [73–76] keinen größeren Einfluss auf dieses haben als Anatomische. Auch bei Betrachtung des „topographic shift“ finden wir bei beiden Implantatformen den größten Zuwachs in den Quadranten I und II. Demnach stimmt es zwar, dass runde Implantate den oberen Brustpol topographisch am meisten beeinflussen und somit ein volleres Dekolleté erzeugen, dennoch lässt sich weder bei linearer Streckenvermessung noch der

Messung des „topographic shift“ ein signifikanter Unterschied zur anatomischen Form verzeichnen. Al Ajam et al. ließ prä- und postoperative Fotos von 60 Patientinnen von einer Gruppe von 22 plastischen Chirurgen bewerten, die dazu angehalten wurden, die obere Brustkontur anhand einer Likert-Skala von 1-4 zu bewerten. Der Punktwert „4“ ging dabei mit dem Empfinden eines natürlichen wirkenden äußeren Erscheinungsbildes, d.h. ein sanftes Abheben der Brust von der Thoraxwand und weniger einer konvexen Form, einher. Das anatomische Implantat konnte dabei mit 2,8 gegenüber dem runden Implantat mit 2,6 überzeugen. Auch hier war nur ein geringer und nicht signifikanter Unterschied bei der Bewertung des oberen Brustpols zu vermessen [72]. Diese minimale Diskrepanz konnte bei den mittleren und großen Projektionen auch in unserer Studie verzeichnet werden. Hier zeigte sich mit im Mittel ein um 0,9 mm (mittlere Projektion) und 3,1 mm (große Projektion) vermehrter Jugulum-Mamillen-Abstand bei der Verwendung runder Projektionen. In der Arbeit von Friedman et al. hingegen wurde der obere Brustpol in Bezug auf das Volumen bei runden Implantaten signifikant als passender eingestuft [9]. Beide Arbeiten zogen subjektive Meinungen bei der Bewertung des oberen Brustpols zu Rate, wodurch eine einheitliche Beurteilung und ein Vergleich mit den von uns erhobenen Daten schwerfällt. Individuelle Schönheitsideale der Bewertenden verfälschen das Ergebnis und lassen keine Rückschlüsse auf die Allgemeinheit zu. Die in unserer Arbeit gewonnenen objektiven Daten des Jugulum-Mamillen-Abstandes, die sich im Übrigen mit den Erkenntnissen von Kovacs et al. decken [58], zeigen nur einen geringfügig größeren Zuwachs durch runde Implantate. Die Beurteilung über den ästhetischen Wert darüber muss der Patientin überlassen werden. Wird ein besonders üppiges Dekolleté gewünscht, so kann insbesondere bei großen Projektionen auf runde Implantate verwiesen werden. Bei der Strecke Mamille-Lateraler Brustfalte konnte ebenfalls ein durchgängig positiver Wert berechnet werden. Demzufolge wird die Brust durch ein rundes Implantat vermehrt medialisiert. Bei den anderen Differenzen der Landmarken basierten linearen Messwerten ist kein kontinuierlicher Trend erkennbar.

Bei allen Mammaaugmentationen unabhängig von der Form der Implantate zeigte sich ein konstanter Trend bei der Verteilung des gewonnenen Volumens über die vier Quadranten. Der Zuwachs verteilt sich prozentual gesehen am meisten auf den Quadrant II gefolgt von Quadrant I, Quadrant III und Quadrant IV. Durch eine

anatomische Form nimmt die Brust also nicht wie in vielen Quellen angenommen [73–76] überwiegend im unteren Brustpol an Volumen zu. Viel mehr vergrößert sie äquivalent zu runden Form hauptsächlich den kranialen und medialen Anteil. Die frühere Assoziation anatomischer Implantate mit einer natürlich wirkenden Brust liegt bei Betrachtung des nativen Implantats außerhalb des menschlichen Körpers nahe. Jedoch beeinflusst das Weichteilgewebe der Patientin die äußere Erscheinung des Implantats so sehr, dass im Situs befindlich objektiv gesehen kein signifikanter Unterschied zur runden Form ausgemacht werden kann. Lediglich um 3 % mehr verteilt sich das gewonnene Volumen bei anatomischen Implantaten im Vergleich zu Runden im unteren Brustpol. Dieser geringe Prozentsatz ist für das menschliche Auge kaum zu differenzieren. Diese Tatsache konnte Hidalgo et al. in einem intraoperativen Vergleich zeigen [10]. Dabei wurden ähnlich unseren Studienablaufs ein und derselben Patientin Implantate des gleichen Volumens aber anderer Form eingesetzt und Fotos in standardisierten Winkeln aufgenommen. Weder plastischen Chirurgen noch Laien war eine subjektive Unterscheidung möglich. Falls der Anspruch der Patientin an ein besonders natürliches Ergebnis mit vermehrtem Zuwachs im kaudalen Bereich besteht, kann ein anatomisches Implantat in Betracht gezogen werden, insbesondere weil MRT-Messungen zeigen konnten, dass sie in liegender Form ihre tropfenähnliche Form besser beibehalten können als Runde. Da dieser Unterschied verschwindend gering ist, wird viel mehr das Gesamtpaket aus passender Implantatgröße, OP-Technik und habituellen Gegebenheiten darüber entscheiden, wie natürlich das postoperative Ergebnis erscheint. Nichtsdestotrotz sollte abgewogen werden, ob der geringfügig größere mittlere Abstandsmittelwert („topographic shift“) im unteren Bereich die Nachteile eines anatomischen Implantats, wie in etwa mögliche Rotation oder Begrenzungen beim Zugangsweg, aufwiegen.

Unter Verwendung der runden Implantatformen zeigt sich im Quadrant I ein um 1 % und im Quadrant II ein um 2 % größerer Volumenzuwachs verglichen mit der anatomischen Form. Dieses Ergebnis korreliert mit den bereits thematisierten linearen Messwerten, bei denen wir insbesondere bei den großen Projektionen in der runden Variante einen größeren Jugulum-Mamillen-Abstand verzeichnen konnten. Somit kommt es objektiv betrachtet zu einem üppigeren Dekolleté, das sich aber nur um Nuancen von dem der runden Brustimplantate unterscheidet. Subjektiv war auch hier in etlichen Studien kein Unterschied zu vernehmen [9, 10].

Um den Patientinnen präoperativ bei der Entscheidungsfindung zu helfen, werden häufig dreidimensionale Simulationen angeboten. Damit soll die Visualisierung der Erwartungen ermöglicht und die Arzt-Patienten-Kommunikation verbessert werden. Häufig fehlt es jedoch an objektiven validen Daten [62] und die Programme bedienen sich an den typischen Stigmata der beiden Implantatformen. Auch wenn die Übereinstimmung präoperativer Simulation und postoperativem Ergebnis hoch ist [74], so stellt die Darstellung der Brust mit den veralteten und durch diese Arbeit wiederlegten Annahmen in Bezug auf die Implantatform ein Problem dar. Wie auch in anderen Studien, die sich nur mit dem postoperativen Ergebnis der Augmentation beschäftigen, kann auch in solch einem Fall das Outcome mit der divergenten Form nicht bewertet werden. Um künftig evidenzbasierte Voraussagen treffen zu können, werden mehr intrapersonelle objektive Auswertung benötigt.

Die im posthoch-Test gewonnenen Ergebnisse zeigen, dass die Volumenverteilung stark von der Projektion und dem damit einhergehendem Volumen abhängig sind. Ausgehend vom gewählten Implantat können der Patientin daher Voraussagen gemacht werden, wohin sich das gewonnene Volumen verlagern wird. In Quadrant II korreliert der Volumenzuwachs mit dem Implantatvolumen. Für Quadrant III scheint es eher von Bedeutung zu sein, ob es sich um eine kleine oder mittlere Projektion handelt. Mit dem Schritt hin zu einer großen Projektion verteilt sich das gewonnene Volumen im Vergleich zur mittleren Projektion eher in den ersten Quadranten zu verschieben. Dieses Wissen kann der Patientin bei der Wahl der Projektion und des Volumens als Hilfestellung dienen. Die bisherige Literatur beschäftigte sich häufig mit der Wahl des „idealen“ Implantats und ließ dabei nur darüber entscheiden, ob das gewählte Implantat für ästhetisch oder nicht erachtet wird [9, 72, 82], nicht aber inwieweit unterschiedliche Projektionen sich auf die Topographie auswirken. Durch den erstmaligen in vivo Vergleich sind diese objektiv und frei von persönlicher Wertung. Häufig wird in der Literatur eine bestimmte Implantatform oder -volumen, OP-Technik oder Zugangsweg ohne empirische Datenlage empfohlen [50, 74, 76].

Die Position der Mamille verschob sich fast ausnahmslos und unabhängig von Form und Projektion nach kranial und medial in den Quadrant II. Bis dato gibt es keine Fachliteratur, die sich objektiv mit der Position der Brustwarze in Zusammenhang mit der Implantatgröße oder -form beschäftigt. Lediglich Hidalgo et al. befragte in seiner

intraoperativen Studie plastische Chirurgen dazu, ob eine Mammaaugmentation mit runden oder anatomischen Implantaten zu einer „besseren Mamillenposition“ führe [10]. Dabei wurde mit 25,9 % (anatomisch) zu 23,7 % (rund) die Brustvergrößerung mittels anatomischer Form bevorzugt. Der restliche Prozentsatz gab an, keinen ästhetischen Unterschied bei der Lage der Mamille zu erkennen. Ein Vergleich mit den Resultaten aus unserer Studie ist nicht zu ziehen, da die Bewertung der Mamillenposition als „besser“ nicht weiter objektiviert wurde.

Ein signifikanter Unterschied der beiden Implantatformen „rund“ und „anatomisch“ konnte weder bei den linearen Messwerten noch bei der Volumenverteilung gemessen am mittleren Abstandsmittelwert verzeichnet werden. Somit kann die These von Hamas et al., der auf der Grundlage von MRT-Befunden die beiden Formen evaluierte, gestützt werden, dass sie bei vorgegebenem Volumen und Höhe des Implantats praktisch in ihrer äußeren Projektion übereinstimmen [71]. Aufgrund der hohen Übereinstimmung unserer Ergebnisse mit den in zu Beginn der Diskussion aufgeführten Studien [9, 50, 72, 77] subjektiv gewonnenen Daten, kann angenommen werden, dass die Wahl der Implantatform nicht der entscheidende Faktor einer erfolgreichen Operation zu sein scheint [83] und dass ein erfahrener Chirurg in den meisten Fällen mit beiden Implantattypen zufriedenstellende Ergebnisse erzielt, wenn er die Gewebeeigenschaften des Patienten berücksichtigt [9, 81, 84]. Grundvoraussetzung jeder Brustvergrößerung muss die Vertrautheit des Chirurgen mit den von ihm verwendeten Implantaten sein. Erfahrung spielt bei der Operation eine große Rolle. Bei Unsicherheit sollte sichergestellt werden, dass intraoperativ eine großzügige Auswahl an passenden Probeimplantaten bereitgestellt wird. Auch in unserer Studie erhielten Patientinnen zum Teil nach intraoperativen Betrachtung Implantate aus der Versuchsreihe, da diese der Wunschvorstellung der Patientin am nächsten kamen. Dies unterstreicht die Schwierigkeit der präoperativen Implantatauswahl. Allgemein kann angenommen werden, dass Größe/Projektion mehr Einfluss auf die Topographie der weiblichen Brust haben als die Form. Eine größere Fallzahl für diese Form der objektiven Evaluation könnte zukünftig helfen, exaktere Voraussagen zum postoperativen Ergebnis liefern zu können.

## 6 Zusammenfassung

Die weibliche Brust als Sinnbild der Femininität nimmt einen immer höherer Stellenwert in der heutigen Gesellschaft ein [19]. Mit der Entscheidung für eine Mammaaugmentation einhergehend entwickeln sich bei der Patientin genaue Vorstellung bezüglich des postoperativen Ergebnisses, dessen Verwirklichung an oberster Stelle steht. Die Komplexität des Eingriffes und die Vielzahl an Variablen, die diesen beeinflussen, stellen den Chirurgen vor eine große Herausforderung. Die Wahl der Implantatform („rund“ oder „anatomisch“) ist dabei eine der wichtigsten, aber auch umstrittensten Entscheidungen bei der präoperativen Planung einer ästhetischen Mammaaugmentation. Viele wählen die Implantatform aufgrund persönlicher Erfahrungen oder Expertenmeinungen. In dieser Arbeit wurde sich erstmals mittels intraoperativer Evaluation der Frage gewidmet, ob und inwiefern die Wahl des Implantats das operative Ergebnis objektiv betrachtet beeinflusst.

Es wurden 10 Probandinnen mit ästhetischer Augmentation oder Augmentation mit nachfolgender Mastopexie ohne vorherige Operationen im Bereich der Brust, Epilepsie oder eine Ptose der Brust größer gleich Grad III in die Studie aufgenommen. Intraoperativ wurden nach Präparation der Implantatlager bei den Patientinnen jeweils sechs verschiedene Brustimplantate, die sich in Form und Größe unterscheiden, eingesetzt. Noch vor Setzung des ersten Schnittes und nach jedem Einbringen der Implantatpaare und temporärem Wundverschluss mittels Klammern wurde jeweils ein intraoperatives 3D-Modell generiert. Zum Einsatz kam hierbei der 3D-Scanners Typ Artec EVA der Firma Artec (Luxemburg), dessen Messgenauigkeit bewiesen werden konnte [64]. Es erfolgte eine Analyse der 65 3D-Scans (130 nach Separierung dieser in rechte und linke Brust) mit Hilfe der Software Artec Studio 12 Professional. Dabei wurden lineare Messwerte ausgehend von anatomischen Landmarken bestimmt. Die Strecken runder und anatomischer Implantate wurden durch Bildung der Differenz verglichen, wobei keine wesentliche Diskrepanz zu finden war. Die Werte nähern sich der Null an, was darauf schließen lässt, dass die Form keinen entscheidenden Einfluss bei der Streckenvermessung hat. Der mittlere Abstandsmittelwert („topographic shift“) berechnet aus dem übereinandergelegten nativen Scan und Scan mit Implantat lässt Rückschlüsse auf den Volumenzuwachs und dessen Verteilung zu. Die Mammae als Ganzes betrachtet kann kein signifikanter Unterschied zwischen den Implantatformen ( $p = 0,900$ ) jedoch zwischen den Implantatgrößen ( $p < 0,001$ ) gefunden werden. Mit



steigender Projektion steigen der mittlere Abstandsmittelwert und der Einfluss auf die äußerliche Erscheinung. Um den Volumenzuwachs besser lokalisieren zu können, wurde die Brust in vier Quadranten unterteilt und für jeden von ihnen der mittlere Abstandsmittelwert generiert. Auch hierbei lässt sich keine signifikante Interaktion zwischen Quadranten und Form ( $p = 0,88$ ) verzeichnen. Bei Betrachtung aller Scans bildet sich ein signifikanter Unterschied ( $p < 0,001$ ) zwischen den vier Quadranten aus. Durch die Brustvergrößerung gewinnen die Patientinnen vor allem im oberen Brustpol an Volumen. Kleine Volumina wirken sich zuerst auf die Quadranten I und II aus. Mit steigendem Implantatvolumen wird Einfluss auf den Quadrant III genommen. Quadrant IV wird durch die Augmentation kaum beeinflusst und korreliert nicht mit Implantatgröße.

#### Schlussfolgerung:

Final lässt sich sagen, dass weniger die Wahl der Implantatform als dessen Größe und Projektion das postoperative Ergebnis beeinflusst. Persönliche Erfahrung und die Betrachtung des Brustvergrößerung als komplexer Prozess tragen entscheidend zum Erfolg der Operation bei. Bei der präoperativen Planung muss insbesondere die gewünschte Größe genaustens abgeklärt werden. Die gewonnenen Aufschlüsse über die Volumenverteilung in den einzelnen Quadranten bei steigender Implantatgröße können zudem bei der präoperativen behilflich sein und dazu beitragen, nach Möglichkeit ein OP-Resultat zu erzielen, das der Vorstellung des Patienten vollständig entspricht.

## 7 Abbildungsverzeichnis

<b>Abb. 1:</b> Übersicht der häufigsten ästhetisch-plastischen Eingriffe bei Frauen im Jahr 2018/19 innerhalb Deutschlands. ....	5
<b>Abb. 2:</b> Fasziale Strukturen der weiblichen Brust basierend auf Brustsektionen an zwölf weiblichen Toten [18]. ....	9
<b>Abb. 3:</b> Überblick über potenzielle OP-Strategien bei Mammaaugmentation und deren Variablen „Implantatlager“, „Implantat“ und „Zugang“ .....	14
<b>Abb. 4:</b> Lokalisation der Inzisionsmöglichkeiten zur Implantateinbringung bei Mammaaugmentation [12]. ....	15
<b>Abb. 5:</b> Mögliche Positionierung von Brustimplantaten: I ) subglandulär, II ) partielle subpectorale Deckung und III) komplette submuskuläre Deckung [35]. ....	16
<b>Abb. 6:</b> Vergleich eines Implantats mit Kochsalzfüllung (links) und Silikongelfüllung (rechts) [12]. ....	18
<b>Abb. 7:</b> Darstellung verschiedener Implantatoberflächen: glatte, texturierte und mit Polyurethan beschichtete Oberflächen (von links nach rechts). ....	20
<b>Abb. 8:</b> Darstellung der typischen Implantatmerkmale: „A“ und „B“ kennzeichnend für die Basis, „C“ und „D“ korrelierend mit der Auswahl der Projektion. ....	22
<b>Abb. 9:</b> Anatomische Brustimplantate mit hoher, moderater und niedriger Projektion (von links nach rechts). ....	22
<b>Abb. 10:</b> Artec Eva der Firma Artec (Luxemburg) basierend auf LED-Lichtern [57]. ....	25
<b>Abb. 11:</b> Schematische Darstellung des Studienablaufs und grundlegende Ziele der Studie. ....	28
<b>Abb. 12:</b> Präoperative Fotodokumentation mit Referenzpunkten Jugulum, Xiphoid und Processus coracoidei. ....	29
<b>Abb. 13:</b> Intraoperative Lagerung einer Patientin zur Akquirierung des Scans: Beach-Chair-Lagerung mit 55° Grad geneigter Sitzlehne. ....	30
<b>Abb. 14:</b> Überprüfung des 55° Winkels zwischen Sitzlehne und Horizontale mittels Goniometer und Wasserwaage. ....	31
<b>Abb. 15:</b> Intraoperativer Scanvorgang mittels 3D-Scanner Typ Artec Eva nach Einbringung von Studienimplantaten (320 cc). ....	32
<b>Abb. 16:</b> Intraoperative Abfolge der Implantateinbringung und Scanvorgänge. ....	33

<b>Abb. 17:</b> Beispielhafter Scanvorgang einer Statue mittels 3D-Scanner Typ "Eva" der Firma Artec (Luxemburg) [66].	34
<b>Abb. 18:</b> Schematisches Beispiel für den Auswahllogarithmus der Studienimplantate anhand eines anatomischen Implantats (255 cc).	37
<b>Abb. 19:</b> Anthropometrische Messungen in einem intraoperativen 3D-Scan mit der Software Artec Studio 12 (Artec, Luxemburg).	39
<b>Abb. 20:</b> Ausrichtungsprozess mit anatomischen Orientierungspunkten.	41
<b>Abb. 21:</b> Beispiel für alignte Scans. Der „topographic shift“ ist der mittlere Abstand „A“ zwischen dem „nativen“ und dem „implantierten“ Scan.	42
<b>Abb. 22:</b> Unterteilung der Brust in die Quadranten I-IV.	43
<b>Abb. 23:</b> En bloc Ausschnitt einer rechten Brust nach Ausrichtung und Ausschneiden des Quadrant I (roter Bereich A). Der „topographic shift“ dieses Quadranten ist der mittlere Abstand B zwischen „nativen“ und „implantierten“ Scan.	44
<b>Abb. 24:</b> Positionsänderung der Mamille.	45
<b>Abb. 25:</b> Mittlere Volumina der Studienimplantate aufgeschlüsselt in Form („rund“, „anatomisch“) und Projektionsgröße („klein“, „mittel“, „groß“).	51
<b>Abb. 26:</b> Einfluss verschiedener Implantatvolumina auf den Abstand Jugulum-Mamille.	53
<b>Abb. 27:</b> Einfluss verschiedener Implantatvolumina auf den Abstand M-IMF unter Berücksichtigung der Implantatform.	54
<b>Abb. 28:</b> Streckendifferenzen runder und anatomischer Implantatformen bei kleinen („blau“), mittleren („orange“) und großen („grün“) Volumina.	57
<b>Abb. 29:</b> Graphische Darstellung der Einflussnahme runder und anatomischer Implantate auf Quadrant I-IV gemessen anhand des mittleren Abstandsmittelwerts (in mm).	62
<b>Abb. 30:</b> Prozentuale Einflussnahme runder und anatomischer Implantatformen auf die äußere Erscheinungsform einer rechten Brust innerhalb der Quadrante I-IV (in %).	63
<b>Abb. 31:</b> Graphische Darstellung der Einflussnahme verschiedener Implantatgrößen auf Quadrant I-IV gemessen anhand „topographic shift“ (in mm).	65
<b>Abb. 32:</b> Prozentuale Verteilung der Zunahme des „topographic shift“ über den Quadranten I-IV unter Verwendung kleiner, mittlerer und großer Implantate.	66

## 8 Tabellenverzeichnis

<b>Tab. 1:</b> Demografie. Eine Übersicht über Alter, Gewicht, BMI und Ptosis-Grad einer jeden Studienteilnehmerin. ....	49
<b>Tab. 2:</b> Überblick über die Volumina der Studienimplantate für Patientin Nr. 1-10...	50
<b>Tab. 3:</b> Auflistung der Mittelwerte Strecke Jugulum-Mamille der SI 1-6 (in mm). ....	52
<b>Tab. 4:</b> Auflistung der Mittelwerte Strecke Mamille-Inframammärfalte der SI 1-6 (in mm). ....	54
<b>Tab. 5:</b> Auflistung der Strecke Mamille-Mediale Brustfalte der SI 1-6 (in mm). ....	55
<b>Tab. 6:</b> Auflistung der Strecke Mamille-Laterale Brustfalte der SI 1-6 (in mm).....	56
<b>Tab. 7:</b> Streckendifferenzen runder und anatomischer Implantatformen für kleine (SI 1-SI 2), mittlere (SI 3-SI 4) und große (SI 5-SI 6) Volumina. ....	57
<b>Tab. 8:</b> Einfluss des Haupteffekts „Form“ auf den „topographic shift“ der gesamten Mammae.....	59
<b>Tab. 9:</b> Direkter Vergleich von runder und anatomischer Form auf den „topographic shift“ der gesamten Mammae. ....	59
<b>Tab. 10:</b> Einfluss des Haupteffekts „Implantatgröße“ auf den „topographic shift“ der gesamten Mammae. ....	60
<b>Tab. 11:</b> Vergleich des Effekts von Implantatform auf den „topographic shift“ (Implantatgrößen gesondert betrachtet). ....	60
<b>Tab. 12:</b> Verteilung des TS in den Quadranten I-IV. ....	61
<b>Tab. 13:</b> Übersicht über die Verteilung des „topographic shifts“ über die Quadranten I-IV für runde und anatomische Implantate. ....	62
<b>Tab. 14:</b> Einfluss von Implantatgröße auf „topographic shift“ und die Topographie der Brust innerhalb der Quadranten I-IV. ....	64
<b>Tab. 15:</b> Positionsverschiebung der Mamille durch runde und anatomische Implantatformen.....	67

## 9 Abkürzungsverzeichnis

2D	.....	<i>zweidimensional</i>
3D	.....	<i>dreidimensional</i>
A.	.....	<i>Arteria</i>
Abb.	.....	<i>Abbildung</i>
BIA-ALCL	.....	<i>Brustimplantat-assoziierte Lymphom</i>
BMI	.....	<i>Body-Mass-Index</i>
J-M	.....	<i>Strecke Jugulum-Mamille</i>
kg	.....	<i>Kilogramm</i>
M.	.....	<i>Musculus</i>
M-IMF	.....	<i>Strecke Mamille-Inframammärfalte</i>
ml	.....	<i>Milliliter</i>
M-LBF	.....	<i>Strecke Mamille-Laterale Brustfalte</i>
mm	.....	<i>Millimeter</i>
M-M	.....	<i>Strecke Mamille-Mamille</i>
M-MBF	.....	<i>Strecke Mamille-Mediale Brustfalte</i>
OP	.....	<i>Operation</i>
QI	.....	<i>Quadrant I</i>
QII	.....	<i>Quadrant II</i>
QIII	.....	<i>Quadrant III</i>
QIV	.....	<i>Quadrant IV</i>
Rr.	.....	<i>Rami</i>
SD	.....	<i>Standardabweichung</i>
SI	.....	<i>Studienimplantat</i>
Spw.	.....	<i>Spannweite</i>
Tab.	.....	<i>Tabelle</i>
TS	.....	<i>topographic shift</i>

# 10 Anhang

## Klinik für Plastische und Ästhetische, Hand- und Wiederherstellungschirurgie

Direktor: Univ.- Prof. Dr. Dr. med. Lukas Prantl



Krankenhaus  
St. Josef

MR Kooperations- und  
Lehrkrankenhaus der  
Universität Regensburg

Studie zur Volumenverteilung nach Mammaaugmentation

### Patienteneinwilligung zur Studienteilnahme

#### Patientenaufkleber

Name: \_\_\_\_\_

Geburtsdatum: \_\_\_\_\_

Sehr geehrte Patientinnen,

vielen Dank für Ihre Teilnahme an unserer krankenhausesinternen Evaluation von Mammaaugmentationen. Wissenschaftliche Studien sind die Basis der modernen Medizin und garantieren den medizinischen Fortschritt. Mit Ihrer Hilfe möchten wir den derzeitigen Qualitätsstandard der OP und die damit einhergehende Zufriedenheit unserer Patientinnen sichern und erhöhen.

Bei der Untersuchung erheben wir Daten über die Auswirkung verschiedener Brustimplantatformen und -größen auf das äußere Erscheinungsbild der Brust. Während der Operation werden Ihnen vor dem Einsetzen der bleibenden Implantate wie im regulären Vorgehen auch verschiedene Probeimplantate (andere Form und Größe) eingesetzt und jeweils während der Operation ein 3D-Scan durchgeführt. Hier ist zu beachten, dass dadurch die Narkosezeit um ca. 10min verlängert werden kann und das Risiko einer Kapselbildung ggf. steigt.

Postoperativ wird bei der Nachsorgeuntersuchung zur Beurteilung des Vorher-Nachher-Ergebnisses ein erneuter Scan durchgeführt.

\*\*\*

Hiermit bestätige ich, dass Herr/Frau Dr. \_\_\_\_\_ mich über den Inhalt und die Risiken dieser Studie aufgeklärt hat und ich alle Inhalte verstanden habe. Ich bin mir den damit verbundenen Risiken (siehe auch „Patienteninformation“) bewusst und willige die folgenden Punkte ein:

- 3D-Scan präoperativ, intraoperativ und postoperativ
- Intraoperative durchgeführte 3D-Aufnahmen und damit verbundene verlängerte Narkosezeit (ca. 5-10min)

Des Weiteren bin ich damit einverstanden, dass die folgenden Daten **anonymisiert** für wissenschaftliche Zwecke verwendet und (auf nationaler und internationaler Ebene) publiziert und veröffentlicht werden dürfen:

- Fotomaterialien (Fotos + 3D-Scans)
- Patientenstammdaten (anonymisiert)

Regensburg, den \_\_\_\_\_ Patient: \_\_\_\_\_ Arzt: \_\_\_\_\_

## 11 Referenzen

- [1] Mallucci P, Branford OA. Shapes, Proportions, and Variations in Breast Aesthetic Ideals: The Definition of Breast Beauty, Analysis, and Surgical Practice. *Clin Plast Surg* 2015; 42(4): 451–64 [https://doi.org/10.1016/j.cps.2015.06.012][PMID: 26408436]
- [2] Störmer S. Führt Attraktivität zum Erfolg? Zum Einfluss des Body-Maß-Index auf den Karriereerfolg. *Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung* 2011; 63(6): 609–31 [https://doi.org/10.1007/BF03372854]
- [3] Piza Katzer H, Kummer S. Schönheitschirurgie am ethischen Prüfstand. *Imago Hominis* 2007; (4): 297-306.
- [4] Meyer L, Ringberg A. Augmentation Mammoplasty—Psychiatric and Psychosocial Characteristics and Outcome in a Group of Swedish Women. *Scandinavian Journal of Plastic and Reconstructive Surgery* 1987; 21(2): 199–208 [https://doi.org/10.3109/02844318709078100]
- [5] Vereinigung der Deutschen Ästhetisch-Plastische Chirurgen (VDÄPC). *Behandlungsstatistik 2020: Mitgliederbefragung*; 2020 Mar 27.
- [6] Guyuron B, Kinney BM. *Aesthetic plastic surgery video atlas*. Maryland Heights MO: Elsevier Saunders 2012.
- [7] Yip JM, Mouratova N, Jeffery RM, Veitch DE, Woodman RJ, Dean NR. Accurate assessment of breast volume: a study comparing the volumetric gold standard (direct water displacement measurement of mastectomy specimen) with a 3D laser scanning technique. *Ann Plast Surg* 2012; 68(2): 135–41 [https://doi.org/10.1097/SAP.0b013e31820ebdd0][PMID: 21587046]
- [8] Cheng F, Cen Y, Liu C, Liu R, Pan C, Dai S. Round versus Anatomical Implants in Primary Cosmetic Breast Augmentation: A Meta-Analysis and Systematic Review. *Plast Reconstr Surg* 2019; 143(3): 711–21 [https://doi.org/10.1097/PRS.0000000000005371][PMID: 30601325]
- [9] Friedman T, Davidovitch N, Schefflan M. Comparative double blind clinical study on round versus shaped cohesive gel implants. *Aesthet Surg J* 2006; 26(5): 530–6 [https://doi.org/10.1016/j.asj.2006.08.004][PMID: 19338941]

- [10] Hidalgo DA, Weinstein AL. Intraoperative Comparison of Anatomical versus Round Implants in Breast Augmentation: A Randomized Controlled Trial. *Plast Reconstr Surg* 2017; 139(3): 587–96 [https://doi.org/10.1097/PRS.0000000000003114][PMID: 28234826]
- [11] Hsia HC, Thomson JG. Differences in breast shape preferences between plastic surgeons and patients seeking breast augmentation. *Plast Reconstr Surg* 2003; 112(1): 312-20; discussion 321-2 [https://doi.org/10.1097/01.PRS.0000066365.12348.A7][PMID: 12832909]
- [12] Hammond DC. *Atlas of aesthetic breast surgery*. Edinburgh: Elsevier Saunders 2009.
- [13] Balogh B, Berger A. *Mamma, Stamm, Genitale*. Berlin: Springer 2007.
- [14] Schünke M. *Prometheus Lernatlas - Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem*. 4., überarb. und erw. Aufl. Stuttgart: Thieme 2014.
- [15] Shiffman MA. *Breast Augmentation*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg 2009.
- [16] Cooper SA. *On the anatomy of the breast, volume I*. Longman, Orme, Green, Brown and Longmans 1840.
- [17] Matousek SA, Corlett RJ, Ashton MW. Understanding the fascial supporting network of the breast: key ligamentous structures in breast augmentation and a proposed system of nomenclature. *Plast Reconstr Surg* 2014; 133(2): 273–81 [https://doi.org/10.1097/01.prs.0000436798.20047.dc][PMID: 24469163]
- [18] Rehnke R d., Groening RM, van Buskirk ER, Clarke JM. *Anatomy of the Superficial Fascia System of the Breast: A Comprehensive Theory of Breast Fascial Anatomy*. *Plast Reconstr Surg* 2018; 142(5): 1135–44 [https://doi.org/10.1097/PRS.0000000000004948][PMID: 30511967]
- [19] Beale S, Lambert G, Lisper Ho. *Ann Plast Surg: Augmentation mammoplasty: The surgical and psychological effect of the operation and prediction of the result*. *Ann Plast Surg* 1984; 13(4): 281–97.
- [20] Elizabeth R. Didie and David B. Sarwer. Factors that influence the decision to undergo cosmetic breast augmentation surgery. *Journal of women's health* 2003; 12(3).



- [21] Canice E, Crerand P, Alison L, Infield BA, David B, Sarwer P. Psychological considerations in cosmetic breast augmentation. *Plastic Surgical Nursing* 2007; 27(3): 147–54.
- [22] Foustanos A, Pantazi L, Zavrides H. Representations in plastic surgery: the impact of self-image and self-confidence in the work environment. *Aesthetic Plast Surg* 2007; 31(5): 435-442 [https://doi.org/10.1007/s00266-006-0070-3][PMID: 17578637]
- [23] Klassen AF, Pusic AL, Scott A, Klok J, Cano SJ. Satisfaction and quality of life in women who undergo breast surgery: a qualitative study. *BMC Womens Health* 2009; 9: 1–8 [https://doi.org/10.1186/1472-6874-9-11][PMID: 19409078]
- [24] Rzepa T, Grzesiak W, Zaborski D, Modrzejewski A, Pastucha M. Physical attractiveness and self-assessment before and after breast augmentation. *Ann Plast Surg* 2014; 72(6): 618–24 [https://doi.org/10.1097/SAP.0b013e31826aeffe][PMID: 23486146]
- [25] Brown TP, Ringrose C, Hyland RE, Cole AA, Brotherston TM. A method of assessing female breast morphometry and its clinical application. *Br J Plast Surg* 1999; 52(5): 355–9 [https://doi.org/10.1054/bjps.1999.3110][PMID: 10618977]
- [26] Araco A, Gravante G, Araco F, *et al.* Breast asymmetries: a brief review and our experience. *Aesth Plast Surg* 2006; 30(3): 309–19 [https://doi.org/10.1007/s00266-005-0178-x][PMID: 16733775]
- [27] Klinger M, Caviglioli F, Giannasi S, *et al.* The prevalence of tuberous/constricted breast deformity in population and in breast Augmentation and Reduction Mammoplasty Patients. *Aesthetic Plast Surg* 2016; 40(4): 492–6 [https://doi.org/10.1007/s00266-016-0650-9][PMID: 27271839]
- [28] Sarwer DB. The psychological aspects of cosmetic breast augmentation. *Plast Reconstr Surg* 2007; 120(7): 110-117 [https://doi.org/10.1097/01.prs.0000286591.05612.72][PMID: 18090820]
- [29] Young VL, Nemecek JR, Nemecek DA. The efficacy of breast augmentation: breast size increase, patient satisfaction, and pschological effects. *Plast Reconstr Surg* 1993; 94(7).

- [30] Schlebusch L, Levin A. A psychological profile of women selected for augmentation mammoplasty. *South African medical journal* 1983; 64(13): 481–3 [PMID: 6623227]
- [31] Schlebusch L. Negative bodily experience and prevalence of depression in patients who request augmentation mammoplasty. *South African medical journal* 1989; 75(7): 323–6 [PMID: 2928880]
- [32] Crerand CE, Franklin ME, Sarwer DB. Body dysmorphic disorder and cosmetic surgery. *Plast Reconstr Surg* 2006; 118(7): 167-180 [https://doi.org/10.1097/01.prs.0000242500.28431.24][PMID: 17102719]
- [33] Phillips KA, Grant J, Siniscalchi J, Albertini RS. Surgical and nonpsychiatric medical treatment of patients with body dysmorphic disorder. *Psychosomatics* 2001; 42(6): 504–10 [https://doi.org/10.1176/appi.psy.42.6.504][PMID: 11815686]
- [34] Teitelbaum S. The inframammary approach to breast augmentation. *Clin Plast Surg* 2009; 36(1): 33-43 [https://doi.org/10.1016/j.cps.2008.08.008][PMID: 19055959]
- [35] Reichenberger MA, Biedermann N, Germann G. Ästhetische Mammaaugmentation. *Der Chirurg* 2011; 82(9): 782–8 [https://doi.org/10.1007/s00104-011-2108-6][PMID: 21833812]
- [36] Hendricks H. Complete submuscular breast augmentation: 650 cases managed using an alternative surgical technique. *Aesthetic Plast Surg* 2007; 31(2): 147–53 [https://doi.org/10.1007/s00266-006-0128-2][PMID: 17235463]
- [37] Schönheitsoperationen München. Waterfall Deformity: Alle Infos dazu | Dr. Lenz München; 2020 [cited 2021 December 21] Available from: URL: <https://www.schoenheitsoperationen-drrenz.de/brust-op/brustvergroesserung/waterfall-deformity/#waterfall-und-snoopy-nose-deformity>.
- [38] Ballard TNS, Hill S, Nghiem BT, *et al.* Current Trends in Breast Augmentation: Analysis of 2011-2015 Maintenance of Certification (MOC) Tracer Data. *Aesthet Surg J* 2018; 1–9 [https://doi.org/10.1093/asj/sjy176][PMID: 30052760]

- [39] Swanson E. The Supra-Inframammary Fold Approach to Breast Augmentation: Avoiding a Double Bubble. *Plastic and reconstructive surgery-Global open* 2017; 5(7): 1-9  
[<https://doi.org/10.1097/GOX.0000000000001411>][PMID: 28831352]
- [40] Wan D, Rohrich RJ. Modern Primary Breast Augmentation: Best Recommendations for Best Results. *Plast Reconstr Surg* 2018; 142(6): 933-946  
[<https://doi.org/10.1097/PRS.0000000000005050>][PMID: 30489535]
- [41] Spear SL, Murphy DK. Natrelle round silicone breast implants: Core Study results at 10 years. *Plast Reconstr Surg* 2014; 133(6): 1354–61  
[<https://doi.org/10.1097/PRS.0000000000000021>][PMID: 24867717]
- [42] Handel N, Silverstein MJ, Jensen JA, Collins A, Zierk K. Comparative experience with smooth and polyurethane breast implants using the Kaplan-Meier method of survival analysis. *Plast Reconstr Surg* 1991; 88(3): 475–81  
[<https://doi.org/10.1097/00006534-199109000-00015>][PMID: 1871226]
- [43] Barnsley GP, Sigurdson LJ, Barnsley SE. Textured surface breast implants in the prevention of capsular contracture among breast augmentation patients: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Plast Reconstr Surg* 2006; 117(7): 2182–90  
[<https://doi.org/10.1097/01.prs.0000218184.47372.d5>][PMID: 16772915]
- [44] Malahias M, Jordan DJ, Hughes LC, Hindocha S, Juma A. A literature review and summary of capsular contracture: An ongoing challenge to breast surgeons and their patients. *International Journal of Surgery Open* 2016; 3: 1–7  
[<https://doi.org/10.1016/j.ijso.2016.04.001>]
- [45] Pompei S, Evangelidou D, Arelli F, Ferrante G. The Modern Polyurethane-Coated Implant in Breast Augmentation: Long-Term Clinical Experience. *Aesthet Surg J* 2016; 36(10): 1124–9  
[<https://doi.org/10.1093/asj/sjw171>][PMID: 27677825]
- [46] Ersek RA. Rate and incidence of capsular contracture: a comparison of smooth and textured silicone double-lumen breast prostheses. *Plast Reconstr Surg* 1991; 87(5): 879–84  
[PMID: 2017497]
- [47] Duxbury PJ, Harvey JR. Systematic review of the effectiveness of polyurethane-coated compared with textured silicone implants in breast surgery. *J Plast Reconstr*

- Aesthet Surg 2016; 69(4): 452–60  
[\[https://doi.org/10.1016/j.bjps.2016.01.013\]](https://doi.org/10.1016/j.bjps.2016.01.013)[PMID: 26887685]
- [48] FDA. Medical Device Reports of Breast Implant-Associated Anaplastic Large Cell Lymphoma 2019 Jul 24.
- [49] Kricheldorf J, Fallenberg EM, Solbach C, Gerber-Schäfer C, Rancsó C, Fritschen U von. Breast Implant-Associated Lymphoma. *Dtsch Arztebl Int* 2018; 115(38): 628–35  
[\[https://doi.org/10.3238/arztebl.2018.0628\]](https://doi.org/10.3238/arztebl.2018.0628)[PMID: 30373708]
- [50] Cárdenas-Camarena L, Encinas-Brambila J. Round gel breast implants or anatomic gel breast implants: which is the best choice? *Aesthetic Plast Surg* 2009; 33(5): 743–51  
[\[https://doi.org/10.1007/s00266-009-9370-8\]](https://doi.org/10.1007/s00266-009-9370-8)[PMID: 19484175]
- [51] Westreich M. Anthropomorphic Breast Measurement: Protocol and Results in 50 Women with Aesthetically Perfect Breasts and Clinical Application. *Plast Reconstr Surg* 1997; (100): 468–79.
- [52] Jacobs, R.A. and D.C. Plastic Surgery Educational Foundation. Three-dimensional photography. *Plast Reconstr Surg Glob Open* 2001; 107(1): 267–77.
- [53] Losken A, Seify H, Denson DD, Paredes AA, Carlson GW. Validating Three-Dimensional Imaging of the Breast. *Ann Plast Surg* 2005; 54(5): 471–6  
[\[https://doi.org/10.1097/01.sap.0000155278.87790.a1\]](https://doi.org/10.1097/01.sap.0000155278.87790.a1)
- [54] Kovacs L, Eder M, Hollweck R, *et al.* Comparison between breast volume measurement using 3D surface imaging and classical techniques. *Breast* 2007; 16(2): 137–45  
[\[https://doi.org/10.1016/j.breast.2006.08.001\]](https://doi.org/10.1016/j.breast.2006.08.001)[PMID: 17029808]
- [55] Roostaeian J, Adams WP. Three-Dimensional Imaging for Breast Augmentation: Is This Technology Providing Accurate Simulations? *Aesthet Surg J* 2014; 34(6): 857–75  
[\[https://doi.org/10.1177/1090820X14538805\]](https://doi.org/10.1177/1090820X14538805)[PMID: 24970274]
- [56] Tzou C-HJ, Artner NM, Pona I, *et al.* Comparison of three-dimensional surface-imaging systems. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2014; 67(4): 489–97  
[\[https://doi.org/10.1016/j.bjps.2014.01.003\]](https://doi.org/10.1016/j.bjps.2014.01.003)[PMID: 24529695]

- [57] Professional 3D scanning solutions | Artec&nbsp;, 3D. 3D Object Scanner Artec Eva | Best Structured-light 3D Scanning Device; 2022 [cited 2022 January 22] Available from: URL: <https://www.artec3d.com/portable-3d-scanners/artec-eva>.
- [58] Kovacs L, Eder M, Zimmermann A, *et al.* Three-dimensional evaluation of breast augmentation and the influence of anatomic and round implants on operative breast shape changes. *Aesthetic Plast Surg* 2012; 36(4): 879–87 [<https://doi.org/10.1007/s00266-012-9892-3>][PMID: 22535137]
- [59] Eder M, v Waldenfels F, Sichtermann M, *et al.* Three-dimensional evaluation of breast contour and volume changes following subpectoral augmentation mammoplasty over 6 months. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2011; 64(9): 1152–60 [<https://doi.org/10.1016/j.bjps.2011.03.037>][PMID: 21550866]
- [60] Eder M, Waldenfels FV, Swobodnik A, *et al.* Objective breast symmetry evaluation using 3-D surface imaging. *Breast* 2012; 21(2): 152–8 [<https://doi.org/10.1016/j.breast.2011.07.016>][PMID: 21849246]
- [61] Runz A de, Boccara D, Bertheuil N, Claudot F, Brix M, Simon E. Three-dimensional imaging, an important factor of decision in breast augmentation. *Ann Chir Plast Esthet* 2018; 63(2): 134–9 [<https://doi.org/10.1016/j.anplas.2017.07.019>][PMID: 28911890]
- [62] Vorstenbosch J, Islur A. Correlation of Prediction and Actual Outcome of Three-Dimensional Simulation in Breast Augmentation Using a Cloud-Based Program. *Aesthetic Plast Surg* 2017; 41(3): 481–90 [<https://doi.org/10.1007/s00266-017-0830-2>][PMID: 28289827]
- [63] Xi W, Perdanasari AT, Ong Y, *et al.* Objective breast volume, shape and surface area assessment: a systematic review of breast measurement methods. *Aesthetic Plast Surg* 2014; 38(6): 1116–30 [<https://doi.org/10.1007/s00266-014-0412-5>][PMID: 25338712]
- [64] Koban KC, Cotofana S, Frank K, *et al.* Precision in 3-Dimensional Surface Imaging of the Face: A Handheld Scanner Comparison Performed in a Cadaveric Model. *Aesthet Surg J* 2018 [<https://doi.org/10.1093/asj/sjy242>][PMID: 30239592]
- [65] Lotter L, Brébant V, Eigenberger A, *et al.* "Topographic Shift": a new digital approach to evaluating topographic changes of the female breast. *Arch Gynecol*

- Obstet 2021; 303(2): 515–20  
[<https://doi.org/10.1007/s00404-020-05837-3>][PMID: 33079242]
- [66] Professional 3D scanning solutions | Artec&nbsp;, 3D. 3D scanners; 2022 [cited 2022 January 22] Available from: URL: <https://www.artec3d.com/portable-3d-scanners>.
- [67] Koban KC, Titze V, Etzel L, Frank K, Schenck T, Giunta R. Quantitative volumetrische Analyse der unteren Extremität: Validierung gegenüber etablierter Maßbandmessung und Wasserverdrängung. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 2018; 50(6): 393–9  
[<https://doi.org/10.1055/a-0770-3445>][PMID: 30620977]
- [68] Kovacs L, Eder M, Papadopulos NA, Biemer E. Validating 3-dimensional imaging of the breast. *Ann Plast Surg* 2005; 55(6): 695–6  
[PMID: 16327480]
- [69] Bulstrode N, Bellamy E, Shrotria S. Breast volume assessment: comparing five different techniques. *Breast* 2001; 10(2): 117–23  
[<https://doi.org/10.1054/brst.2000.0196>][PMID: 14965570]
- [70] Lotter L, Zucal I, Brébant V, *et al.* Intraoperative 3D Comparison of Round and Anatomical Breast Implants: Dispelling a Myth. *JCM* 2022; 11(1): 149  
[<https://doi.org/10.3390/jcm11010149>]
- [71] Hamas R. The comparative dimensions of round and anatomical saline-filled breast implants. *Aesthet Surg J* 2000; 20(4): 281–90  
[<https://doi.org/10.1067/maj.2000.109554>]
- [72] Al-Ajam Y, Marsh DJ, Mohan AT, Hamilton S. Assessing the augmented breast: a blinded study comparing round and anatomical form-stable implants. *Aesthet Surg J* 2015; 35(3): 273–8  
[<https://doi.org/10.1093/asj/sju053>][PMID: 25805281]
- [73] Adams WP, Mallucci P. Breast augmentation. *Plast Reconstr Surg* 2012; 130(4): 597-611  
[<https://doi.org/10.1097/PRS.0b013e318262f607>][PMID: 23018721]
- [74] Adams WP, Small KH. The Process of Breast Augmentation with Special Focus on Patient Education, Patient Selection and Implant Selection. *Clin Plast Surg* 2015; 42(4): 413–26  
[<https://doi.org/10.1016/j.cps.2015.06.001>][PMID: 26408433]

- [75] Cordeiro PG, McGuire P, Murphy DK. Natrelle 410 Extra-Full Projection Silicone Breast Implants: 2-Year Results from Two Prospective Studies. *Plast Reconstr Surg* 2015; 136(4): 638–46 [https://doi.org/10.1097/PRS.0000000000001636][PMID: 26090764]
- [76] Hedén P, Montemurro P, Adams WP, Germann G, Schefflan M, Maxwell GP. Anatomical and Round Breast Implants: How to Select and Indications for Use. *Plast Reconstr Surg* 2015; 136(2): 263–72 [https://doi.org/10.1097/PRS.0000000000001474][PMID: 26218376]
- [77] Rubi CG, Lozano JA, Pérez-Espadero A, Leache ME. Comparing Round and Anatomically Shaped Implants in Augmentation Mammoplasty: The Experts' Ability to Differentiate the Type of Implant. *Plast Reconstr Surg* 2017; 139(1): 60–4 [https://doi.org/10.1097/PRS.0000000000002896][PMID: 28027228]
- [78] Kovacs L, Yassouridis A, Zimmermann A, *et al.* Optimization of 3-dimensional imaging of the breast region with 3-dimensional laser scanners. *Ann Plast Surg* 2006; 56(3): 229–36 [https://doi.org/10.1097/01.sap.0000197774.80832.24][PMID: 16508349]
- [79] Catanuto G, Spano A, Pennati A, *et al.* Experimental methodology for digital breast shape analysis and objective surgical outcome evaluation. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2008; 61(3): 314–8 [https://doi.org/10.1016/j.bjps.2006.11.016][PMID: 18267311]
- [80] Schwartz MR. Evidence-Based Medicine: Breast Augmentation. *Plast Reconstr Surg* 2017; 140(1): 109e-119e [https://doi.org/10.1097/PRS.0000000000003478][PMID: 28654612]
- [81] Tebbetts JB, Adams WP. Five critical decisions in breast augmentation using five measurements in 5 minutes: the high five decision support process. *Plast Reconstr Surg* 2006; 118(7 Suppl): 35S-45S [https://doi.org/10.1097/01.prs.0000191163.19379.63][PMID: 17099482]
- [82] Broer PN, Juran S, Walker ME, *et al.* Aesthetic breast shape preferences among plastic surgeons. *Ann Plast Surg* 2015; 74(6): 639–44 [https://doi.org/10.1097/SAP.0000000000000001][PMID: 24691316]
- [83] Hidalgo DA. Breast Augmentation: Choosing the Optimal Incision, Implant, and Pocket Plane. *Plast Reconstr Surg* 2000; (105): 2202–16.

[84] Tebbetts JB. A system for breast implant selection based on patient tissue characteristics and implant-soft tissue dynamics. *Plast Reconstr Surg* 2002; 109(4): 1396-409; discussion 1410-5  
[<https://doi.org/10.1097/00006534-200204010-00030>][PMID: 11964998]



## **Danksagung**

Herrn Prof. Dr. Dr. Lukas Prantl, meinem Doktorvater, möchte ich für die freundliche Überlassung des interessanten Themas und die tatkräftige Unterstützung bei der Akquirierung der Daten bedanken.

Mein besonderer Dank gilt auch Herrn Dr. Daniel Schiltz für die überaus gute Betreuung der Dissertation. Seine unermüdlich aufbauenden Worte sowie sein dauerhaftes Bestreben, Probleme gemeinsam zu lösen, haben maßgeblich zur Erstellung der Arbeit beigetragen.

Weiterhin möchte ich mich beim gesamten Team der Abteilung für Plastische, Hand- und Wiederherstellungschirurgie der Universität Regensburg, insbesondere bei Frau Dr. Vanessa Brébant, bedanken. Das gesamte Team nahm mich herzlichst auf und unterstützte mich in jeder Hinsicht bei der Durchführung der Studie.

Ich möchte mich außerdem bei allen weiteren Personen bedanken, die direkt oder indirekt Teil dieser Arbeit sind:

Ein ganz besonderer Dank geht an meine Eltern, die mir das Studium ermöglicht haben und mir auch während der Anfertigung der Doktorarbeit immerzu unterstützend und liebevoll zur Seite standen. Ganz besonderen Dank dafür, dass Sie immer das Beste für meinen Bruder und mich wollen und alles Erdenkliche bereit sind, dafür zu geben.

Ganz großer Dank geht auch an meinen Bruder. Sein beständiger positiver Zuspruch und sein unerschütterlicher Glaube an mich haben einen großen Teil zur Erstellung der Dissertation beigetragen. Seine Unterstützung in jeder Lebenslage bedeutet mir unglaublich viel.

Allen meinen lieben Freunden danke ich für die Ausdauer, Ruhe und Freude, womit sie mir das gesamte Studium stets zur Seite standen und mich immer wieder aufgemuntert haben.

Bei der Firma POLYTECH Health & Aesthetics GmbH bedanke ich mich für die finanzielle Unterstützung dieser Arbeit.