

**Analyse eines menschlichen Schädels und
dreidimensionale Gesichtsrekonstruktion
nach der russischen Methode**

Maturaarbeit 2018 im Fach Biologie an der Kantonsschule Sursee



Autorin

*Miotti Silvia, 6K
Haldenweid 24
6214 Schenkon*

Betreuer

*Isenegger Christoph
Dorfstrasse 32B
6005 Luzern*

Abstract

In der vorliegenden Arbeit wurden zwei menschliche Schädel analysiert. Beide Schädel sind im Besitz der Kantonsschule Sursee. Schädel A stammte noch aus der Zeit der früheren Kantonsschule St. Gregor vor 1972 und war bereits dreimal Gegenstand vorhergehender Maturaarbeiten, wobei man herausfand, dass es sich um eine männliche, europäische Person mit leicht asiatischen Zügen im Alter zwischen 25 und 35 Jahren handelt. Ausserdem wurden zahnforensische Untersuchungen und eine zweidimensionale Gesichtskonstruktion durchgeführt.

Schädel B kommt aus den 1960er Jahren aus dem Rechtsmedizinischen- und Pathologischen Institut der Universität Zürich.

Ziel der Arbeit war es, Alter, Geschlecht, Ethnie und allfällige Pathologien von Schädel B zu bestimmen und eine dreidimensionale Gesichtskonstruktion von Schädel A nach der russischen Methode zu erstellen.

Ober- und Unterkiefer von Schädel B gehören vermutlich nicht zu derselben Person. So konnte der Oberkiefer als weibliche, kaukasische Person mit leicht mongolidem Einschlag, wahrscheinlich im jüngeren Erwachsenenalter eingeordnet werden. Zudem wurden am Oberkiefer von Schädel B eine Nasenscheidewandverkrümmung und eine wenig ausgeprägte Brachycephalie festgestellt. Der Unterkiefer hingegen konnte ziemlich eindeutig als männlich, europäisch und einige Jahre älter eingestuft werden. Bezüglich Pathologien ist am Unterkiefer eine Parodontitis erkennbar.

Zu Schädel A wurde ein Duplikat aus dem 3D-Drucker und eine dreidimensionale Gesichtskonstruktion nach der russischen Methode mit Plastilin angefertigt.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Allgemein	1
1.2	Die Schädelanalyse	1
1.2.1	Alter	1
1.2.1.1	Verknöcherungsgrad der Schädelnähte	1
1.2.1.2	Gebiss	2
1.2.2	Geschlecht	3
1.2.3	Ethnie	5
1.2.4	Pathologie	6
1.3	Gesichtskonstruktion	6
1.3.1	Historischer Hintergrund	6
1.3.2	Anwendungsgebiete bis heute	6
1.3.2.1	Kunst	6
1.3.2.2	Medizin	7
1.3.2.3	Kriminalistik	8
1.3.3	Zweidimensionale Rekonstruktionsverfahren	8
1.3.3.1	Zeichnerische Methode	8
1.3.4	Dreidimensionale Rekonstruktionsverfahren	9
1.3.4.1	Russische Methode	9
1.3.4.2	Amerikanische Methode	10
1.3.4.3	Computergestützte Methode	10
1.3.5	Dreidimensionale russische Gesichtswerteilrekonstruktion	11
1.3.5.1	Das Schädelduplikat	11
1.3.5.2	Das Positionieren des Schädels (Frankfurter Horizontale)	11
1.3.5.3	Gesichtswerteilmarker	12
1.3.5.4	Muskeln	16
1.3.5.5	Drüsen	16
1.3.5.6	Augen	17
1.3.5.7	Nase	17
1.3.5.8	Mund	18
1.3.5.9	Ohren	19
1.3.5.10	Haut	20
1.3.5.11	Augenbrauen	20
1.3.5.12	Haare	21
1.3.5.13	Hals	21
1.3.5.14	Weitere Details	21
1.4	Fragestellungen dieser Arbeit	21
2	Material und Methode	22

Analyse eines menschlichen Schädels und dreidimensionale Gesichtskonstruktion nach der russischen Methode

2.1	Material	22
2.1.1	Untersuchte Schädel	22
2.1.2	Weitere Materialien	26
2.2	Methode	27
2.2.1	Vor der Rekonstruktion	27
2.2.2	Prozedur nach russischer Methode	29
3	Resultate	31
3.1	Analyse von Schädel B	31
3.1.1	Allgemein	31
3.1.2	Präparation	32
3.1.3	Alter	32
3.1.3.1	Verknöcherungsgrad der Schädelnähte	32
3.1.3.2	Gebiss	32
3.1.4	Geschlecht	33
3.1.5	Ethnie	33
3.1.6	Pathologie	34
3.2	Schädel A	34
3.2.1	Dreidimensionale Gesichtskonstruktion	34
3.2.1.1	Berechnungen am Schädel	34
3.2.1.2	Bilder	35
4	Diskussion	45
4.1	Schädel B	45
4.1.1	Allgemein	45
4.1.2	Präparation	45
4.1.3	Alter	46
4.1.4	Geschlecht	46
4.1.5	Ethnie	47
4.1.6	Pathologie	47
4.2	Schädel A	47
4.2.1	Dreidimensionale Gesichtskonstruktion	47
4.3	Vorschläge für Folgeuntersuchungen	49
5	Reflexion	50
6	Quellenverzeichnis	51
6.1	Druck- und Onlinequellen	51
6.2	Mündliche Mitteilungen	52
6.3	Mailquellen	52
7	Danksagung	53
8	Anhang	55
8.1	Bildmaterial aus STL-Dateien	55
9	Deklaration	60

1 Einleitung

1.1 Allgemein

Menschliche Schädel können auf unterschiedliche Weise analysiert und erforscht werden. So kann man ausschliesslich anhand Beobachtungen am Schädel das Geschlecht, die Ethnizität, das Lebensalter sowie allfällige Pathologien der verstorbenen Person bestimmen. Ausschlaggebend sind zudem zwei- oder dreidimensionale Gesichtskonstruktionen, die über das Aussehen des Besitzers Aufschluss geben können und somit sowohl in der Kriminalistik als auch in der Kunst, Medizin und Anthropologie eine zentrale Rolle spielen.

1.2 Die Schädelanalyse

1.2.1 Alter

Altersschätzungen am Schädel lassen sich anhand des Verknöcherungsgrades der Schädelnähte vornehmen, allerdings gilt dieses Kriterium als sehr variabel und folglich auch als unzuverlässig. Deswegen empfiehlt sich die Abklärung des Zustandes und Präsenz der Zähne, was besonders bei Kindern eine ziemlich sichere Methode darstellt.

Um eine genauere und zuverlässigere Altersbestimmung durchzuführen, greift man auf DNA-Tests, Zahnzement- und/oder Zahnschmelzanalysen zurück. [1]

1.2.1.1 Verknöcherungsgrad der Schädelnähte

Um den Verknöcherungsgrad der Schädelnähte zu bestimmen, werden die Kranz- (C1-C3) und Lambdanaht (L1-L3) in drei, sowie die Pfeilnaht (S1-S4) in vier Abschnitte (Abb. 1), unterteilt. Jeder dieser Abschnitte wird nach Abbildung 2 in eine von fünf Phasen (0-4) eingeteilt, wobei der Verknöcherungsgrad bei 0 am tiefsten und bei 4 am höchsten ist. Die entstandenen Werte werden addiert und anschliessend durch 16 geteilt. [2]

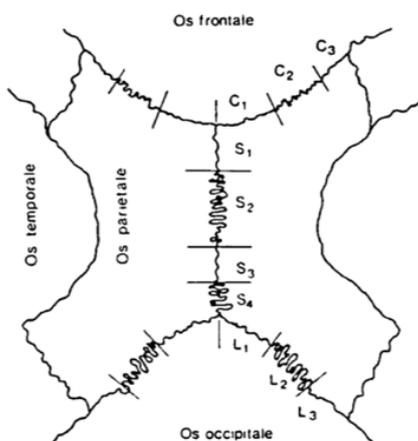


Abb. 1: Schädelnaht mit unterteilten Schädelnähten von oben.
Os frontale = Stirnregion [3]

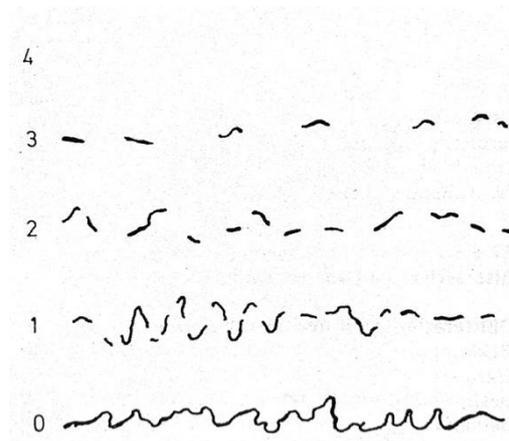


Abb. 2: Fünf Phasen der Verknöcherung der Schädelnähte [2]

Der ermittelte Wert des Verknöcherungsgrades erlaubt eine grobe Einschätzung des Alters:

Tab. 1: Altersbestimmung anhand der Verknöcherung der Schädelnähte [2]

Phase	Verknöcherungsgrad	Altersbereich	Mittleres Alter
I	0.4-1.5	15-40 Jahre	28.6 Jahre
II	1.6-2.5	30-60 Jahre	43.7 Jahre
III	2.6-2.9	35-65 Jahre	49.1 Jahre
IV	3.0-3.9	45-75 Jahre	60.0 Jahre
V	4.0	50-80 Jahre	65.4 Jahre

1.2.1.2 Gebiss

Vor der Altersbestimmung anhand der Zähne muss zunächst geklärt werden, ob die Entwicklung der bleibenden Zähne abgeschlossen ist.

Tab. 2: Altersbestimmung anhand des Gebisses [1], [4]

Gebiss	Alter
Milchzähne noch nicht durchbrochen	Unter 6 Jahren
Bleibende Zähne unvollständig durchbrochen	7-14 Jahre
Bleibende Zähne vollständig durchbrochen, Durchbruch Weisheitszahn	14-25 Jahre

Ist die Entwicklung aller bleibenden Zähne (inklusive Weisheitszähne) vollständig vollendet, werden weitere altersspezifische Merkmale untersucht.

Tab. 3: Altersspezifische Merkmale am vollständig entwickelten Gebiss [1]

Merkmal	Eher junges Alter	Eher fortgeschrittenes Alter
Allgemeiner Zustand	Gut erhalten	Schlecht erhalten
Vollständigkeit des Gebisses	Keine fehlenden Zähne	Fehlende Zähne
Abrasion	Schwach	Stark
Verfärbung	Schwach	Stark
Mängel, Pathologien ¹	Keine	Können auftreten

¹ Beispielsweise Karies, Zahnstein oder Parodontitis.

1.2.2 Geschlecht

Bei der Erforschung des Geschlechts bietet sich ebenfalls ein DNA-Test an, ansonsten eignet sich für die Geschlechtsbestimmung am Skelett das Becken am besten. Jedoch kann man auch anhand des Schädels gewisse geschlechterspezifische Eigenschaften untersuchen. [1]

Tab. 4: Zusammenstellung geschlechtsspezifischer Merkmale des Erwachsenenschädels [1], [2], [5], [6]

Merkmal	Typisch Mann	Typisch Frau
Gesamterscheinung	Unebene Oberfläche, kräftig	Rund, glatte Oberfläche, grazil
Grösse	Gross, voluminös	Klein
Muskelansatzlinien	Ausgeprägt	Wenig ausgeprägt
Augenbrauenwülste	Ausgeprägt	Wenig ausgeprägt
Glabella	Ausgeprägt	Wenig ausgeprägt
Mastoid	Gross, voluminös, breitbasig	Klein, schmalbasig
Stirnbein- und Scheitelbeinhöcker	Eher nicht abgrenzbar	Eher abgrenzbar
Gaumen	Gross, gleichmässig U-förmig	Klein, parabolisch
Augenhöhlen	Niedrig, eckig, klein, abgerundete Ränder, dick, sitzen tief	Hoch, rundlich, gross, scharfe Ränder, dünn, sitzen hoch
Stirn	Nach hinten fliehend	Hoch, steil, gerundet
Zähne	Gross, erster Molar zeigt häufig 5 statt 4 Spitzen auf der Kaufläche	Klein
Jochbogen	Beginnt hinter/unterhalb des äusseren Gehörgangs und wölbt sich nach aussen	Wölbt sich wenig nach aussen
Arcus superciliaris	Gross, stark hervortretend, abgerundet	Klein, wenig hervortretend, scharf
Unterkiefer allgemein	Gross, fest, die Kinnregion ist eckig, die Kinnschuppe ist prominent, die Symphysenhöhe ist gross, und der Unterkieferast ist breit, stark und steil	Klein, das Kinn ist abgerundet, die Kinnschuppe ist wenig ausgeprägt, die Symphysenhöhe ist klein, und der Unterkieferast ist schmal und flach
Nasenzwischenraum	Gut ausgebildet, gegen die Nasenzwischenraum abgesetzt	Schwach ausgebildet, fließender Übergang zur Nasenzwischenraum
Überaugenregion	Ausgeprägt, rau	Schwach ausgeprägt, glatt
Nacktmuskelnansatzstelle	Leistenbildung, abgesetzt	Eher Glatt, wenig ausgeprägt
Mentum	Kräftig	Klein, gerundet, glatt
Gonionwinkel	Eher rechtwinklig	Stumpf
Gonion	Rau, seitlich ausgezogen	Glatt
Nasenbein	Stark hervorstehend	Wenig hervorstehend

Zudem könnte das Geschlecht anhand von geschlechtsdifferenten Einzelmassen noch genauer bestimmt werden, indem einzelne Schädelteile ausgemessen werden. [2]



Abb. 3: Männlicher Erwachsenenschädel [5]

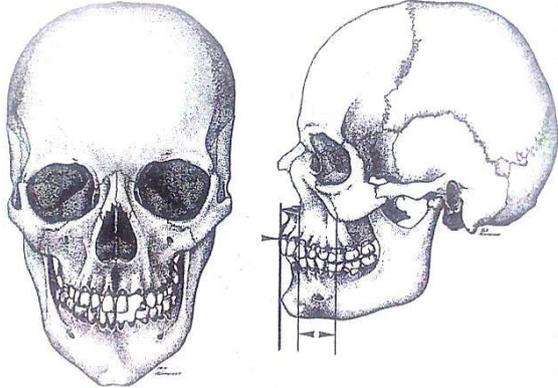
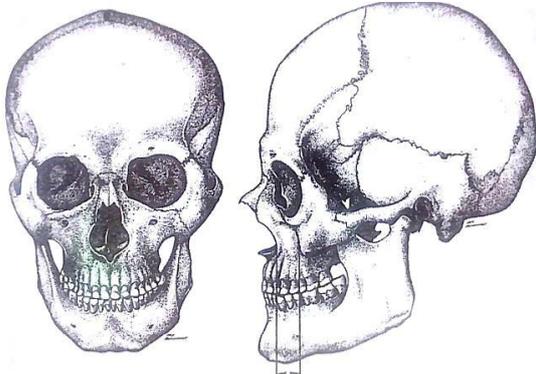
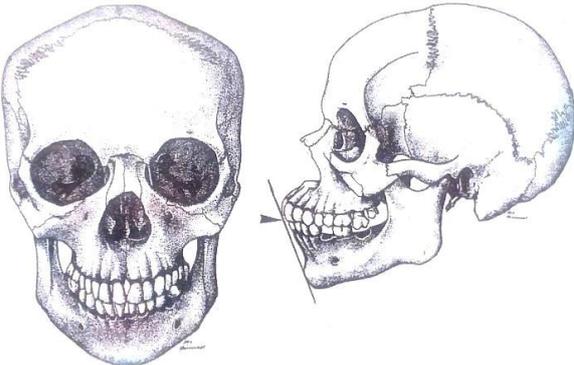


Abb. 4: Weiblicher Erwachsenenschädel [5]

1.2.3 Ethnie

Zur Herkunftsbestimmung eines Skeletts eignet sich der Schädel nebst eines DNA-Tests mit am besten, da vor allem das Gesicht der verschiedenen ethnischen Gruppen divergiert. Man unterscheidet zwischen dem kaukasischen (europäischen), mongoliden (asiatischen) und negriden (afrikanischen) Schädel.

Tab. 5: Ethnische Merkmale am Schädel [1], [2], [4], [7]

	<p>Kaukasischer Schädel</p> <p>Mit einem senkrecht aufgelegten Bleistift lassen sich Kinnspitze und Unterrand der Nasenöffnung gleichzeitig berühren, dies ist beim negriden Schädel nicht möglich. Vom mongoliden Schädel unterscheidet sich der kaukasische Schädel durch die deutlich weiter zurückliegenden Jochbögen. Der Schädel ist hoch und schmal mit abgerundeter Scheitelkontur. Die Zähne weisen einen Vorbiss der oberen Schneidezähne über den unteren Schneidezähnen auf.</p>
	<p>Mongolider Schädel</p> <p>Der Jochbogen liegt relativ gering zurück, und die Augenhöhlen sind rund. Bei seitlicher Betrachtung liegen der laterale Augenhöhlerand und der Jochbeinkörper fast in einer Ebene. Der Nasenstachel ist deutlich erkennbar, die Nasenöffnung viel höher als weit. Im Unterschied zum kaukasischen Schädel findet sich kein Vorbiss der Oberkieferschneidezähne über die Unterkieferschneidezähne. Der Schädel ist mittelhoch und breit.</p>
	<p>Negrider Schädel</p> <p>Der Oberkiefer tritt auffällig hervor und geht ansatzlos in die Nasenöffnung über, welche gleich breit wie hoch ist. Der Nasenstachel ist nicht sehr ausgeprägt und die Augenhöhlen sind deutlich viereckig. Es ist ein niedriger, schmaler Schädel.</p>

Allgemein kann man davon ausgehen, dass es sich beim Fund eines Schädels in der Schweiz in den letzten 50 bis 100 Jahren um einen Europäer handelte. [8]

1.2.4 Pathologie

Allfällige Abnormitäten oder Pathologien vermag nur eine ausgewiesene Fachperson zu diagnostizieren, etwa Unregelmässigkeiten an Form, Grösse oder Gebiss. Auch der Vergleich mit einem durchschnittlichen, gesunden Schädel ist empfehlenswert. Mit einer Zahnschmelzanalyse können zudem Mangelerscheinungen des Verstorbenen ausfindig gemacht werden.

1.3 Gesichtsrekonstruktion

1.3.1 Historischer Hintergrund

Die dreidimensionale Gesichtsrekonstruktion hat ihre Anfänge im entferntesten Sinne im Ahnenkult. Dabei wurden schon vor mehreren Tausend Jahren die Gesichter von Verstorbenen nachgebildet und verehrt. In einigen Kulturen hatte speziell das Gesicht eine symbolische Bedeutung der Vorfahren und wurde in Riten und Zeremonien zelebriert.

Bereits im Präkeramischen Neolithikum (9500 - 6400 v. Chr.) versuchte man die Gesichter der Toten direkt auf dem Schädel der Leiche mit Gips nachzuahmen. Trotz anatomischer Ungenauigkeit, «nur» auf Ahnenkult basierend und weit entfernt von dem was man heute als korrekte Nachbildung versteht, kann man diese ersten Versuche als historisch am frühesten datierten Gesichtsrekonstruktionen bezeichnen. [8]

Die alten Ägypter fertigten hingegen sogenannte Totenmasken an, wobei das älteste Exemplar in einem Grab aus dem Jahr 1370 v. Chr. gefunden wurde. Die Masken wurden aus Wachs und Gips hergestellt und dienten der Verewigung des Verschiedenen. [5], [9]

Auch die Römer und die Christen im Mittelalter kreierten solche Abdrücke des Gesichts, ebenfalls um die Verstobenen besser in Erinnerung zu bewahren, während das Giessen von ganzen Körperteilen im 12. bis 18. Jahrhundert in Europa zum Kult wurde. [5]

Nur dank diesem Bedürfnis, das Aussehen eines Menschen bewahren zu wollen, entwickelten sich nach und nach weitere Ideen für Anwendung und Erweiterung der Gesichtsrekonstruktion, die bis heute von Nutzen sind.

1.3.2 Anwendungsgebiete bis heute

1.3.2.1 Kunst

Das Fertigen von Totenmasken erlebte seinen Höhepunkt in der italienischen Renaissance: Passend zum Humanismus, dem Wiederbeleben der Antike und den weltbekannten Skulpturen und Büsten dieser Epoche, kam auch die Totenmaske als Kunst wieder auf. Ihr Stellenwert wurde dabei deutlich erhöht, denn zu dem Zeitpunkt erkannte man den medizinischen Nutzen hinter den Nachbildungen und verwendete sie schliesslich sogar zu Forschungszwecken. [5]

Seither sind Rekonstruktionen des menschlichen Körpers aller Art sehr beliebt, besonders um be-

rühmte Personen zu verewigen. Als Paradebeispiel dazu dienen Museen wie das Wachsfigurenkabinett Madame Tussauds, wo man das nahezu perfekte Wachsduplikat Prominenter bestaunen kann. Bis heute erstellen Künstler gerne Gesichts- und auch Ganzkörperrekonstruktionen, nicht zuletzt um die menschliche Physis zu veranschaulichen; die anatomische Genauigkeit ist dabei jedoch zweitrangig.

Allgemein besteht in der Kunst eine viel grössere Interpretationsfreiheit, weil das Ziel nicht im Identifizieren einer spezifischen Person liegt. [5]

1.3.2.2 Medizin

Durch das Wiederentdecken der Totenmasken im 15. Jahrhundert in Italien, und dem Modellieren mit Wachs (beispielsweise praktiziert von Michelangelo) anstelle von einfachen Skizzen und Zeichnungen auf Papier, erkannte man den grossen medizinischen Nutzen hinter solchen dreidimensionalen Kopien des menschlichen Körpers.

Ein wichtiger Wachsbildner dieser Zeit war Giulio Gaetano Zumbo (1656-1701), der den Körper mit Wachs äusserst präzise und detailgetreu rekonstruierte. Seine Arbeit diente der Veranschaulichung



Abb. 5: Testa dello Zumbo, anatomisches Wachsmodell von Gaetano Zumbo (1695-1700) [5]

aller Teile des Organismus: Knochen, Muskeln, Drüsen, Sehnen usw. und wurde demnach zu Studienzwecken als Ersatz für Leichen verwendet. Das Aussehen und Ziel seiner Werke können mit denjenigen des Plastinators und «Körperwelten»-Schaffers Gunther von Hagens verglichen werden, obgleich letzterer mit echten Leichen arbeitet. Eine der bekanntesten Skulpturen Zumbos ist die Rekonstruktion des Gesichtes eines toten Mannes an einem echten Schädel, wozu er bereits Glasaugen verwendete (Abb. 5). [5]

Durch Zumbos perfekte Wachsmodelle verbreitete sich diese neue Kunst in ganz Europa und sorgte für ein neues Verständnis der menschlichen Physis. [5]

Wie in der Kunst ist in der Medizin, im Gegensatz zur Kriminalistik, das Aussehen des Individuums ebenfalls nebensächlich, da die

Anatomen sich für den Körper im Allgemeinen interessieren. Nichtsdestotrotz haben akkurate Gesichtsrekonstruktionen, wie wir sie heute kennen, zwingend ein korrektes Ergebnis zur Folge.

Auch heute sind Gesichts- und Körperrekonstruktionen in der Medizin vertreten: Zum Verstehen und Lernen der Anatomie oder in der plastischen Chirurgie als modernstes Beispiel. Dabei werden natürlich nur einzelne Teile des Gesichtes reproduziert, die jedoch auf den Patienten abgestimmt werden müssen, was der Individualität der Gesichteweichteilrekonstruktionen von Gerassimow gleicht.

Der russische Anthropologe, Bildhauer und Archäologe Michail Michailowitsch Gerassimow (1907-1970) entwickelte eine der bis heute bekanntesten forensischen Gesichtsrekonstruktionsmethoden. Durch Experimentieren und mit dem Wissen, das er sich während seiner Ausbildung angeeignet hatte, verfeinerte er seine Vorgehensweise und rekonstruierte mit Ton über 200 Gesichter, darunter auch Persönlichkeiten wie Friedrich Schiller und Jaroslaw der Weise. Diese sogenannte Gerassimow-, Manchester- oder russische Methode gilt als anatomisch korrekt und macht neben der amerikanischen Methode einen grossen Teil der plastischen Gesichteweichteilrekonstruktionen aus. [5], [10]

1.3.2.3 Kriminalistik

In der Kriminalistik sind die klassischen, im Gegensatz zur Kunst überaus korrekt und präzise angefertigten Gesichtsrekonstruktionen am weitesten verbreitet.

Bei speziellen Kriminalfällen ist die forensische Nachbildung des Gesichtes oft die letztmögliche Option, um eine Leiche oder Überreste davon zu identifizieren. [10]

Die Bedeutung und der Nutzen zahlreicher Rekonstruktionsmethoden in der Kriminalistik entdeckte man schon anhand der Duplikate von Gerassimow, welcher anschliessend von den Behörden gebeten wurde, Opfer ungelöster Kriminalfälle ihr Gesicht zurückzugeben. Die Plastiken des Anthropologen sollen von der Bevölkerung wiedererkannt worden sein und wurden somit entscheidend für die Ermittlung schwieriger Fälle und die Identifikation anonymer Individuen. [10]

Auch heute wird dieses, meist sehr zeitaufwendige Verfahren in seltenen Fällen in der Kriminalistik noch genutzt. Nebst der plastischen Methode greifen Experten auf zweidimensionale, zeichnerische Rekonstruktionen sowie auf computergestützte Replikate zurück.

Entscheidend sind dabei Details der Leiche, weswegen Rekonstrukteure bei Kriminalfällen besonders am Tatort interessiert sind: Möglichst viele Überbleibsel wie Kleidung, Grösse, Statur, Alter, Haar-, Augen und Hautfarbe müssen ausgemacht werden, da selbst, oder manchmal besonders Kleinigkeiten die Wiedererkennung erst ermöglichen. [10]

Die Rekonstruktionen dienen bei offensichtlichem Zutreffen auf eine bestimmte Person als Beweisstück und sind folglich essentiell bei Strafverfolgung und in Gerichtsprozessen. Trotzdem ist die tatsächliche Richtigkeit des Produkts immer fragwürdig, vor allem wenn der Schädel nicht vollkommen intakt war, nicht viel Weiteres über das Opfer herausgefunden wurde, und wenn kein Foto als klarer Vergleich und Beweis vorliegt. [5]

Allgemein ausgedrückt besteht in der Strafuntersuchungsbehörde immer das Ziel, ein wiedererkennbares Abbild eines Verstorbenen zu kreieren. [11]

1.3.3 Zweidimensionale Rekonstruktionsverfahren

1.3.3.1 Zeichnerische Methode

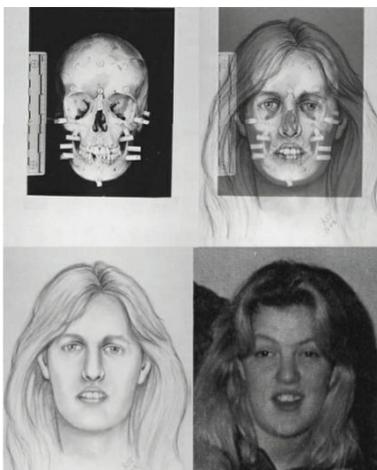


Abb. 6: Beispiel einer zweidimensionalen Gesichtsrekonstruktion am Schädel einer kaukasischen Frau [13]

Bei der zweidimensionalen, zeichnerischen Gesichtsrekonstruktion wird anhand der durchschnittlichen Gewebedicke (Kap. 1.3.5.3) das Gesicht zum Schädel gezeichnet. Die Basis dazu sind eine laterale und eine frontale Photographie des Schädels. [4]

Die Vorteile dabei sind die Schnelligkeit, der geringe Aufwand und die tiefen Kosten. Demzufolge wird diese zweidimensionale Variante der Rekonstruktion häufig bei Kriminalfällen verwendet, um schnell und einfach ein Bild einer beispielsweise unvollständigen Leiche zu erhalten. [11]

Jedoch hängt das Ergebnis stark von der individuellen Fähigkeit und Erfahrung des Erstellers ab. Zudem ist es für den Beobachter oft schwer, eine Skizze mit dem eigentlichen Gesicht einer Person zu assoziieren. [11], [12]

1.3.4 Dreidimensionale Rekonstruktionsverfahren

Bei den plastischen Gesichtskonstruktionen wird meist erst ein Duplikat des Untersuchungsgegenstandes angefertigt, um das Original nicht zu beschädigen.

Um die Dicke des Gewebes festzustellen, verwendet man standardisierte Messwerte, die sich auf ungefähr 30 Punkte (sogenannte Landmarks) am Schädel verteilen. An diesen Stellen werden die Weichteildicken, welche den jeweiligen Messwerten entsprechen, in Form von Abstandshaltern befestigt (Kap. 1.3.5.3). [11]

Anschliessend kann der Rekonstrukteur mit dem eigentlichen Verfahren beginnen; das heisst, die Punkte am Schädel mit dem gewählten Material verbinden und anhand der Muskeln, Drüsen, Haut, Nase usw. das Gesicht nachbilden. [14] Mögliche Materialien sind Wachs, Ton, Plastilin (Modelliermasse) oder, im Falle einer computergestützten Rekonstruktion, ein Programm.

Für ein möglichst vollständiges Ergebnis können Details wie Haare, Wimpern, Augenbrauen, und, wenn bekannt, Leberflecken, typische Accessoires wie Schmuck, bestimmte Kleidung, Brille o.ä. hinzugefügt werden. [11]

Der Nachteil bei allen Gesichtskonstruktionen besteht im puppenhaften Aussehen der Nachbildungen: Für ein ungeschultes Auge kann es ziemlich schwer sein, von solchen Kunstobjekten zu abstrahieren, und ein reales Gesicht vor Augen zu bekommen. [12]

1.3.4.1 Russische Methode

Bei der vom Anthropologen Gerassimow kreierten Methode werden, nach Anbringen der Weichteildicken, die Kunstaugen eingesetzt. Danach wird die gesamte Gesichtsmuskulatur aufgetragen (Abb. 7B); darüber werden Unterhaut, Drüsen und Haut aufgebracht (Abb. 7C). Je nach Ernährungsgewohnheiten (führt beispielsweise zu höherem Fettanteil) und biologischem Alter² der Person, kann bei der Gewebedicke variiert und angepasst werden, was dem Endprodukt zunehmend Authentizität verleiht.

Jeden Muskel einzeln zu formen bringt den Vorteil, dass das Ergebnis dadurch genauer wird und folglich auch echter erscheint. Durch zusätzliche Berücksichtigung der individuell ausgeprägten Muskulatur, der Essgewohnheiten und der Fitness des Verschiedenen, bringt die russische Methode durchaus zuverlässige Resultate. Gleichzeitig ist es aber ein ziemlich aufwendiges Verfahren, für das selbst geübte Rekonstrukteure im Durchschnitt um die 40 Stunden Arbeitszeit aufwenden müssen. Generell gilt, je mehr man über die

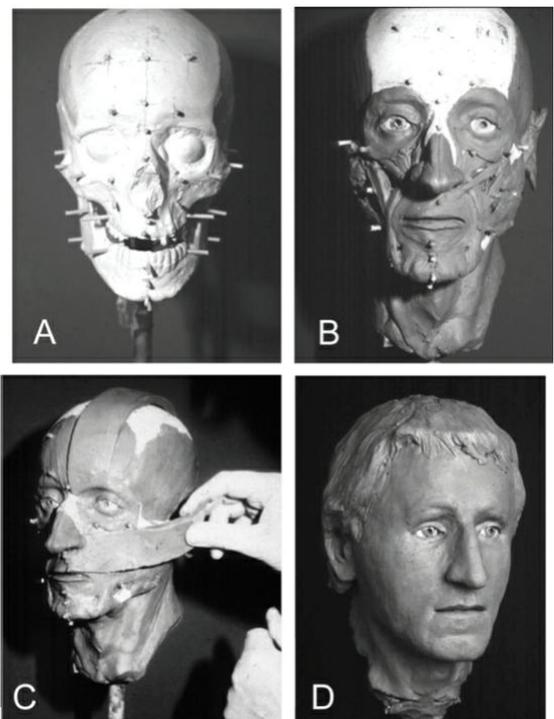


Abb. 7: Schritte (A-D) einer Gesichtskonstruktion mit Anwendung der russischen Methode [5]

² Der Zustand des Körpers, der normalerweise einem bestimmten Alter ungefähr entspricht.

Person weiss, desto präziser und wahrheitsgetreuer entwickelt sich das Gesicht, und demnach erfolgt eine Wiedererkennung, was ja oft das Ziel bei Rekonstruktionen ist, auch umso wahrscheinlicher. [11], [12]

1.3.4.2 Amerikanische Methode

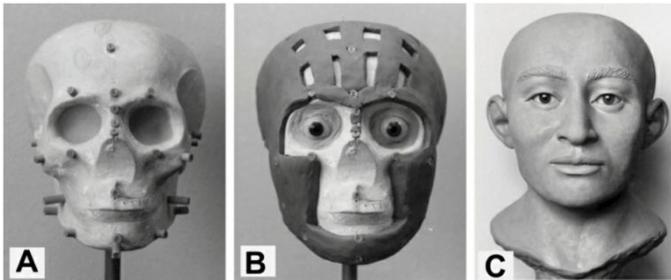


Abb. 8: Schritte (A-C) einer Gesichtsrekonstruktion mit Anwendung der amerikanischen Methode [5]

Der wesentliche Unterschied zur Manchester Variante besteht bei der amerikanischen Rekonstruktion darin, dass das Modellieren der anatomischen Bestandteile komplett weggelassen wird. Verfechter dieses, von US-Amerikanischen Anthropologen entwickelten Verfahrens, verzichten also gänzlich auf die Applikation von Muskeln, Drüsen usw. und tragen somit eine einzige Auflageschicht auf,

welche bereits die gesamte Weichteildicke einkalkuliert. Mit Streifen aus einem gut knet- und formbaren Material verbindet man die Weichteilmarker (Abb. 8B) und füllt die Lücken zuletzt noch auf, ein Gesicht mit allem Drum und Dran bildend (Abb. 8C).

Dieses Vorgehen ist zwar aufgrund des Auslassens der immer einzigartig ausgeprägten Muskeln weniger arbeitsintensiv, dafür aber, aus demselben Grund, auch weniger detailliert als die Gerassimow-Methode. [5], [11], [12], [14]

1.3.4.3 Computergestützte Methode

Wie bei den plastischen Rekonstruktionen ist bei der computergestützten Methode ebenfalls eine Kopie des Schädels erforderlich, allerdings mit dem Ziel, den Schädel virtuell zu erfassen. Dazu wird meist ein CT-Scan o.ä. des Schädels durchgeführt.

Analog zu den traditionellen, plastischen Rekonstruktionen, bilden Landmarks die Grundlage zur Modellierung, und werden virtuell mit der zugehörigen Länge auf den Schädel übertragen. Nachträglich generiert die Software das gesamte Gewebe und Sinnesorgane anhand von Durchschnittswerten (Abb. 9). [5], [8], [11], [12], [15]

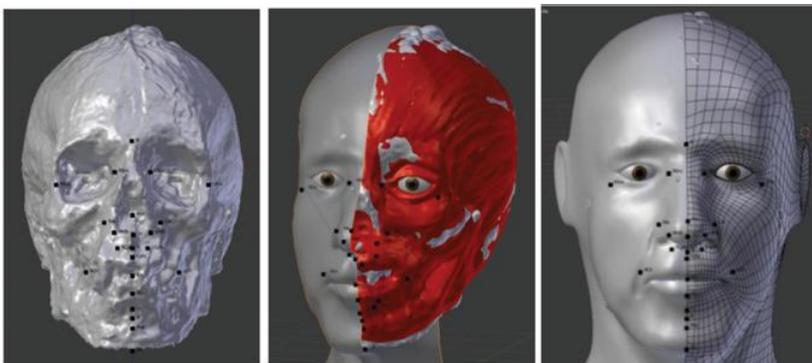


Abb. 9: Beispiel einer Gesichtsrekonstruktion mit Anwendung der computergestützten Methode [15]

Problematisch ist bei der digitalen Rekonstruktion das recht künstlich wirkende Resultat, welches meist frei von jeglicher Individualität ist. Hinzu kommt, dass dieses Gebiet bisher wenig erforscht ist, und man mit mehr oder weniger durchschnittlichen Gesichtern als Produkte rechnen muss.

Die letzten beiden Punkte machen allerdings ansatzweise eine der Absichten der computerisierten Methode aus: Die Subjektivität eines jeden Rekonstruktors soll vermieden werden.

Für die Wahl dieser modernen, technologischen Prozedur sprechen die tiefen Kosten, der geringe Zeitaufwand (in wenigen Sekunden kann ein Gesicht rekonstruiert werden) und die entsprechend rapide Identifizierung. [5], [11], [12], [15]

1.3.5 Dreidimensionale russische Gesichtsteilrekonstruktion

1.3.5.1 Das Schäfelduplikat

Entscheidet man sich gegen das direkte Modellieren auf dem Schädel, gibt es verschiedene Arten, eine Kopie des Schädels anzufertigen. Dabei muss natürlich immer beachtet werden, dass letzterem keinen Schaden zugefügt wird.

Zur Auswahl steht zum einen das Giessen eines aus Silikon erstellten Negativs des Schädels. Dazu werden Materialien wie Feingips, Ton oder Kunststoff verwendet. [11]

Um einiges präziser und sauberer erscheint zum anderen das Erstellen eines Duplikats mittels 3D-Drucker, wozu der Schädel als dreidimensionales Datenmodell (beispielsweise mittels OBJ- oder STL-Datei) erfasst werden muss. Mit einer möglichst präzisen Computertomographie kann der Schädel digitalisiert werden, und die daraus entstandenen Dateien werden in DICOM-Dateien umgewandelt und danach zu einer STL-Datei vereint und konvertiert (beispielsweise mit dem Programm Osirix Lite). [5], [16]

Anhand der, für den Drucker lesbaren, STL-Datei kann der Schädel dreidimensional gedruckt werden.

Je nach Grösse und Professionalität des 3D-Druckers muss die Datei noch zusätzlich aufgeteilt werden, um kleinere Stücke und das absolute Minimum an Stützstruktur zu schaffen (beispielsweise mit den Programmen Meshmixer, MeshLab, oder Slicer). [17], [18], [19]

Als Material bietet sich das günstige PLA (Polyactide, umgangssprachlich auch Polymilchsäuren genannt) an, das aus Maisstärke hergestellt wird. Vorzugsweise wird es in Weiss gewählt, damit die möglicherweise sichtbaren Zähne nicht übermalt werden müssen. [8]

Zum Schluss kann die gegebenenfalls entstandene Stützstruktur ohne viel Aufwand entfernt werden. [8], [18]

Unabhängig von der gewählten Art des Duplikats, sollte die korrekte Mundöffnung beachtet werden (Kap. 1.3.5.8); der Schädel wird also entweder bereits mit dieser Voraussetzung kopiert, oder der Unterkiefer wird separat dupliziert und später angebracht. Möglich ist auch, den Unterkiefer nach der Verdopplung abzulösen und anschliessend wieder korrekt an den Oberkiefer zu befestigen.

1.3.5.2 Das Positionieren des Schädels (Frankfurter Horizontale)

Um den Schädel zu fotografieren und daran zu arbeiten, wird er in eine anthropologische Standardposition gebracht, nämlich in die sogenannte Frankfurter Horizontale. Dabei liegen der unterste Rand der Augenhöhle und der oberste Punkt des äusseren knöchernen Gehörganges auf einer horizontal liegenden Ebene. Die so entstehende Lage kommt der natürlichen Haltung des Kopfes bei einem lebendigen Menschen sehr nahe und sorgt für einen standardisierten Bezugspunkt bei wissenschaftlichen Arbeiten. [4], [8]

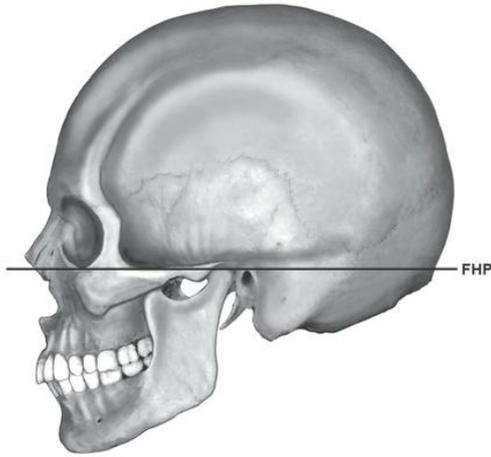


Abb. 10: Schädel in der Frankfurter Horizontale (Frankfort Horizontal Plane = FHP) [14]

Die Frankfurter Horizontale wird idealerweise mithilfe eines Kreuzlinienlasers etabliert; dabei sollte mit viel Genauigkeit gearbeitet werden, da sich diese Position im späteren Arbeitsprozess nicht mehr verändern lässt. Ausserdem führt eine fehlerhafte Ausrichtung zu einer Verfälschung der Gesichtsform, da die Weichteilmarker an die Frankfurter Horizontale angepasst wurden (Kap. 1.3.5.3). [5]

Das Schädelduplikat wird standardgemäss an der Schädelbasis an einen Holzstab geklebt, während dieser wiederum an eine, für den Hals genügend grosse, Holzplatte befestigt wird. Die gesamte Rekonstruktion wird zum Schluss mehrere Kilos wiegen, weswegen das Sicherstellen eines stabilen Standes gleich zu Beginn ein Muss ist. [8], [14]

1.3.5.3 Gesichtswichteilmarker

Damit man als Rekonstrukteur weiss, wie dick das Gewebe an den verschiedenen Gesichtspartien ist, werden an vorbestimmten Punkten (Landmarks) die dazugehörigen Weichteilmarker angebracht, also zugeschnittene Abstandshalter aus Holz, Vinyl, Radiergummi, Plastik, Metall oder Wattestäbchen. Diese Werte werden von forensisch-anthropologischen Instituten (wie beispielsweise das FBI) aus experimentellen Daten ermittelt und alle paar Jahre erneuert.

Je nachdem welche Weichteildicken man wählt, gibt es Unterschiede in der Länge. Das Ausmass des Gewebes hängt nämlich von der Ethnie, dem Geschlecht, der Statur und dem Gewicht (BMI³), der Ernährung und dem Alter ab; desto mehr man davon berücksichtigt, umso genauer wird das Resultat. Demzufolge ist es auch hier von Vorteil, möglichst viele Informationen zum Schädel zur Verfügung zu haben (beispielsweise gegeben durch das restliche Skelett). [4], [5], [14], [20]

Die Weichteilmarker dienen grundsätzlich zur Orientierung, jedoch hat der Bildner bei genaueren Werten, die zum Beispiel bereits das Gewicht beachten, logischerweise weniger Spielraum und muss weniger anpassen. Das Gewebe sollte jedoch immer an die individuelle Schädelform adaptiert werden, wenn man den suggerierten Wert also unterschreiten möchte, kann man die Marker gegen Ende der Rekonstruktion kürzen oder entfernen. [5], [15]

³ Body-Mass-Index: Mass für das Verhältnis von Körpergewicht zu Körpergrösse beim Menschen.

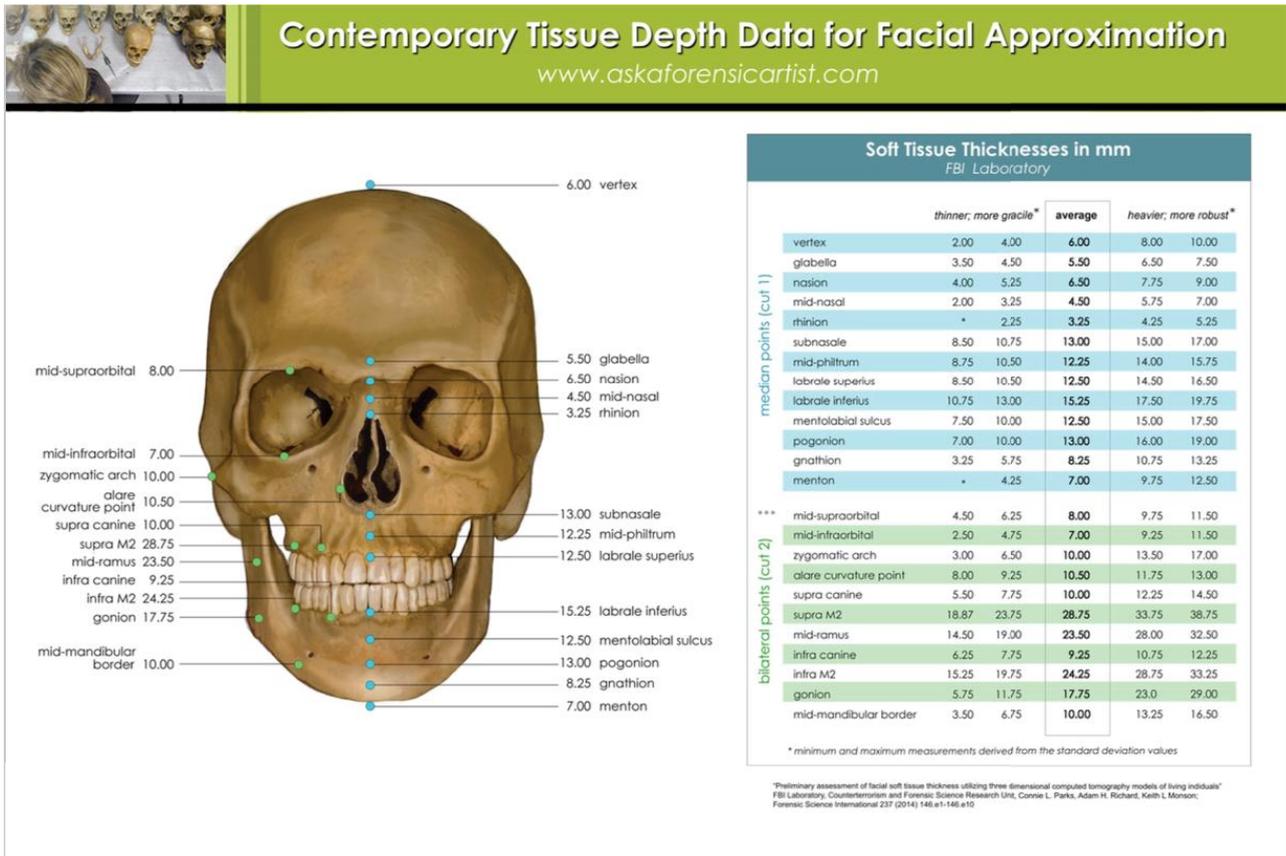


Abb. 11: Beispiel für Landmarks am Schädel und Weichteilmarker des FBI Laboratory [8]

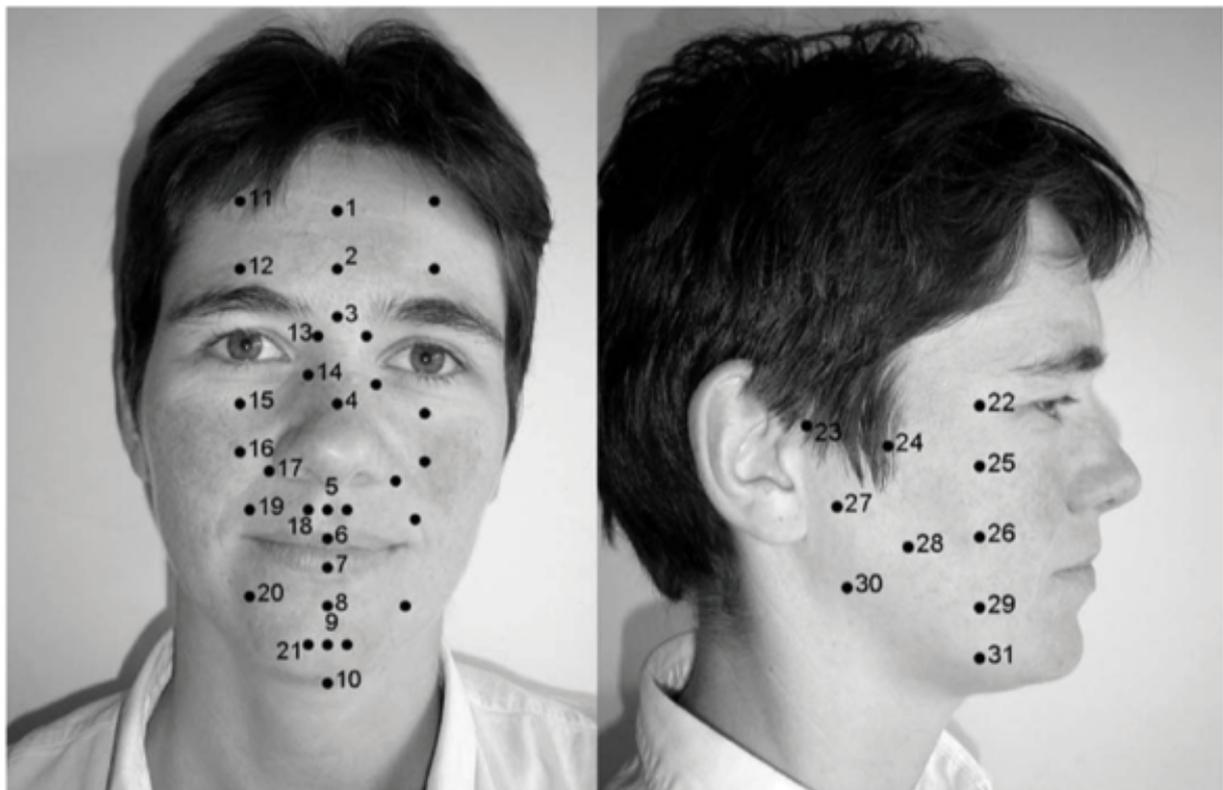


Abb. 12: Beispiel für Landmarks am Gesicht [20]

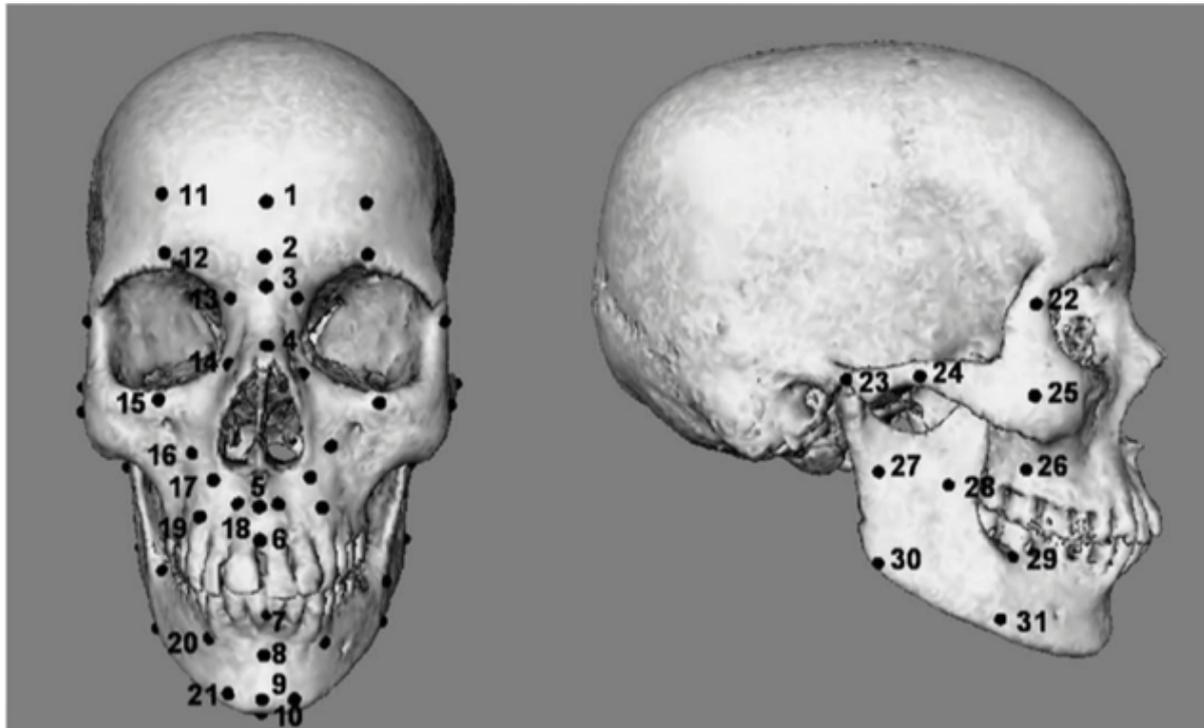


Abb. 13: Beispiel für Landmarks am Schädel [20]

Tab. 6: Beispiel für Weichteilmarker für erwachsene, kaukasische Männer zwischen 30 und 39 Jahren, mit Berücksichtigung des BMIs [20]

Tissue depth means (mm) for Caucasian adult males between 30–39 years

Point numbers and descriptions	BMI															
	<20 (3)				20–25 (37)				>25 (31)							
	Mean	S.D.	Range	#	Mean	S.D.	Range	#	Mean	S.D.	Range	#				
1	Supraglabella	3.6	0.24	3.4	3.8	3	4.1	0.54	3.2	5.6	37	4.8	0.84	3.2	6.8	31
2	Glabella	4.7	0.55	4.1	5.1	3	4.7	0.44	3.8	5.7	37	5.4	0.88	4.1	7.9	31
3	Nasion	5.3	0.34	4.9	5.6	3	5.6	1.00	3.7	7.4	37	6.8	1.54	4.0	10.2	31
4	End of nasal	3.1	0.94	2.4	4.2	3	2.7	0.68	1.9	4.8	37	3.0	0.78	1.7	5.0	31
5	Mid-philtrum	9.5	1.48	7.8	10.6	3	10.6	1.63	6.7	13.9	36	10.7	1.72	7.4	15.6	27
6	Upper lip margin	10.1	1.84	8.0	11.6	3	9.8	1.65	6.5	14.0	35	10.8	1.78	8.6	16.5	31
7	Lower lip margin	9.3	1.65	7.8	11.1	3	11.8	2.04	7.9	17.5	36	13.1	2.43	9.1	20.8	31
8	Chin-lip fold	10.3	0.96	9.2	11.0	3	9.6	1.21	6.9	11.8	34	10.7	0.93	9.2	13.4	27
9	Mental eminence	9.6	0.50	9.2	10.1	3	9.4	1.60	6.0	13.0	37	11.3	1.26	7.9	13.7	28
10	Beneath chin	5.3	0.67	4.8	6.1	3	6.2	1.43	3.9	10.8	37	7.1	1.46	4.9	10.8	25
32/11	Frontal eminence	3.7	0.56	3.1	4.2	3	4.1	0.65	3.1	6.0	37	4.8	0.77	3.6	6.5	31
33/12	Supraorbital	4.9	0.64	4.2	5.3	3	5.0	0.53	4.1	6.0	37	6.3	0.89	4.9	8.0	31
34/13	Lateral glabella	5.9	0.70	5.1	6.3	3	5.5	1.40	3.2	8.5	36	5.9	1.32	3.8	9.2	31
35/14	Lateral nasal	4.8	0.20	4.7	5.0	2	3.6	0.50	2.8	5.2	24	3.8	0.84	2.4	5.8	26
36/15	Suborbital	6.1	2.50	4.6	9.0	3	8.4	2.31	4.5	13.3	36	10.0	2.25	6.5	14.0	31
37/16	Inferior malar	13.7	2.29	11.8	16.2	3	16.5	3.19	8.6	23.0	37	20.2	3.50	14.2	27.2	31
38/17	Lateral nostril	9.7	1.34	8.7	11.2	3	9.2	1.13	7.3	12.1	37	10.0	1.29	6.7	12.3	31
39/18	Naso-labial ridge	10.8	1.35	9.2	11.6	3	10.8	1.66	8.5	15.3	35	11.0	1.57	8.7	14.4	25
40/19	Supra canina	10.2	2.46	8.4	13.0	3	9.7	1.87	6.5	14.5	37	10.0	2.02	7.2	15.7	26
41/20	Sub canina	9.3	0.70	8.9	10.1	3	9.7	1.42	6.0	12.1	37	11.2	1.81	7.5	14.5	30
42/21	Mental tubercle ant.	9.2	1.15	8.0	10.3	3	9.5	1.34	6.1	12.3	35	11.4	1.70	8.3	15.0	27
43/22	Mid lateral orbit	4.7	0.44	4.2	5.1	3	4.4	0.68	3.5	6.0	36	5.2	1.23	3.4	9.8	31
44/23	Supraglenoid	8.1	1.20	6.8	9.2	3	8.8	2.71	4.8	14.8	36	10.5	2.63	6.4	15.6	31
45/24	Zygomatic arch	4.9	0.73	4.4	5.7	3	5.8	1.23	4.3	10.0	37	7.9	1.48	5.5	11.1	31
46/25	Lateral orbit	6.8	0.87	6.3	7.8	3	7.3	1.55	4.3	11.9	37	10.6	1.17	8.4	12.7	31
47/26	Supra-M2	22.9	0.58	22.2	23.3	3	24.1	3.83	15.1	31.0	37	28.7	3.86	19.1	36.1	30
48/27	Mid-masseter muscle	16.7	1.03	15.8	17.8	3	16.9	3.45	9.0	23.5	37	21.7	4.58	10.7	29.6	31
49/28	Occlusal line	16.4	0.52	15.8	16.9	3	18.8	2.36	14.2	24.6	36	22.3	3.01	16.1	27.0	31
50/29	Sub-M2	17.0	1.63	15.9	18.9	3	16.5	2.86	10.0	22.7	36	21.3	3.35	14.8	27.4	31
51/30	Gonion	12.9	0.57	12.6	13.6	3	14.2	2.21	9.4	19.0	37	19.1	2.91	11.8	24.4	31
52/31	Mid mandibular angle	9.5	1.08	8.6	10.7	3	9.9	2.13	5.2	16.1	37	15.1	3.32	9.0	20.8	31

Tab. 7: Beschreibung der Landmarks gemäss Tab. 6 [4]

Nummer	Bezeichnung	Position
1	Supraglabella	Oberhalb der Glabella
2	Glabella	Berühmtester Punkt zwischen den Supraorbital-Leisten in der Medianebene
3	Nasion	Der Mittelpunkt der Naht zwischen dem Stirnbein und dem Nasenbein
4	End of nasals	Die äusserste Spitze des Nasenbeines
5	Mid-Philtrum	Die Mittellinie des Oberkiefers, so hoch wie möglich platziert bevor die Krümmung des vorderen Nasenstachels beginnt
6	Upper lip margin	Zentriert zwischen den oberen Schneidezähnen auf der Höhe der Zahnschmelzzementgrenze
7	Lower lip margin	Zentriert zwischen den unteren Schneidezähnen auf der Höhe der Zahnschmelzzementgrenze
8	Chin-lip fold	Der tiefste mittlere Punkt der Einbuchtung beim Unterkiefer zwischen den Zähnen und der Kinn-Erhebung
9	Mental eminence	Der äusserste mittlere Punkt des Kinnes
10	Beneath chin	Der tiefste Punkt des Unterkiefers
11/32	Frontal eminence	Stelle auf den Vorsprüngen auf beiden Seiten der Stirn
12/33	Supraorbital	Oberhalb der Augenhöhlen, zentriert auf dem oberen äussersten Rand
13/34	Lateral glabella	Seitlich unterhalb vom Nasion
14/35	Lateral nasal	Ein Punkt auf dem lateralen Nasenbein, der auf der Frankfurter Horizontale liegt
15/36	Suborbital	Unterhalb der Augenhöhlen, zentriert auf dem unteren äussersten Rand
16/37	Inferior malar	Unteres Jochbein, der Untere Teil des Oberkiefers, immer noch auf dem „Wangenknochen“
17/38	Lateral nostril	Seitlicher Punkt des Nasenlochs
18/39	Naso-labial ridge	Seitlich vom Mid-Philtrum
19/40	Supra canina	Oberhalb des Eckzahnes
20/41	Sub canina	Unterhalb des Eckzahnes
21/42	Mental tubercle ant.	Seitlich von der mental eminence
22/43	Mid lateral orbit	Mittelpunkt des äusseren Randes der Augenhöhlen
23/44	Supraglenoid	Oberhalb des Kiefergelenkes
24/45	Midzygomatic arch	In der Hälfte des Jochbogens
25/46	Lateral orbit	Ungefähr 10 Millimeter unterhalb des äusseren Randes der Augenhöhlen
26/47	Supra-M2	Oberhalb des zweiten oberen Mahlzahnes
27/48	Mid-masseter muscle	Auf dem Unterkiefer in einer Richtung mit der Linie wo sich die Zähne schliessen oder „beissen“
28/49	Occlusal line	Auf dem Unterkiefer in einer Richtung mit der Linie wo sich die Zähne schliessen oder „beissen“, nah an den Zähnen
29/50	Sub-M2	Unterhalb des zweiten unteren Mahlzahnes
30/51	Gonion	Der seitlichste Punkt des Kieferwinkels
31/52	Mid-mandibular Angle	Ein Punkt auf der Kante des Unterkiefers unterhalb der Backenzähne

1.3.5.4 Muskeln

Bei der russischen Rekonstruktion wird jeder Muskel einzeln geformt und auf den Schädel aufgetragen. Dieser Schritt sollte mithilfe eines Anatomiebuches oder einer entsprechenden Software gemacht werden, um die genaue Grösse, Dicke, Beschaffenheit, Ursprung und Ansatz des Muskels korrekt zu bestimmen. Die Muskeln, die doppelt vorkommen, sollten möglichst gleich konstruiert und symmetrisch an den Schädel angebracht werden.

Die Dicke der Muskulatur orientiert sich an den Weichteilmarkern, wobei aber beachtet werden sollte, dass noch vereinzelt Drüsen und zum Schluss die Haut aufgetragen werden.

Laut C. Wilkinson sollten die Muskeln in einer bestimmten Reihenfolge rekonstruiert werden (Tab. 8). [5]

Tab. 8: Auswahl und Reihenfolge der Muskeln bei der russischen Gesichtsrekonstruktion nach C. Wilkinson [5]

Reihenfolge	Muskel
Hals- und Nackenmuskulatur (nicht zwingend bei der Gesichtsrekonstruktion):	
1	Sternocleidomastoideus
2	Platysma
3	Trapezius
Gesichtsmuskulatur:	
4	Temporalis
5	Masseter
6	Buccinator
7	Orbicularis oris
8	Mentalis
9	Depressor labii inferioris
10	Depressor anguli oris
11	Orbicularis oculi
12	Levator labii superioris alaeque nasi
13	Nasalis
14	Levator anguli oris
15	Levator labii superioris
16	Zygomaticus major und minor
17	Corrugator supercilii (nicht zwingend)
18	Procerus (nicht zwingend)
19	Occipitofrontalis
20	Risorius

1.3.5.5 Drüsen

Aufgrund der Grösse wird bei der Gesichtsrekonstruktion nur eine einzige Drüse berücksichtigt und modelliert: Die Ohrspeicheldrüse (Glandula parotis). Sie liegt auf beiden Seiten unter und vor dem Ohr und wird aus kleinen Klumpen des gewählten Materials geformt, um ihr ein gelapptes, unregelmässiges Aussehen zu verschaffen, das typisch drüsenartig ist. [5]

1.3.5.6 Augen

Die Augen gehören zu den wichtigsten Kriterien für eine Wiedererkennung, weswegen sie bei einer Gesichtskonstruktion nicht unterschätzt werden sollten.

Zur Auswahl stehen Kunstaugen aus Plastik oder Glas, idealerweise professionelle Prothesen, oder selbstgeformte Augen aus dem jeweiligen Material.

Die Grösse des Augapfels hängt mit der der Augenhöhle zusammen, je kleiner diese also gebaut ist, desto spärlicher wird auch das Auge selbst ausfallen. Der Durchschnittsdurchmesser des Auges liegt dabei bei 25 Millimeter.

Falls die Augenfarbe nicht bekannt ist, bietet es sich an, einen neutralen, gräulichen oder schwarzen Ton zu wählen, ausser man kann anhand der Ethnie eine ziemlich sichere Hypothese bezüglich Augenfarbe aufstellen: Ein Afrikaner wird beispielsweise mit hoher Wahrscheinlichkeit dunkle Augen haben. Eine weitere Möglichkeit zur Bestimmung der Augenfarbe ist stets der DNA-Test. [1], [14] Das Positionieren und Einsetzen der Augen erfolgt ganz am Anfang der Rekonstruktion, vor oder nach Auftragen der Weichteilmarker, und ist ziemlich heikel. Eine falsche Lage kann das Gesamtbild des Gesichtes nämlich verfälschen und seltsam aussehen lassen. Man kann die Augen im späteren Arbeitsprozess zudem nur noch sehr mühsam bis gar nicht mehr verschieben. [8]

Die Augen befinden sich nicht exakt im Zentrum der Augenhöhlen, sondern sitzen etwa 1.5 Millimeter über und 2.5 Millimeter links bzw. rechts davon (Abb. 14).

Von der Seite gesehen besteht ein Abstand von ungefähr 16 Millimeter zwischen dem äussersten Punkt des Augapfels und dem innersten Punkt des Orbitarands (Abb. 14). [14]

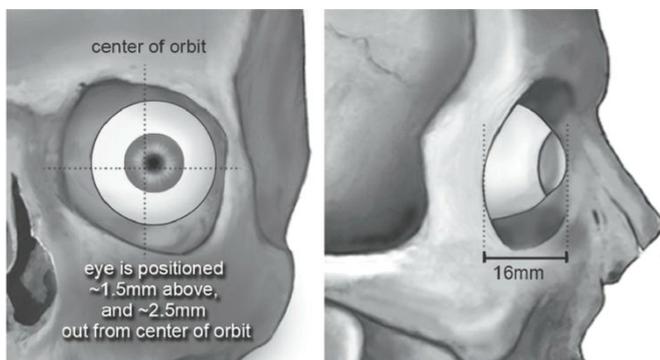


Abb. 14: Position der Augen in der Augenhöhle in Frontansicht (links) und Lateralansicht (rechts) [14]

Punkt des Augapfels und dem innersten Punkt des Orbitarands (Abb. 14). [14]

Es bietet sich an, einen Laser zu verwenden, um den Augen einen geraden Blickwinkel zu verschaffen. [8]

Mit Heissleim und Ton, Plastilin, Wachs o.ä. können die künstlichen Augen am Schädelduplikat befestigt werden.

Die Augenlider schneiden den unteren und oberen Rand der Iris und folgen der Form der Augen. [5]

1.3.5.7 Nase

Die Nase liegt ungefähr im Zentrum des Gesichtes, und ihre Kontur in der Seitenansicht kann laut Gerassimow anhand zweier Linien am Schädel bestimmt werden: zum einen mit der fortführenden Linie des Nasenbeins und zum anderen mit der des Nasendornfortsatzes (Spina nasalis anterior) (Abb. 15). [5]

Die ungefähre Breite der Nase kann ebenfalls am Schädel gedeutet werden. Die Breite der Apertura piriformis entspricht laut einer Faustregel nämlich drei Fünfteln der gesamten Nase (Abb. 16). [14] Zum Schluss ist es noch von Vorteil, die Lage der Nasenflügel genauer auszumachen, da diese ansonsten komplett frei modelliert werden müssen. Und zwar entspricht der obere Rand der Concha

nasalis inferior dem des Nasenflügels (Abb. 17). [14]

Wichtig ist auch, dass die Nase bis ins hohe Alter noch wächst, weswegen ihre Grösse je nach Alter angepasst werden sollte. [8]

Die Nase besteht teilweise aus Knorpel, welcher während des Modellierens der Muskulatur geformt wird. Es empfiehlt sich, eine stützende und (nach Abb. 15) formende Konstruktion aus einigen Zahnstochern zu bilden. Danach kann die erste Schicht der Nase nach den oben genannten Regeln konstruiert werden. [5]

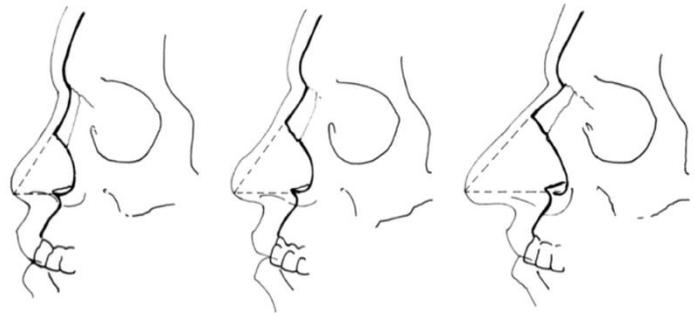


Abb. 15: Bestimmung der Nasenform anhand des Nasenbeins und des Nasendornfortsatzes [5]

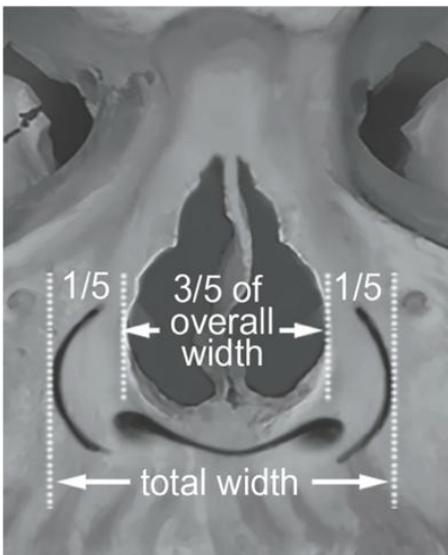


Abb. 16: Bestimmung der Breite der Nase anhand der Apertura piriformis [14]

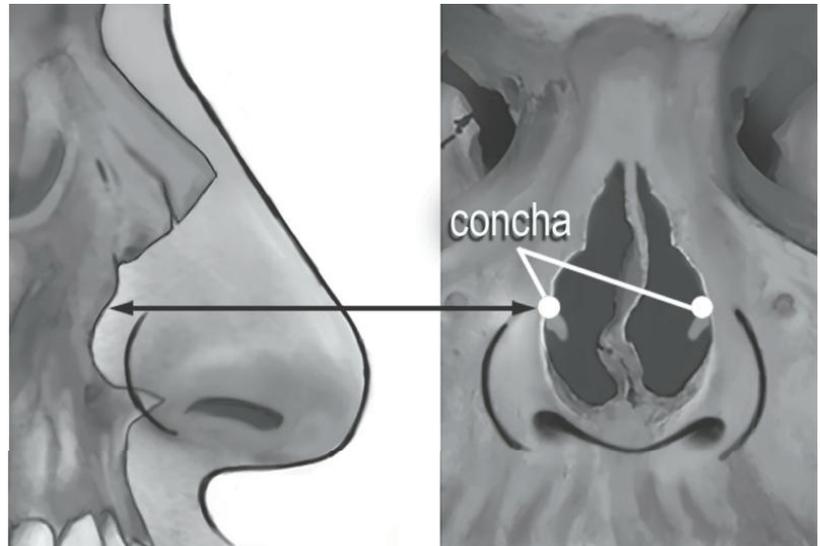


Abb. 17: Bestimmung der Lage der Nasenflügel anhand der Concha nasalis inferior [14]

1.3.5.8 Mund

Die Breite des Mundes kann nach dem Begründer der russischen Methode anhand dem Punkt zwischen dem ersten und dem zweiten Prämolare festgestellt werden (Abb. 18), und/oder mit der Iris, da die Mundwinkel auf der gleichen vertikalen Linie wie der innere Rand der Iris liegen. [5], [14]

Gerassimow gibt ausserdem an, dass die Dicke der Lippen von den Zähnen und dem Unter- und Oberkiefer abhängen (Abb. 19). Kleine, gerade Zähne sind typisch für dünne Lippen und Orthognathie⁴, während prominente, grosse Zähne für dickere Lippen und Prognathie⁵ stehen. [5]

⁴ Normale, senkrechte Stellung der Zähne im menschlichen Kiefer.

⁵ Form des Gebisses, bei der die Zahnbögen von Oberkiefer und Unterkiefer deutlich aus der Gesichtsfäche ragen.

Allgemein habe ältere Menschen eher dünnere, und jüngere Menschen eher dickere Lippen. [14]
 Auch an der Ethnie kann die Dicke der Lippen ungefähr bestimmt werden (Tab. 9).

Tab. 9: Berechnung der Dicke der Lippe anhand der Ethnie [4], [5]

Ethnie	Dicke der Oberlippe (mm)	Dicke der Unterlippe (mm)	Totale Dicke der Lippen (mm)
Weisse Europäer	$0.4 + 0.6 \times (\text{Höhe obere Zähne})$	$5.5 + 0.4 \times (\text{Höhe Untere Zähne})$	$3.3 + 0.7 \times (\text{Höhe Zähne total})$
Asiaten aus dem Indischen Subkontinent	$3.4 + 0.4 \times (\text{Höhe obere Zähne})$	$6.0 + 0.5 \times (\text{Höhe Untere Zähne})$	$7.2 + 0.6 \times (\text{Höhe Zähne total})$

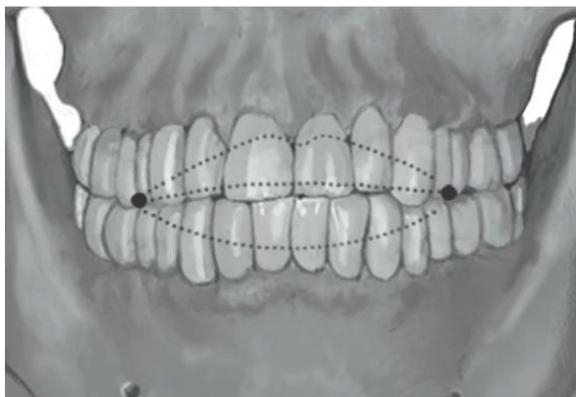


Abb. 18: Bestimmung der Breite des Mundes anhand des ersten und zweiten Prämolars und Bestimmung der Linie zwischen Unter- und Oberlippe [14]

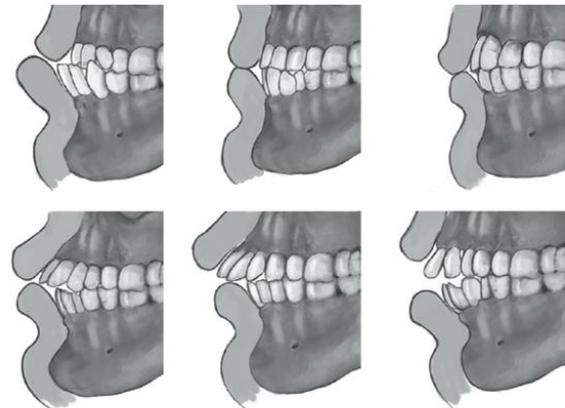


Abb. 19: Bestimmung der Form, Lage und Dicke der Lippen anhand der Zähne und des Kiefers [14]

Die Linie zwischen Unter- und Oberlippe liegt leicht über dem unteren Rand der oberen Schneidezähne (Abb. 18). [14]

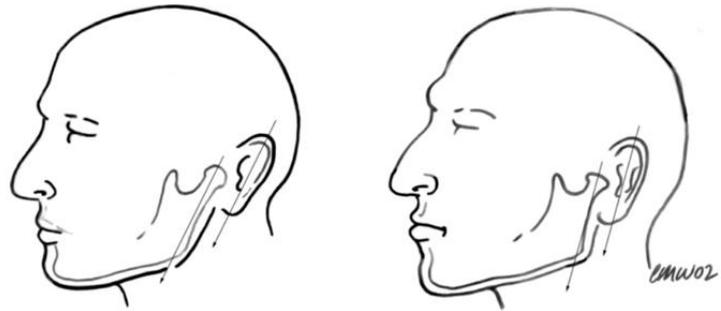
Wenn man nicht auf auffällige Zähne aufmerksam machen will, ist es bei der Rekonstruktion entscheidend, dass der Mund wie bei einem lebendigen Menschen entspannt ist, die oberen und unteren Zähne müssen sich also nur leicht berühren. Sind keine Zähne vorhanden, kann ein Bleistift durch die beiden Unterkieferereinschnitte geschoben werden, um die optimale Öffnung des Mundes zu bestimmen. [5]

1.3.5.9 Ohren

Über die Ohren kann man anhand der Knochen einer Person ziemlich wenig aussagen. Doch auch hier gibt es bezüglich Größe und Position einige grundlegende Richtlinien, an die man sich halten kann, obwohl es bisher keine offiziell gültigen und geprüften Verfahren gibt. [5] Die Lage betreffend, kann sich der Bildner am Gehörgang orientieren, der beim Schädel gut sichtbar ist. [8]

Nach Gerassimow ist die Inklination des Ohres parallel zum aufsteigenden Ast des Unterkiefers (Abb.

20). Ausserdem ist das Ohr meist ungefähr doppelt so lang wie breit, während die Mastoiden (Warzenfortsätze) die Grösse und das Abstehen der Ohren bestimmen: Je ausgeprägter die Mastoiden vorliegen, desto mehr steht das Ohr vom Kopf ab und ist insgesamt prominenter, länger und breiter [5]



Allgemein haben Männer eher grössere Ohren als Frauen und bei einer Rekonstruktion sollte beachtet werden, dass die Ohren mit zunehmendem Alter wachsen. [8]

Abb. 20: Bestimmung der Inklination des Ohres anhand des Unterkiefers [5]

Um diese kompliziert geformten Sinnesorgane zu modellieren, sollte man sich an einer geeigneten Vorlage orientieren. [6]

1.3.5.10 Haut

Die Hautfarbe kann anhand der Ethnizität abgeschätzt werden, ein genauer Ton kann ohne DNA-Test jedoch nicht festgelegt werden. [1]

Die Hautschicht, also die zweite Ebene nach den Muskeln, wird ganz zum Schluss aufgetragen, stellvertretend für Epidermis, Dermis, Hypodermis und das darin enthaltene Fett. Sie ist etwa 8.5 Millimeter dick, unabhängig davon muss aber darauf geachtet werden, dass die Gewebeweichteilmarker nicht mehr sichtbar sind. [5]

Je nach Alter können zum Schluss noch Falten eingearbeitet werden.

1.3.5.11 Augenbrauen

Die Augenbrauen folgen normalerweise der Richtung der Augenhöhlen und beginnen meist leicht unter den Überaugenwülsten und enden etwas darüber (Abb. 21); Augenbrauen sind jedoch etwas sehr Individuelles und bei jedem Menschen unterschiedlich platziert (Abb. 22). [14]

Die Farbe der Augenbrauen hängt selbstverständlich mit der der Haare zusammen (Kap. 1.3.5.12).

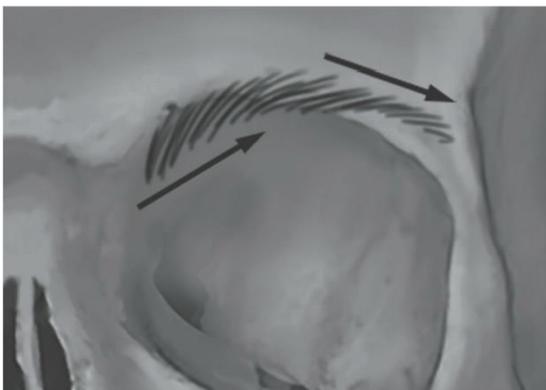


Abb. 21: Standardisierter Verlauf der Augenbraue [14]

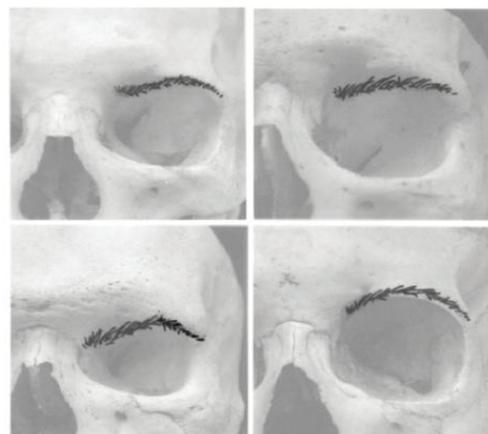


Abb. 22: Verschiedene Augenbrauen [5]

1.3.5.12 Haare

Wie bei Haut und Augen ist nur durch den Schädel auch die Haarfarbe ungewiss. Anhand der Ethnie und des Alters kann man Hypothesen aufstellen, was die Farbe und Fülle der Haare betrifft. Nichtsdestotrotz können Forensiker nie mit allzu grosser Sicherheit davon ausgehen, dass das Individuum nicht doch eine Glatze hatte, ein eher dunkler anstatt heller Typ war oder durchschnittlich lange Haare trug. Aus diesem Grund verzichten Rekonstrukteure oftmals gänzlich auf Details dieser Art, um das Endergebnis nicht zu verfälschen: Beispielsweise können gräuliche Augen und dunkelblonde Haare bei einem jungen Menschen, der eigentlich eher südländisch und dunkel geprägt war, die Wiedererkennung komplett verhindern, was gerade bei Schädel kaukasischen Ursprungs gut möglich ist. [5], [14]

Entscheidet man sich doch für eine Perücke, ist der Haaransatz entscheidend, welcher normalerweise vier Finger über den Augenbrauen liegt. [8]

1.3.5.13 Hals

Gerade wenn nur der Schädel, und nicht das ganze Skelett zur Verfügung steht, kann die Dicke des Halses und des Nackens nur erahnt werden, weswegen das Auslassen der Modellierung dieser Partie akzeptabel ist.

Wichtig ist, dass die drei entsprechenden Muskeln (Kap. 1.3.5.4) rekonstruiert werden, und zwar so, dass der Hals gross genug ist, um den Kopf zu stützen, und dass die Nackenregion nicht zu aufrecht auftritt. Schildknorpel, Luftröhre, Adamsapfel bei Männern und die Drosselrinne sollten ebenfalls berücksichtigt werden, wobei auch hier viel Spielraum gegeben und somit Vorstellungskraft gefragt ist, da keine Orientierungspunkte, sondern nur ein Holzstab vorhanden sind. [5], [14]

1.3.5.14 Weitere Details

Bei jeder Gesichtskonstruktion gilt: Je mehr Details bekannt und am Modell vorhanden sind, umso mehr ähnelt es der Person, und umso grösser ist dementsprechend auch die Wahrscheinlichkeit einer Identifikation.

Infolgedessen sollten alle abgesicherten Merkmale wie typische Accessoires, Kleidung, Haare, Leberflecken, Schminke, Tattoos oder Piercings hinzugefügt werden.

Falten kann man dem Alter entsprechend in die Hautschicht einarbeiten.

Augenbrauen und Wimpern verleihen dem Gesicht zusätzlichen Ausdruck, obwohl auch diese Aspekte sehr eigen und persönlich sind. [5], [14]

1.4 Fragestellungen dieser Arbeit

Diese Arbeit analysiert den unter Kapitel 2.1.1 vorgestellten Schädel B aufgrund Lebensalter, Geschlecht, Ethnie und allfälliger Pathologien.

Ausserdem wurde eine dreidimensionale Gesichtskonstruktion von Schädel A nach der russischen Methode durchgeführt, um der Endabsicht, zu ergründen, wem genau Schädel A sowie das gesamte Skelett gehörte, näherzukommen.

2 Material und Methode

2.1 Material

2.1.1 Untersuchte Schädel

In dieser Arbeit wurden zwei menschliche Schädel untersucht, nämlich Schädel A und Schädel B.

Schädel A

Schädel A gehört zu einem echten Skelett, das sich seit mehreren Jahrzehnten in der Kantonsschule Sursee befindet. Es stammt noch aus der Zeit der Kantonsschule St. Georg vor 1972 und war bereits Gegenstand einer Maturaarbeit. Dabei wurde herausgefunden, dass es sich um ein männliches, kaukasisches Individuum mit mongoliden Zügen im Alter zwischen 25 und 35 Jahren handelt. Vermutlich kam die Person aus Osteuropa, möglicherweise aus einem östlichen Gebiet Deutschlands. Der Todeszeitpunkt kann zwischen 1903 und 1914 gelegt werden. [7]



Abb. 23: Schädel A von vorne, ungefähr im Verhältnis 1:1.5



Abb. 24: Schädel A in der Frankfurter Horizontale von rechts, ungefähr im Verhältnis 1:1.5



Abb. 25: Schädel A in der Frankfurter Horizontale von links, ungefähr im Verhältnis 1:1.5

Schädel B

Schädel B war ursprünglich im Besitz des Vaters der Autorin, der ihn zwischen 1955 und 1961 vom Rechtsmedizinischen- und Pathologischen Institut der Universität Zürich erhalten hat. Dort wurde er für Ausbildungszwecke im Medizinstudium verwendet. Neben dem Schädel sind noch die ersten beiden Halswirbel, Atlas und Axis, vorhanden. Bisher wusste man darüber nichts Weiteres. Dieser Schädel ist ebenfalls in Besitz der Kantonsschule Sursee.



Abb. 26: Schädel B von vorne, ungefähr im Verhältnis 1:1.5



Abb. 27: Erste zwei Halswirbel zu Schädel B von vorne, ungefähr im Verhältnis 1:1



Abb. 28: Schädel B in der Frankfurter Horizontale von rechts, ungefähr im Verhältnis 1:2



Abb. 29: Schädel B in der Frankfurter Horizontale von links, ungefähr im Verhältnis 1:2

2.1.2 Weitere Materialien

Zur Rekonstruktion wurde ein Duplikat von Schädel A mittels 3D-Drucker angefertigt. Um die gewünschte Lage des Schädels herzustellen wurden Heissleim, Sekundenkleber, Fimo-Knetmasse, ein 17 Zentimeter langer Holzstab mit 25 Millimeter Durchmesser und zwei Holzplatten verwendet, mit den Massen 60x60 bzw. 50x50 Zentimeter. Alle benötigten Materialien wurden im Baumarkt Coop Bau+Hobby erworben.

Zum Modellieren diente die STAEDLER Plastilin-Knete Noris Club vom Onlineshop officeb2b: Die Muskeln wurden in Rot geformt, die Drüsen in Violett und die Haut in Hautfarben. Ausserdem wurden ein Nudelholz, geeignetes Modellierwerkzeug, ein Drehteller und Messgeräte wie Lineal und Geometrie-Dreieck verwendet.

Für die Weichteildicke wurden Marker aus dünnen zugeschnittenen Holzstäben benutzt, welche ebenfalls im bereits erwähnten Baumarkt gekauft wurden.

Als Kunstaugen wurden blaugräuliche Schalenprothesen aus Kryolithglas des Schweizerischen Kunstaugen-Instituts in Luzern gewählt (Abb. 30).

Für authentisches Haar diente eine Kunsthaarperücke und Augenbrauen aus Echthaar vom Friseursalon Joos Salon de Coiffure in Sursee.

Passende Kunstwimpern konnten bei der Marke MAC Cosmetics besorgt werden. Die Augenbrauen wurden mit Mastix-Kleber fixiert, ebenfalls vom Friseur.

Die Wahl der Augen- und Haarfarbe sowie die der angebrachten Weichteildicken wurde aufgrund von Erkenntnissen, die sich im Resultatteil befinden, getroffen.

Für die Lackierung der Holzplatten setzte man Weisslack aus dem Baumarkt DO IT + GARDEN ein.



Abb. 30: Schalenprothesen aus Kryolithglas

2.2 Methode

2.2.1 Vor der Rekonstruktion

Da über Schädel B keinerlei Informationen verfügbar waren, musste er zuerst analysiert werden. Mit Herrn Dr. med. Rudolf Hauri wurden also am 4. April 2018 in Zug das Alter, Geschlecht, Ethnie, Pathologien und weitere Besonderheiten von Schädel B bestimmt.

Als Duplikat wurde ein Modell aus dem 3D-Drucker gewählt, weswegen Schädel A am 23. Juli 2018 bei der Firma NT K+D AG in Hombrechtikon mit dem EinScan-Pro+ Scanner von Shining3D gescannt wurde, was knapp 2 Stunden in Anspruch nahm (Abb. 31).

Aus der entstandenen STL-Datei (Kap. 8.1) wurde Schädel A in einem Stück aus weissem PLA (Kap. 1.3.5.1) mit dem Schmelzschichtungsverfahren (Fused Deposition Modeling (FDM) oder Fused Filament Fabrication (FFF) genannt) in wenig mehr als 100 Stunden gedruckt (Abb. 32 und 33). Die Auflösung lag dabei bei 0.2 Millimeter und die Füllung bei 60%.

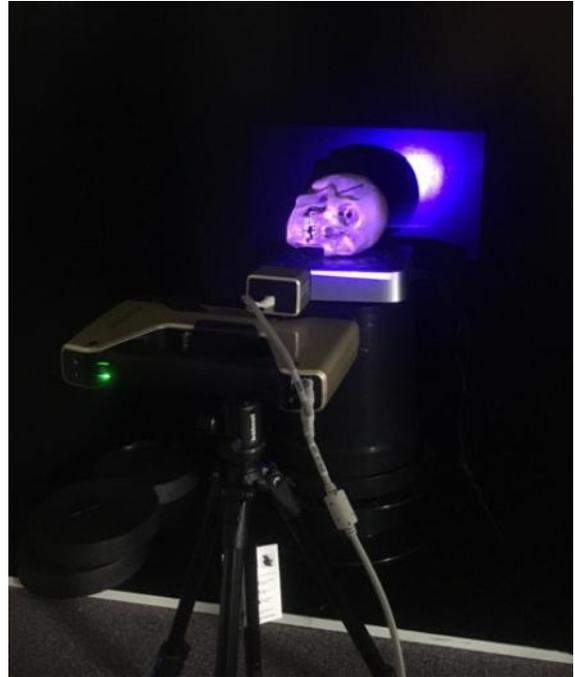


Abb. 31: Schädel A während des Scans bei der NT K+D AG in Hombrechtikon



Abb. 32: Das Duplikat von Schädel A während dem Druck



Abb. 33: Das Duplikat von Schädel A nach dem Druck, mit Stützstruktur



Abb. 34: Fertiggestelltes Duplikat aus PLA von Schädel A von vorne, ungefähr im Verhältnis 1:1.5



Abb. 35: Fertiggestelltes Duplikat aus PLA von Schädel A in der Frankfurter Horizontale von rechts, ungefähr im Verhältnis 1:1.5



Abb. 36: Fertiggestelltes Duplikat von Schädel A in der Frankfurter Horizontale von links, ungefähr im Verhältnis 1:1.5

2.2.2 Prozedur nach russischer Methode

Zuallererst musste darauf geachtet werden, dass der Mund die richtige Öffnung aufweist (Kap. 1.3.5.8). Da der Schädel schon in der empfohlenen Position gescannt worden war, konnte er direkt in der korrekten Form reproduziert werden.

Die Federn, welche durch das Präparieren Ober- und Unterkiefer verbinden, wurden am virtuellen Schädel vor dem Druck weitgehend entfernt, um die Weichteildicke in keiner Weise zu manipulieren. Als Unterlage dienten die zwei Holzplatten, welche aneinandergeschraubt wurden, da der Einsatz von zwei Platten der gesamten Konstruktion mehr Halt verschafft. Mit einem Forstnerbohrer wurde ein Loch mittig durch die beiden Platten gebohrt, der Holzstab darin platziert und angeklebt, sodass er senkrecht zur Ebene stand.

Als nächster Schritt galt es, das Schädelduplikat in der Frankfurter Horizontale am Holzstab zu befestigen, wozu eine simple Wasserwaage als Orientierung genutzt wurde. Um den Schädel stabil und präzise am Holzstab anzubringen, wurden Heissleim, Sekundenkleber und eine Fimo-Knetmasse verwendet. Die Schädelbasis und der Holzstab konnten mittels eines Knetklumpens, die Frankfurter Horizontale einhaltend, miteinander verbunden werden. Die Unterlage lag demnach parallel zur Horizontale.

Um später von den Weichteilmarkern nicht behindert zu werden, wurden dann gleich zu Beginn die Augen eingesetzt. Indem die Augenhöhlen zur richtigen Menge mit Plastilin gefüllt wurden, also so, dass die Augen am Schluss weit genug daraus herausragen, konnten sie mit Sekundenkleber angebracht werden. Es wurde nicht nur auf die korrekte Tiefe der Augen in der Augenhöhle geachtet, sondern auch auf die richtige Zentrierung und den geraden Blickwinkel (Kap. 1.3.5.6). Letzterer wurde der Einfachheit halber von Auge abgeschätzt.

Anschliessend wurden die Landmarks als Punkte mit einem Bleistift am Duplikat eingezeichnet. Die

Holzstäbe wurden auf die richtigen Längen abgemessen, mit einer Säge dementsprechend zugeschnitten und somit zu Weichteilmarkern umfunktioniert. Gewählt wurden die in Tabelle 6 vorgestellten Weichteilmarker, da sie sehr präzise und allumfassend sind. Aufgrund vorangehender Maturaarbeiten und dem gesamten Skelett zu Schädel A sind viele Informationen über letzteren verfügbar und wurden demnach auch genutzt, um eine möglichst vollständige und akkurate Rekonstruktion zu kreieren. [4], [7]

Passend zu den Erkenntnissen über Person A wurden also Werte für ein Individuum gewählt, das zwischen 30 und 39 Jahren alt, männlich und europäischen Ursprungs ist und einen mittleren BMI aufweist.

Diese Marker wurden mehr oder weniger senkrecht zur Fläche mit Heissleim ans Duplikat geklebt. Vorerst konnten alle Holzstäbchen angebracht werden.

Danach wurden die Muskeln modelliert. Aus zeitlichen Gründen wurde direkt bei der Gesichtsmuskulatur begonnen, da die Hals- und Nackenregion gegebenenfalls auch zum Schluss noch angefügt werden kann. Um die Muskeln korrekt zu formen, wurde nebst den Abbildungen von C. Wilkinson mit Anatomie-Atlanten gearbeitet. [21], [22]

Zunächst wurden die einzelnen Muskelkonturen mit Bleistift am Schädel eingezeichnet. Nach der empfohlenen Reihenfolge (Tab. 8) wurden die Muskeln (inklusive der, die nicht als zwingend erachtet werden) auf den Schädel aufgetragen, wobei immer einige Millimeter der Weichteilmarker für die Hautschicht freigelassen wurden. Die Muskulatur wurde teils von Hand und teils mithilfe von Modellierwerkzeug geformt oder je nach Grösse und Beschaffenheit mit einem Nudelholz ausgewallt.

Nach dem *Musculus orbicularis oculi* wurde die grobe Nasenform, sprich der Nasenknorpel, inklusive Stützstruktur aus feinen Holzstäben nach Kapitel 1.3.5.7 geformt. Die Marker 5, 17/38 und 18/39 waren dabei aber störend und mussten entfernt werden.

Danach wurde mit den restlichen Muskeln weitergefahren, bis und mit *Musculus occipitofrontalis*. Vor dem letzten, bei der russischen Gesichtsrekonstruktion berücksichtigten Muskel, dem *Musculus risorius*, wurde noch die einzige Drüse modelliert. Die Ohrspeicheldrüse wurde aus kleinen Klumpen über die jeweiligen Muskeln aufgetragen.

Nachdem die Gesichtsmuskulatur und die Drüse auf beiden Seiten vollständig gebildet waren, wurde noch der Hals mithilfe der drei berücksichtigten Muskeln geformt. Der Nacken, ein Teil der Schultern, des Rückens und der Brust wurde ebenfalls modelliert. Die Breite des Oberkörpers orientierte sich an der des Skeletts, dessen Schlüsselbeine insgesamt ungefähr 34 Zentimeter lang sind.

Schliesslich wurde als zweite Schicht die Haut aufgetragen. Dafür musste zum einen der Weichteilmarker 27/48 auf der linken Seite und zum anderen der Marker 6 entfernt werden, da der linke Unterkiefer und die Oberlippe sonst zu dick und prominent geworden wären. Ausserdem wurde an einigen Stellen über und zwischen die Muskeln kleine Plastilinklumpen angesetzt, um das subkutane Fett an den Wangen zu imitieren. Um diese letzte Schicht möglichst dünn und eben zu gestalten, wurde sie mit einem Nudelholz ausgewallt und in möglichst grossen Stücken am Schädel angebracht.

Abschliessend wurden Ohren, Nase, Mund und Augenlider ausgeformt. Für die Lippen wurde je ein Bisschen vom roten und vom hautfarbigen Plastilin vermischt.

Die Hautschicht verdeckte die Holzmarker schlussendlich nur knapp, um das Ergebnis so wenig wie möglich zu verpfuschen.

Für ein noch echteres Aussehen wurden zudem Augenbrauen mit Mastix-Kleber, Wimpern und Haare zur Rekonstruktion hinzugefügt.

Mit einem Föhn wurde das Plastilin leicht erwärmt, sodass es weicher und leichter zu glätten wurde. Bei der gesamten Rekonstruktion diente nebst der Literatur eine Video-Aufnahme einer russischen Gesichtsrekonstruktion in Echtzeit als Orientierung. [6], [14], [23]

Aus ästhetischen Gründen wurden die Holzplatten als Feinschliff zum Schluss noch weiss lackiert, da durch das Plastilin die Unterlage stark befleckt worden war.

3 Resultate

3.1 Analyse von Schädel B

3.1.1 Allgemein

Allgemein ist der Oberkiefer des Schädels, im Gegensatz zum Unterkiefer, noch sehr gut erhalten. Unter- und Oberkiefer passen nicht aufeinander, da der Unterkiefer im Vergleich zum Oberkiefer schief und zu kurz wäre (Abb. 37).

Der Unterkiefer ist gelblicher als der Rest und wurde mit einem kleberartigen Material auf der rechten äusseren Seite irgendwie aufgefüllt (Abb. 37). Zudem ist die Lackierung des Unterkiefers leicht fleckig und an der Innenseite sind kleine Blutflecken sichtbar.

Rechts fehlt der Jochbogen, da er post mortem abgebrochen ist, während er auf der linken Seite durchbrochen ist.

Die vorhandenen Halswirbel (Atlas und Axis) sind im Vergleich zum Hinterhauptsloch des Schädels zu klein (Vergleich Abb. 38 und 39) und wurden nachträglich an den Schädel angeklebt. [1]



Abb. 37: Unterkiefer von Schädel B von rechts

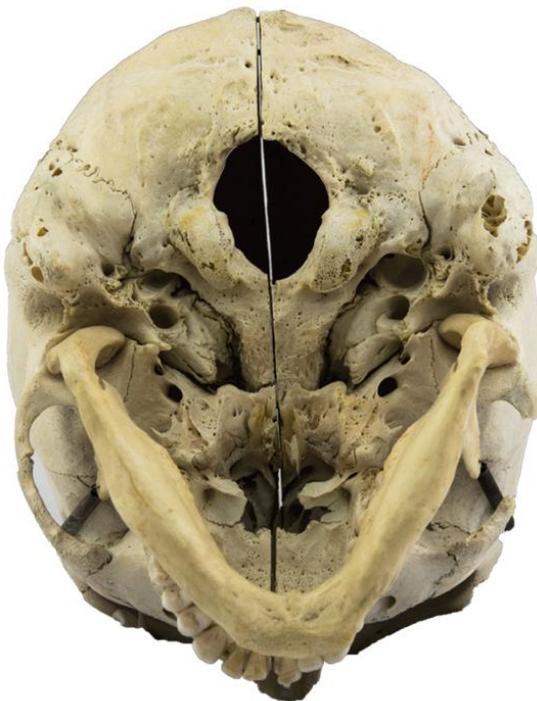


Abb. 38: Schädel B von unten



Abb. 39: Erste zwei Halswirbel von Person B von oben

3.1.2 Präparation

Der Schädel ist präpariert, und zwar wurde ein Sagittalschnitt⁶ gemacht; die Verschlüsse, welche die Schädelhälften zusammenhalten, sind aus Messing, ebenso die Federn, welche Ober- und Unterkiefer verbinden. Präparierte Schädel sind oftmals mit einem kleinen Zeichen oder Buchstaben der jeweiligen Firma beschriftet, bei diesem Schädel wurde jedoch weder innen, noch aussen eine Signatur hinterlassen. [1]

3.1.3 Alter

3.1.3.1 Verknöcherungsgrad der Schädelnähte

Tab. 10: Altersbestimmung anhand der Verknöcherung der Schädelnähte von Schädel B [2]

Schädelnaht	Abschnitt der Schädelnaht	Zugeordnete Phase	Obliterationsgrad	Phase	Altersbereich	Mittleres Alter
Kranznaht	C1	4	$(4 + 4 + 2 + 4 + 4 + 4 + 4 + 0 + 0 + 0) \div 16 = 1.625$	II	30-60 Jahre	43.7 Jahre
	C2	4				
	C3	2				
Pfeilnaht	S1	4				
	S2	4				
	S3	4				
	S4	4				
Lambda-naht	L1	0				
	L2	0				
	L3	0				

3.1.3.2 Gebiss

Das Gebiss des Oberkiefers ist sehr gut erhalten und vollständig. Die Zähne sind noch scharfkantig, wenig abgenutzt und ragen weit aus dem Zahnfleisch hinaus. Es sind ausserdem keinerlei Karieslöcher vorhanden, und allgemein scheinen die Zähne des Oberkiefers in gutem gesundheitlichen Zustand zu sein.

Der erste und dritte Backenzahn, der erste Vorbackenzahn, der Eckzahn und die beiden Schneidezähne des linken Oberkieferastes, sowie die Schneidezähne des rechten Oberkieferastes wurden nachträglich an den Schädel angeklebt.

Der erste Schneidezahn des linken Oberkieferastes weist eine post mortem Fraktur auf, da ein Teil des Zahnes scharfkantig abgesplittert ist.

⁶ Vertikale Teilung des Schädels in zwei Hälften.

Das Gebiss des Unterkiefers ist deutlich abgenutzt: Im linken Unterkieferast fehlen alle Backenzähne, während rechts sowohl der erste Vorbackenzahn als auch der erste und zweite Backenzahn ausgefallen sind. Da keine Mulden anstelle der Zähne sichtbar sind, sind die jeweiligen Zähne zu Lebzeiten verloren gegangen.

Die Kanten der Zähne des Unterkiefers sind eher abgeschliffen und die einzelnen Zähne sind auffallend dünn. Anhand der ehemaligen Höhe des Zahnfleisches kann man erkennen, dass die Zähne im Laufe der Jahre sehr viel kürzer geworden sind: Wäre das Zahnfleisch kurz vor dem Tod noch so hoch gewesen, wäre nur noch ein Bruchteil der Zähne sichtbar gewesen.

Weder unten, noch oben im Kiefer sind Weisheitszähne aufzufinden. [1], [2]

3.1.4 Geschlecht

Tab. 11: Zusammenstellung geschlechtsspezifischer Merkmale von Schädel B [1], [2]

Merkm ^{al}	Schädel B
Gesamterscheinung	Rund, glatt
Grösse	Ziemlich gross
Muskelansatzlinien	Ausgeprägt
Augenbrauenwülste	Wenig ausgeprägt
Glabella	Eher schwach ausgeprägt
Mastoid	Gross, voluminös, breit
Stirnbein- und Scheitelbeinhöcker	Abgrenzbar, stark ausgeprägt
Gaumen	Eher parabolisch
Augenhöhlen	Scharfe Ränder
Stirn	Hoch
Zähne	Durchschnittlich
Jochbogen	Wölbt sich wenig nach aussen, schwach ausgeprägt und liegt weit zurück.
Arcus superciliaris	Klein, wenig hervortretend
Unterkiefer allgemein	Die Symphysenhöhe ist relativ hoch. Das Kinn ist breit und etwas hervorstehend. Der Unterkieferast ist breit und steil.
Nasenzwurzelregion	Eher schwach ausgebildet
Überaugenregion	Schwach ausgeprägt, glatt
Nackenmuskelansatzstelle	Ausgeprägt
Mentum	Eher kräftig
Gonionwinkel	Eher rechtwinklig
Gonion	Sehr rau
Nasenbein	Wenig hervorstehend

3.1.5 Ethnie

Der Schädel ist allgemein eher hoch und schmal, und die Scheitelkontur ist deutlich abgerundet. Die Augenhöhlen sind eher breit als hoch und die Jochbögen liegen weit zurück. Der Oberkiefer ist nicht auffallend prominent, sondern liegt im Gegenteil weit zurück. Das gesamte Gesicht erscheint aufgrund der Höhe des Jochbeins ziemlich flach. [1], [2]

3.1.6 Pathologie

Der Schädel ist leicht deformiert, die Hirnkapsel ist nämlich auffallend rund und hoch, demzufolge liegt ein schwach ausgeprägter Turmschädel vor (auch Kurzköpfigkeit oder Brachycephalie genannt). Solche Deformationen entstehen wenn sich die Schädelnähte zu schnell schliessen, da das Gehirn wächst; die Schädelform hängt unter anderem stark von der Elastizität der Schädelnähte ab.

Am Unterkiefer ist eine Knochenauflösung denkbar, da die sichtbaren Zahnhälse sehr lang, also stark freigelegt sind. Der Knochen ist folglich zurückgegangen und das Zahnfleisch war entzündet (Parodontitis). Dies könnte am fortgeschrittenem Lebensalter, einer Rauchgewohnheit oder allgemein am Lebensstil liegen.

Die Person hatte eine leichte Nasenscheidewandverkrümmung zur linken Seite, da die Nasenscheidewand links etwas verengt und versetzt ist. Rechts war das Nasenloch also leicht grösser und aktiver. [1]

3.2 Schädel A

Als Analyse von Schädel A bezüglich Alter, Geschlecht, Herkunft und Krankheiten dienten Resultate früherer Untersuchungen. [4], [7] Die Analyse wurde für diese Arbeit nicht wiederholt.

3.2.1 Dreidimensionale Gesichtskonstruktion

3.2.1.1 Berechnungen am Schädel

Tab. 12: Berechnung der Dicke der Lippe anhand der Ethnie [4], [5]

Ethnie	Dicke der Oberlippe (mm)	Dicke der Unterlippe (mm)	Totale Dicke der Lippen (mm)
Weisse Europäer	$0.4 + 0.6 \times 10 = 6.4$	$5.5 + 0.4 \times 12 = 10.3$	$3.3 + 0.7 \times 22 = 18.7$

Tab. 13: Berechnung der Breite der Nase [14]

Breite (mm)	
Apertura piriformis	Nase
21	$(21 : 3) \times 5 = 35$

3.2.1.2 Bilder



Abb. 40: Schädelduplikat von Schädel A mit angebrachten Weichteilmarkern und Kunstaugen von vorne, ungefähr im Verhältnis 1:4



Abb. 41: Schädelduplikat von Schädel A mit angebrachten Weichteilmarkern und Kunstaugen von hinten, ungefähr im Verhältnis 1:4

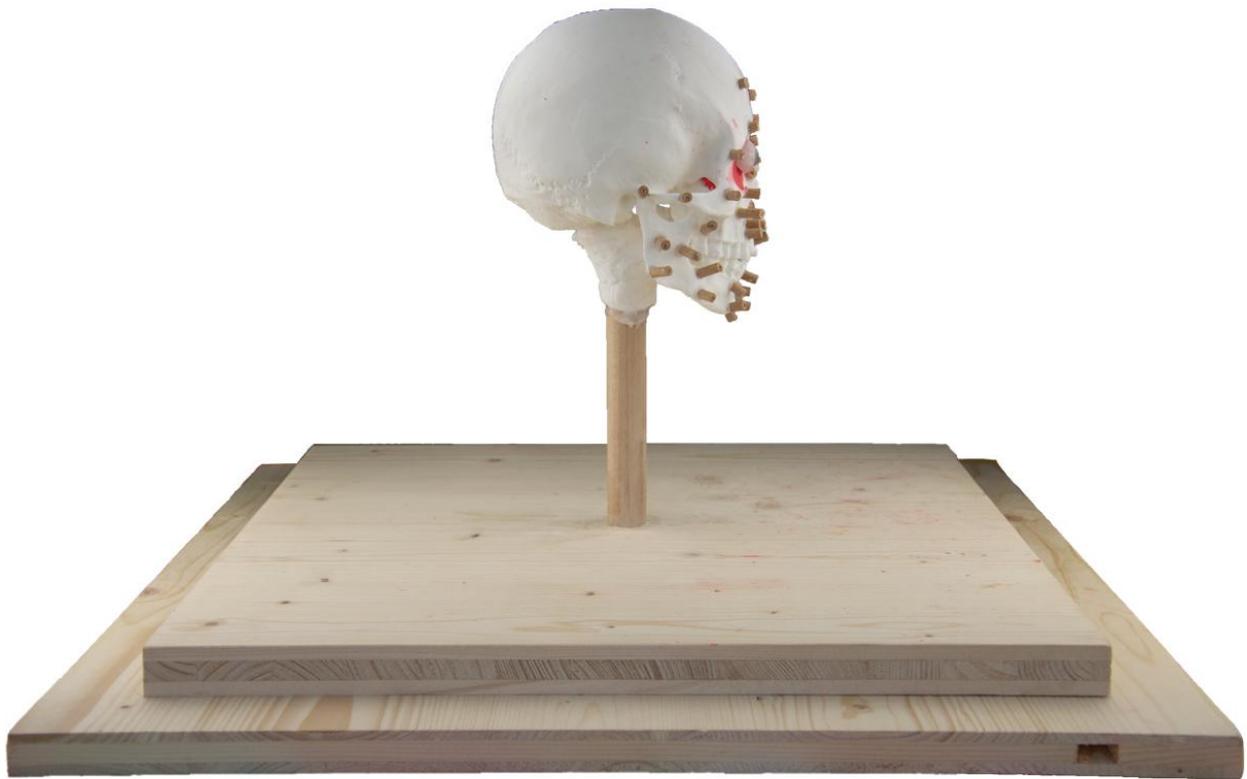


Abb. 42: Schädelduplikat von Schädel A mit angebrachten Weichteilmarkern und Kunstaugen in der Frankfurter Horizontale von rechts, ungefähr im Verhältnis 1:4

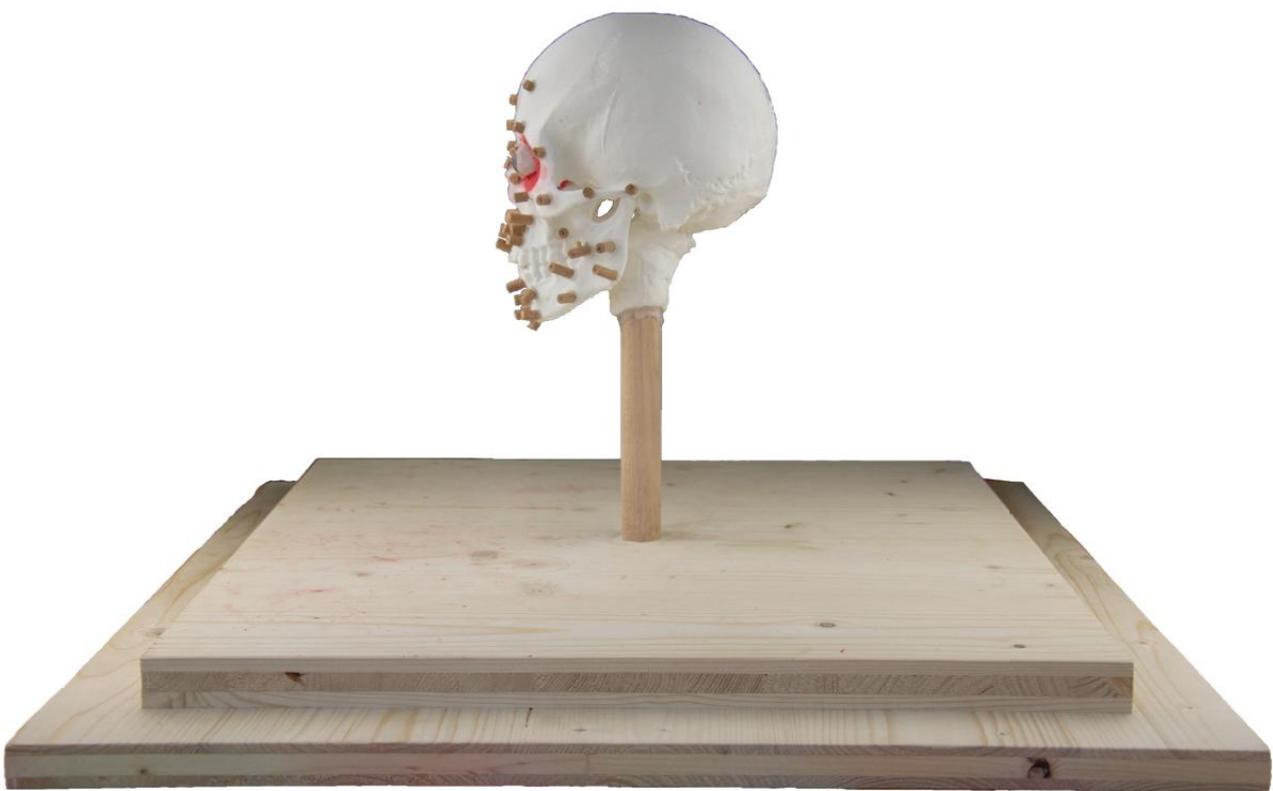


Abb. 43: Schädelduplikat von Schädel A mit angebrachten Weichteilmarkern und Kunstaugen in der Frankfurter Horizontale von links, ungefähr im Verhältnis 1:4



Abb. 44: Schädelduplikat von Schädel A mit angebrachten Weichteilmarkern und Kunstaugen seitlich, ungefähr im Verhältnis 1:2



Abb. 45: Schädel A mit rekonstruierten Muskeln und Drüsen von vorne, ungefähr im Verhältnis 1:4. Die Muskeln sind rot und die Drüsen violett dargestellt.

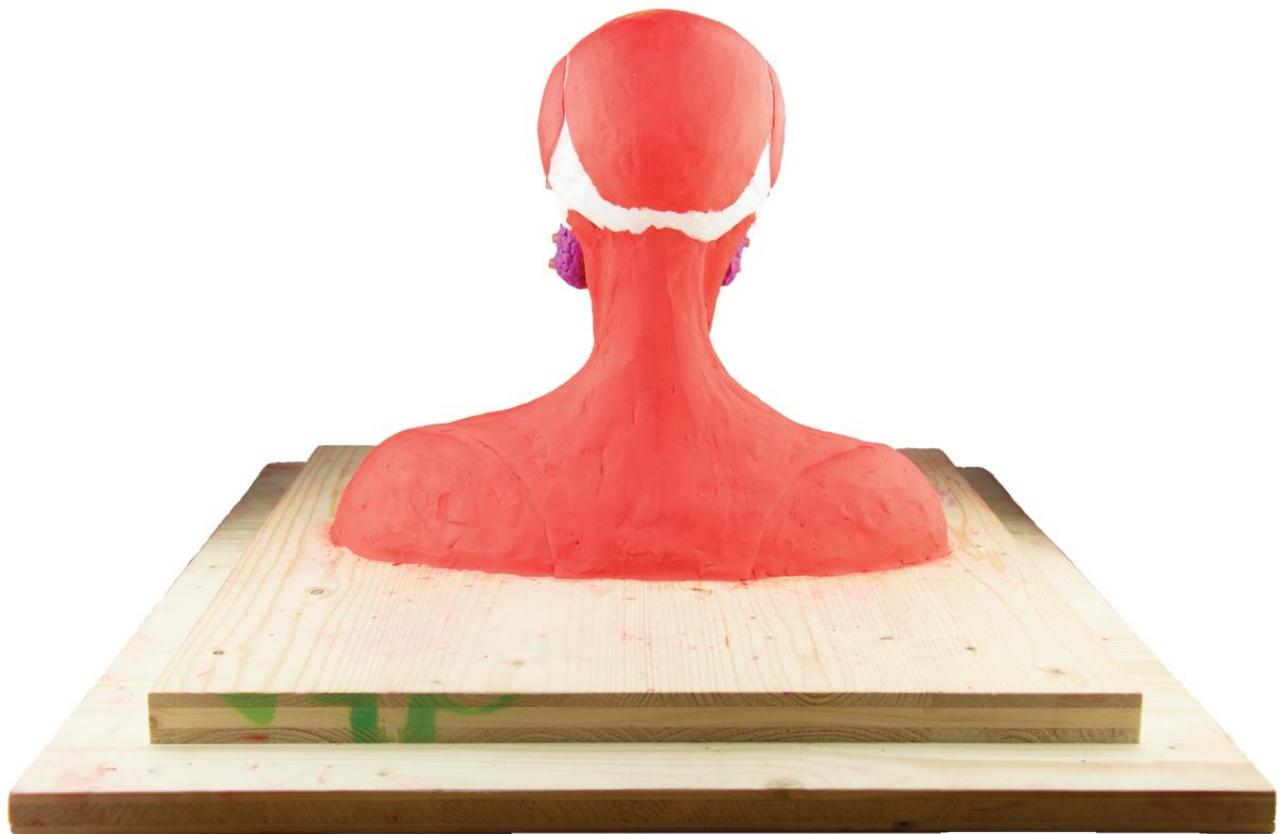


Abb. 46: Schädel A mit rekonstruierten Muskeln und Drüsen von hinten, ungefähr im Verhältnis 1:4. Die Muskeln sind rot und die Drüsen violett dargestellt.

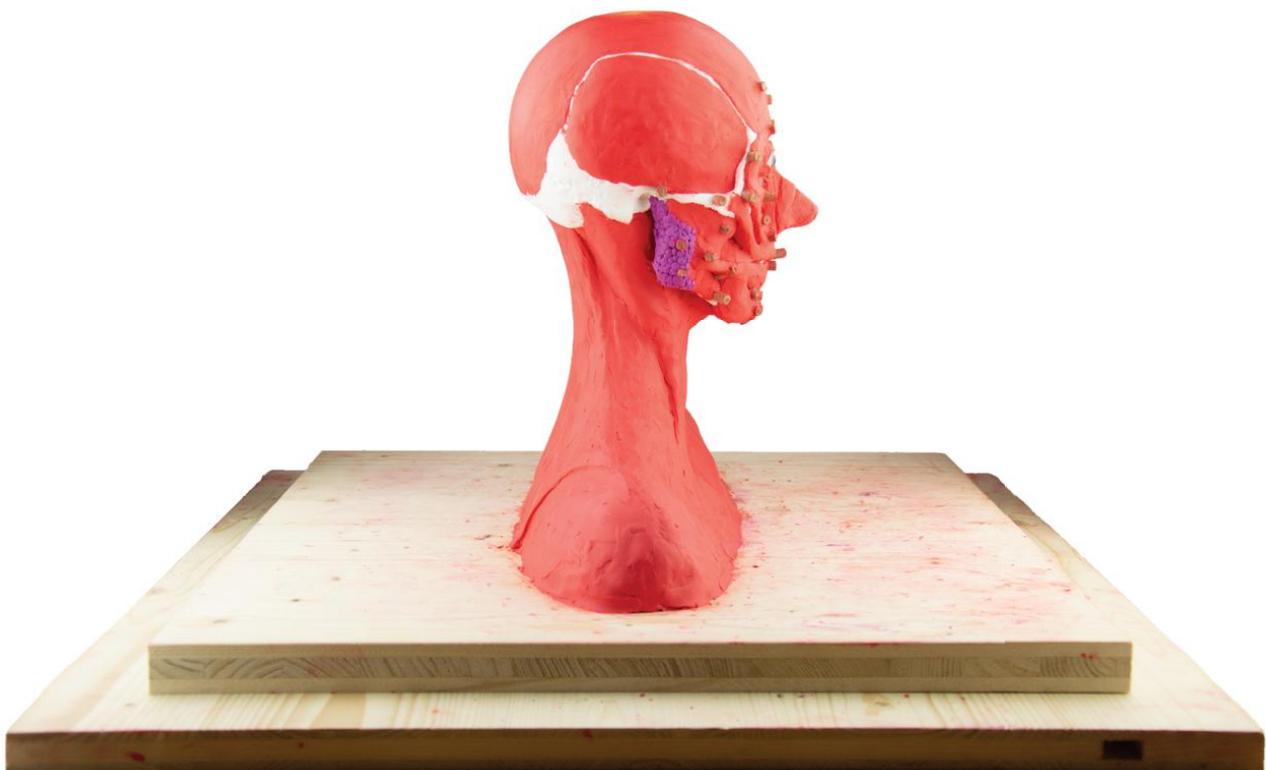


Abb. 47: Schädel A mit rekonstruierten Muskeln und Drüsen von rechts, ungefähr im Verhältnis 1:4. Die Muskeln sind rot und die Drüsen violett dargestellt.

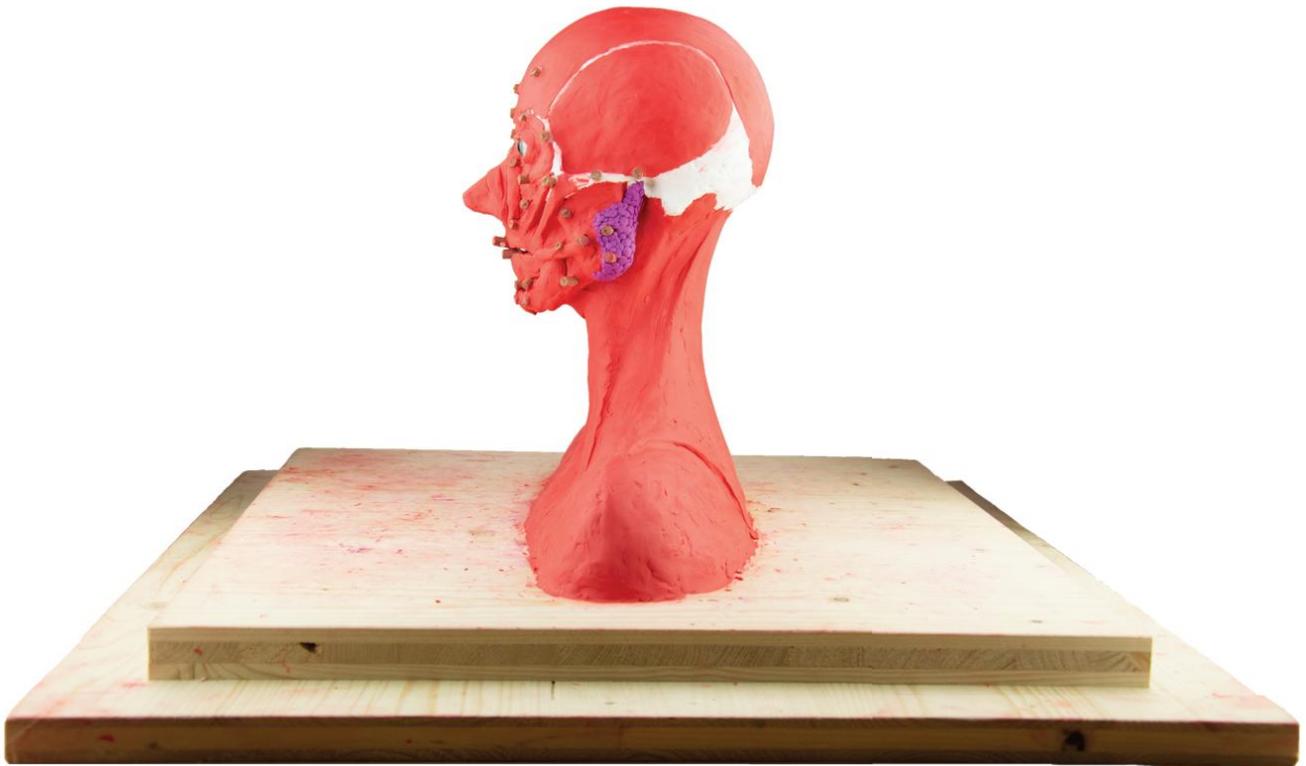


Abb. 48: Schädel A mit rekonstruierten Muskeln und Drüsen von links, ungefähr im Verhältnis 1:4. Die Muskeln sind rot und die Drüsen violett dargestellt.



Abb. 49: Schädel A mit rekonstruierten Muskeln und Drüsen seitlich, ungefähr im Verhältnis 1:2. Die Muskeln sind rot und die Drüsen violett dargestellt.



Abb. 50: Schädel A mit rekonstruierter Haut von vorne, ungefähr im Verhältnis 1:4



Abb. 51: Schädel A mit rekonstruierter Haut von hinten, ungefähr im Verhältnis 1:4



Abb. 52: Schädel A mit rekonstruierter Haut von rechts, ungefähr im Verhältnis 1:4



Abb. 53: Schädel A mit rekonstruierter Haut von links, ungefähr im Verhältnis 1:4



Abb. 54: Schädel A mit rekonstruierter Haut seitlich, ungefähr im Verhältnis 1:2



Abb. 55: Vollendete Gesichtskonstruktion von Schädel A von vorne, ungefähr im Verhältnis 1:4



Abb. 56: Vollendete Gesichtskonstruktion von Schädel A von hinten, ungefähr im Verhältnis 1:4



Abb. 57: Vollendete Gesichtskonstruktion von Schädel A von rechts, ungefähr im Verhältnis 1:4



Abb. 58: Vollendete Gesichtskonstruktion von Schädel A von links, ungefähr im Verhältnis 1:4



Abb. 59: Vollendete Gesichtskonstruktion von Schädel A seitlich, ungefähr im Verhältnis 1:2

4 Diskussion

4.1 Schädel B

4.1.1 Allgemein

Die Halswirbel, Ober- und Unterkiefer von Schädel B gehören mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit nicht zur selben Person. Das Gebiss passt überhaupt nicht aufeinander; ein Mensch mit solchen Knochen wäre nicht mal im Stande zu kauen. Zudem fällt bei einem fehlenden Zahn sein Antagonist im Gegenkiefer auch immer aus, was hier nicht immer der Fall ist. Für mehr als ein einziges Individuum sprechen ausserdem die divergierenden Resultate bezüglich Alter, Geschlecht und Pathologie und die unterschiedliche Präparationsweise und -qualität der beiden Kieferteile. Die Kiefergelenke passen vermutlich aus reinem Zufall zusammen, beziehungsweise da man Ober- und Unterkiefer anhand dieses Kriteriums gewählt und zusammengesetzt hat. Atlas und Axis müssen zu einem kleineren Schädel gehört haben; möglich wäre höchstens, dass sie von derselben Person wie der Unterkiefer kommen, dies ist aber nur eine Spekulation.

Solche wahllosen Mischungen waren früher allerdings alles andere als verpönt und galten als üblich. [1]

Die Kurzköpfigkeit beeinflusst natürlich die Form und somit alle typischen Merkmale am Schädel, was einige Untersuchungen gegebenenfalls beeinträchtigte.

4.1.2 Präparation

Anhand der Präparationsart von Schädel B kann bestätigt werden, dass der Schädel als Studienobjekt genutzt wurde. Der angewandte Sagittalschnitt ist ein klassischer Studienschnitt, der zum Zuge kommt, wenn man den Schädel bestmöglich erforschen will. Hätte man den Schädel aus medizinischen oder gerichtsmedizinischen Gründen aufbewahrt, wäre ein Obduktionsschnitt⁷ gemacht worden.

Der deutlich gelblichere Ton des Unterkiefers im Vergleich zum Rest ist auf die Verwendung eines anderen Lacks zurückzuführen. Ein solcher Schädel besteht nicht mehr aus Knochen, sondern nur noch aus Kalk, der immer die gleiche weisse Farbe aufweist. Generell kann gesagt werden, dass der Unterkiefer insgesamt mit weniger Sorgfalt präpariert wurde als der Oberkiefer, da die Lackierung fleckig ist, und stets Blutspuren sichtbar sind.

Denkbar ist aber, dass der Schädel gar nicht aus dem Pathologischen, sondern aus dem Anatomischen Institut stammte, da eher letzteres menschliche Körper zu Studienzwecken zur Verfügung gestellt bekommt.

Der Einsatz von Verschlüssen und Verbindungsfedern aus Messing ist definitiv veraltet. Der Schädel wurde demnach sicherlich in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts präpariert, vermutlich schon vor 1930, in den 10er oder 20er Jahren.

⁷ Art der Leichenöffnung zur Feststellung der Todesursache und zur Rekonstruktion des Sterbevorgangs.

Zu diesen Zeiten war der Umgang mit Leichenteilen viel lockerer und weniger kontrolliert als heutzutage, was man schon allein am Mischen und Zusammenbasteln von vielleicht drei völlig verschiedenen Personen an nur einem Schädel gut nachvollziehen kann. Folglich besteht sogar die Möglichkeit, dass Schädel B illegal beschafft wurde.

Da von der zur Präparation beauftragten Firma kein Zeichen hinterlassen wurde, wäre es noch viel schwieriger herauszufinden, wem der Schädel gehörte, bzw. nahezu unmöglich, die einzelnen Teile davon jemandem zuzuordnen. [1]

4.1.3 Alter

Der Oberkiefer von Schädel B gehörte einem Menschen im jüngeren Erwachsenenalter, schätzungsweise um die 30 Jahre alt. Dies ist besonders an dem auffallend guten Zustand der Zähne zu deuten. Möglich wäre daher auch, dass die Person zwar schon etwas älter war, jedoch einer sehr hohen Gesellschaftsklasse angehörte und demnach keinen Zuckerkonsum aber dafür gute Mundhygiene genoss.

Das Alter, welches anhand des Obliterationsgrades der Schädelnähte berechnet wurde, ist zwar nicht völlig abwegig, hier aber aufgrund der Brachycephalie eigentlich komplett zu ignorieren. Eine Kurzköpfigkeit beeinflusst die Entwicklung der Schädelnähte massiv und allgemein ist die Methode des Verknöcherungsgrades sehr individuell und daher auch nicht am zuverlässigsten. Logisch wäre, dass das Alter mit der Berechnung zu hoch fallen würde (weil die Schädelnähte sich wegen der Deformation zu schnell schliessen), was hier also gut möglich ist.

Am Turmschädel zu deuten schlossen sich die Schädelnähte von Schädel B wahrscheinlich schon in der Wachstumsphase. Wäre dies wirklich der Fall gewesen, könnten zwischen dem Alter nach den Zähnen und dem nach den Nähten ungefähr 30 bis 40 Jahre liegen, was eine genaue Bestimmung stark verkompliziert. [1], [2]

Der Unterkiefer von Schädel B stammt von einer um einiges älteren Person als der Oberkiefer. Dies wird vor allem an dem offensichtlich schlechteren Zustand des Gebisses klar. [1], [2]

Die Knochen der Halswirbel sind recht dünn und deuten auf einen Erwachsenen hin. [1], [2]

4.1.4 Geschlecht

Der Oberkiefer von Schädel B spricht eher für eine Frau, da die allermeisten Geschlechtsbestimmungskriterien auf eine weibliche Person zutreffen. Allein die stärkere Ausprägung der Mastoiden, der Muskelansatzstellen und die Grösse weisen männliche Züge auf.

Der Unterkiefer an sich ist klar männlich, wenn auch vermutlich etwas kleiner als der Durchschnitt: Obwohl der Oberkiefer weiblich und demnach eher zierlich sein sollte, passen die Kiefergelenke gut aufeinander und die beiden Knochen sind optisch relativ gut kompatibel. [1], [2]

Zu den Halswirbeln kann keine Aussage getroffen werden. [1], [2]

4.1.5 Ethnie

Die Bestimmung der Ethnizität von Schädel B ist ziemlich problematisch, da viele Kriterien dazu sich gleichzeitig an Unter- und Oberkiefer orientieren und hier somit wegfallen.

Grundsätzlich könnte man schon aufgrund des Datums und Ortes des Erhalts des Schädels auf eine europäische Herkunft schliessen. [8]

Die allgemeine Form des Oberkiefers und der Augenhöhlen, sowie die Position der Jochbögen sprechen für einen Kaukasier, der Oberkiefer liegt aber ziemlich weit zurück, was eher auf einen mongoloiden Schädel deuten würde. Generell weist Schädel B mehr typisch kaukasische Merkmale auf, zeigt aber oft auch leicht asiatische Züge, was jedoch nicht verwunderlich ist, da sogar der Schädel einer Person europäischen Ursprungs wohl selten exakt dem Kaukasier-Schädel-Stereotyp entspricht. Es sind keinerlei afrikanische Merkmale zu beobachten. [1], [2]

Der Unterkiefer und die Halswirbel allein geben zu wenig Informationen bezüglich Ethnie, dennoch könnte man auch hier auf einen Europäer schliessen, aufgrund des Erhalts vor 50 bis 100 Jahren in Europa. [8]

4.1.6 Pathologie

Aufgrund des unüblichen Turmschädels, des asiatischen Einflusses, des jungen Sterbealters, der äusserst gepflegten Zähne und des Vermachens an die Pathologie bzw. Anatomie ist die Diagnose Trisomie 21 möglich, dies ist jedoch nur eine Spekulation. Bei Menschen mit Down-Syndrom tritt Brachycephalie des Öfteren auf, sowie ein gewisser östlicher Touch stets erkennbar ist («Mongolismus»). Leider wurden körperlich sowie geistig behinderte Menschen früher geradezu von der Gesellschaft ausgeschlossen, nicht speziell umsorgt und konsumierten mit Sicherheit keine Süssigkeiten, was, zusammen mit der eher tiefen Lebenserwartung, das gute Gebiss erklären würde. Jedoch lag die durchschnittliche Lebenserwartung bei Europäern mit Down Syndrom 1929 noch bei neun Jahren, was dem vollständig ausgebildeten Gebiss und dem geschätzten Lebensalter widersprechen würde. [1], [24]

4.2 Schädel A

4.2.1 Dreidimensionale Gesichtsrekonstruktion

Die Resultate der dreidimensionalen Gesichtswichteilrekonstruktion von Schädel A sind sehr kritisch zu deuten. Da keine Photographie der Person vorliegt, ist es nicht möglich, die Wiedererkennbarkeit der Rekonstruktion zu bewerten.

Die Muskeln wurden eigentlich viel zu dick aufgetragen; die reale Muskulatur allgemein aber besonders die des Gesichtes ist ausgesprochen dünn. [21], [22] Da man aber nur zwei Schichten aufträgt und somit auf Fett, Nerven usw. verzichtet, bzw. letztere in der Haut- und/oder Muskelschicht mitberechnet, ist dies in Ordnung. Die Muskeln wurden ausserdem ziemlich beleibt modelliert, um sicherzustellen, dass sie dem Gesicht noch Form verleihen, was ja letztendlich der Grund für eine russische und nicht amerikanische Rekonstruktion ist. Wäre die Hautschicht nämlich am fülligsten, könnte man sich das aufwendige Formen der Muskulatur gleich sparen.

Auch bezüglich Weichteilmarker sind einige Kritikpunkte aufgetreten. Der Weichteilmarker 27/48 auf der linken Seite ist nämlich viel zu kurz für Schädel A, da er nicht mal gleich breit wie die äusseren Punkte des jeweiligen Jochbeins ist (Abb. 40), und der Unterkiefer somit viel zu schmal gewesen wäre. Auch die Marker 5, 6, 17/38 und 18/39 mussten entfernt werden, da sie beim Modellieren der Lippen und der Nase störten. Dies wäre bei den eher längeren Markern des FBI Laboratory (Abb. 11) gegebenenfalls besser gewesen. Bei letzteren gäbe es ausserdem noch einen Weichteilmarker am Oberkopf, dessen Hautdicke jedoch sowieso durch das Haar beeinflusst wird und eigentlich vernachlässigt werden kann, und somit kein signifikantes Kriterium zur Auswahl der Weichteilmarker darstellt.

Auch das gewählte Alter von 30 bis 39 Jahren der Weichteilmarker ist fragwürdig, da Schädel A auf 25 bis 35 Jahre geschätzt wurde.

Über die Farbe der Augen kann man sich definitiv ebenfalls streiten. Aufgrund der asiatischen Züge des Schädels wäre eine dunklere Augenfarbe natürlich denkbar gewesen. Da man in der Forensik bei Unwissen jedoch auf Schwarz oder Grau zurückgreift (Kap. 1.3.5.6), erschien ein gräulicher Ton dann doch neutraler, zumal ja nicht feststeht, dass die Augen wirklich dunkel waren.

Auch die Haarfarbe und -beschaffenheit hat einen grossen Einfluss auf das Aussehen des Menschen, und man muss sich die Frage stellen, ob der Einsatz einer beliebigen Perücke zulässig ist, wenn keine bestimmten Informationen zu den Haaren vorhanden sind.

Des Weiteren kann andere Körperbehaarung wie ein Bart oder besonders buschige Augenbrauen das Äussere völlig verändern.

Der gewählte BMI ist ebenso strittig, denn zu den Lebzeiten der Person von Schädel A (Kap. 2.1.1) ist auch ein untergewichtiger Wert gut denkbar. Ein sehr mageres, knöchiges Gesicht oder gar ein Doppelkinn oder ähnliches können die Gesichtszüge und somit das Aussehen stark verändern. Infolgedessen wäre das Bild des Menschen stark verfälscht.

In der vorliegenden Arbeit wurde nebst dem Gesicht und dem Hals noch ein Teil der Schulter- und Brustregion rekonstruiert; da das Modellieren dieser Partie lediglich auf der Ausmessung der Breite des Oberkörpers des Skeletts beruht, und keine weiteren, geprüften Grundlagen wie Muskeln zur Orientierung eingesetzt wurden, ist auch dieses Vorgehen diskutabel.

Zuletzt hat die unecht wirkende Farbe des Plastilins noch einen negativen Einfluss auf die Gesamterscheinung und könnte durch einen genaueren Farbton oder geeigneteres Material ersetzt werden.

Generell bräuchte man schlicht und einfach mehr Informationen über die Person, um die Unsicherheiten auszumerzen und eine korrekte Rekonstruktion zu erstellen.

4.3 Vorschläge für Folgeuntersuchungen

Da jede Methode für sich eigene Unsicherheiten aufweist, werden in der Forensik bei Zweifeln oftmals mehrere Vorgehensweisen angewendet (anthropologische Untersuchungen und Beobachtungen aber auch Tests), weswegen auch hier weiterführende Beobachtungen angebracht wären.

Um mehr über die Schädel A und B zu erfahren, und um die aufgestellten Hypothesen zu bestätigen oder zu widerlegen, würde sich ein DNA-Test anbieten. Gerade bei Schädel B wäre eine gesicherte Analyse der einzelnen Teile interessant, wobei aber fragwürdig ist, ob dies überhaupt möglich ist. Da der Schädel ja nur noch aus Kalk besteht und vermutlich das gesamte DNA-enthaltende Material rausgelöst wurde, könnte man einen solchen Test nur noch an den Zahnwurzeln in Betracht ziehen, sofern diese stets gut konserviert sind.

Ebenso spannend wären allgemeine zahnforensische Untersuchungen inklusive Zahnschmelzanalyse. Als eher die Informatik betreffende Arbeit käme die weitere Bearbeitung der aus der Computertomographie generierten STL-Datei in Frage, um sie möglicherweise sogar brauchbar zu machen.

Nach dieser Maturaarbeit könnte man auch eine erneute Rekonstruktion desselben Schädels in Betracht ziehen. Allein die Verwendung eines anderen Materials zum Modellieren, wie beispielsweise Ton würde das Ergebnis wahrscheinlich komplett verändern, sowie ein unterschiedliches Duplikat, zum Beispiel aus Gips. Vorstellbar wäre auch eine andere Wahl bezüglich Augen- und Haarfarbe und/oder Weichteilmarker. Nicht weniger aufschlussreich wäre wohl der Einsatz der amerikanischen oder möglicherweise gar der computergestützten Rekonstruktionsmethode und ein daraus folgender Vergleich der Methoden.

5 Reflexion

Von Anfang an war mir bei der Wahl meiner Maturaarbeit klar, dass ich mich mit einem Thema der Biologie, und zwar am liebsten mit einem menschlichen Schädel beschäftigen möchte. Genauer gesagt mit dem Schädel, der schon jahrelang bei mir Zuhause herumlungerte und langsam drohte, in Vergessenheit zu geraten.

Nach einigen Gesprächen mit meinem Biologielehrer Herr Stadler entschied ich mich dann, ziemlich risikofreudig und positiv gestimmt, für eine dreidimensionale Gesichtsteilrekonstruktion. Mir war zwar definitiv klar, dass es keine leichte Aufgabe werden würde, aber mit Schwierigkeiten in solchem Ausmass hatte ich dann doch nicht gerechnet. Denn zu dem Zeitpunkt war mir noch nicht bewusst, dass sich der unscheinbar wirkende Schädel als Mischmasch mehrerer Menschen entpuppte und somit nicht nur die Rekonstruktion verhinderte, sondern gleichzeitig meine gesamten Pläne zunichte machte. Es musste demnach unvorhergesehen ein anderer Schädel aufgetrieben werden, und plötzlich tauchten zwei Untersuchungsgegenstände in meiner Arbeit auf. So war die bereits erstellte Computertomographie von Schädel B auch schnell wertlos für meine Arbeit und eine neue, von Schädel A, musste in die Wege geleitet werden.

Doch damit noch nicht genug: Das Erstellen eines Duplikats mittels 3D-Druckers stellte sich für einen Laien als scheinbar unüberwindbare Aufgabe heraus, zumal das Konvertieren einer brauchbaren STL-Datei aus einer Computertomographie wohl doch eher einer Überschätzung meinerseits erfolgte, als aus wirklichem Know-how. Desto erstaunlicher ist es deswegen, dass ich dann schlussendlich tatsächlich eine virtuelle Version des Schädels auf die Beine (oder zumindest auf das Hinterhauptloch) stellte, und die Schwierigkeiten im Bereich der Informatik mehr oder weniger überwinden konnte.

Nur leider war meine eigene Datei löchrig und folglich für einen erfolgreichen Druck nicht wirklich zu gebrauchen (Kap. 8.1). Ich kam also nicht umhin, mich nach einer Alternativlösung umzuschauen, wobei die Zeit allerdings langsam drängte. Es war demnach ein wahrhaftiger Glücksfall, noch eine Schweizer Firma zu finden, die mir einen neuen Scan inklusive Druck von Schädel A zu einem erschwinglichen Preis anbot.

Insgesamt habe ich wirklich die gesamte zur Verfügung gestellte Zeit ausgenutzt aber auch benötigt, wobei ich auch vier Wochen meiner Sommerferien sehr intensiv daran arbeiten musste. Der gewisse Nachteil dieser Maturaarbeit war, dass sowohl die Schrift als auch die Rekonstruktion enorm viel Zeit in Anspruch nahmen, was bei einer klassischen praktischen Arbeit nicht üblich ist. Ausserdem ist man auf unzählige Drittpersonen angewiesen, was zwar ausgesprochen interessant, aber gleichzeitig auch kompliziert und teilweise organisatorisch mühsam sein kann. Oft musste ich mich auf viele andere Personen verlassen, lange warten und solange das Gelingen (noch) nicht in meinen Händen lag, konnte ich nur hoffen, dass alles klappen würde.

Zum Schluss kann ich aber behaupten, äusserst zufrieden mit meiner Themenwahl und Arbeit zu sein. Die vielen investierten Stunden haben sich doch gelohnt, und ich bin stolz darauf, mein Ziel trotz der Unannehmlichkeiten und Sorgen erreicht zu haben.

6 Quellenverzeichnis

6.1 Druck- und Onlinequellen

- [2] Brinkmann, B., Madea, B. Handbuch gerichtliche Medizin. Springer, Berlin 2003
- [3] Bindl, R. 2008. Analytische Sterbealtersbestimmung von Skelettfunden. Dissertation, Freidrich-Schiller-Universität Jena
- [4] Bucher, S. 2014. Anthropologische Untersuchung der Gesichtsmerkmale von drei menschlichen Schädeln. Maturaarbeit, Kantonsschule Sursee
- [6] Wilkinson, C. Forensic Facial Reconstruction (E- Book). Cambridge University Press, New York 2008
- [7] Amrein, S. 2013. Untersuchung eines menschlichen Skelettes mit Hilfe der forensischen Osteologie. Maturaarbeit, Kantonsschule Sursee
- [8] Pfeleiderer, S. 2016. Die Rekonstruktion eines Gesichtes einer verstorbenen Person – ein Versuch. Maturaarbeit, Gymnasium St. Klemens
- [9] <https://de.wikipedia.org/wiki/Totenmaske> (14.06.2018)
- [10] https://de.wikipedia.org/wiki/Michail_Michailowitsch_Gerassimow (17.06.2018)
- [11] Kreutz, K., Verhoff, M. Forensic Facial Reconstruction – Identification Based on Skeletal Findings
<https://www.aerzteblatt.de/archiv/55414/Forensische-Gesicht-%20srekonstruktion-Identifizierung-bei-Skelettfunden> (24.06.2018)
- [12] Grupe, G., Christiansen, K., Schröder, I., Wittwer-Backofen, U. Anthropologie – ein einführendes Lehrbuch. Springer Berlin 2004
- [13] Taylor, K.T. Forensic Art and Illustration. CRC Press LLC, Florida 2001
- [14] Bailey, L. Ask a Forensic Artist: Skulls, Suspects, and the Art of Solving Crime. Honeybee Media, 2014
- [15] Eisold, A., Kaiser, F., Labudde, D., Perlbach, R., Thiele, K. Fallbeispiel für Forensische Gesichtskonstruktion mittels frei verfügbarer Software
https://www.researchgate.net/profile/Alexander_Eisold/publication/268202575_Fallbeispiel_fur_Forensische_Gesichtskonstruktion_mittels_frei_verfuegbarer_Software/links/5464723d0cf2c0c6aec51f7b/Fallbeispiel-fuer-Forensische-Gesichtskonstruktion-mittels-frei-verfuegbarer-Software.pdf (02.07.2018)
- [16] Flynn, T. CT Scan DICOM Files to 3D
<https://www.youtube.com/watch?v=Z9ObbjxNCz8&t=447s> (02.07.2018)

- [17] Prusa, J. Wie kann man STL-Modelle für den 3D-Druck in Meshmixer schneiden?
<https://www.youtube.com/watch?v=Tgc66TvEke4&t=73s> (02.07.2018)
- [19] Lange-Schönbeck, C.-D., Schlenker C., Sommer, W. Faszination 3D-Druck – Alles zum Drucken, Scannen, Modellieren. Markt + Technik, Burgthann 2016
- [20] Claes, P., De Greef, S., Mollemans, W., Suetens, P., Vandermeulen, D., Willems, G. Large-scale in-vivo Caucasian facial soft tissue thickness database for craniofacial reconstruction. Forensic Science International, 2006
- [21] Netter, F. H. Atlas der Anatomie des Menschen. Urban & Fischer, München 2008
- [22] Pabst, R., Putz, R. Sobotta Anatomie des Menschen Der komplette Atlas in einem Band. Urban & Fischer, München 2007
- [23] nysmuseum. The Science and Art of The Facial Reconstruction Process
<https://www.youtube.com/watch?v=6G0LvImAGAg&t=2504s> (12.08.2018)
- [24] <https://de.wikipedia.org/wiki/Down-Syndrom#Lebenserwartung> (05.08.2018)

6.2 Mündliche Mitteilungen

- [1] Hauri Rudolf, Dr. med Kantonsarzt, Amt für Gesundheit, Aegeristrasse 56, 6300 Zug (4.4.2018)
- [18] Freitag Lutz, Pr. Dr. med., Klinik St. Anna, St. Anna-Strasse 32, 6006 Luzern (15.05.2018)

6.3 Mailquellen

- [5] Schaffhauser Samuel, s.schaffhauser@st-klemens.ch (13.04.2018)

7 Danksagung

Während meiner Arbeit war ich sehr oft auf die Hilfe von Experten angewiesen, die mir durch ihre tatkräftige Unterstützung die Rekonstruktion erst ermöglicht haben, obwohl sie selbst oft keinen Profit daraus ziehen konnten. Deswegen möchte ich mich an dieser Stelle bei all diesen Personen recht herzlich bedanken.

Zuallererst gebührt mein Dank natürlich meinem Betreuer Herrn Christoph Isenegger, der das Lesen meiner hartnäckigen Emails, das Beantworten meiner fast schon penetranten und oftmals banalen Fragen und das Korrigieren meiner langen Texte niemals scheute und immer einen guten Rat parat hatte. Auch wenn er nicht immer Fachperson des jeweiligen Gebietes war, suchte er aktiv nach Lösungen, verwies mich auf etliche Drittpersonen und Alternativen und ermutigte mich selbst dann, wenn sich die Arbeit mal nicht so entwickelte, wie geplant.

Ohne Herrn David Stadler wäre ich gar nicht erst auf die Idee einer dreidimensionalen Gesichtsrekonstruktion gekommen, zumal ich zunächst «einfach irgendwas mit einem Schädel» machen wollte, weswegen ich mich auch bei ihm für die kompetente Beratung bedanken möchte.

Ein besonders grosses Dankeschön gilt auch Herrn Dr. med. Rudolf Hauri, der sich enorm viel Zeit nahm, um Schädel B mit mir zu besprechen und zu analysieren, indem er sein Fachwissen mit mir teilte.

Eine grosse Hilfe war mir auch Herr Samuel Schaffhauser, der mir Vorschläge brachte, welche Forschungen an einem menschlichen Schädel im Rahmen einer Maturaarbeit überhaupt in Frage kämen und mir als Anthropologe stets gute Ratschläge und Antworten geben konnte. Ausserdem vermittelte er mir den Kontakt von Herrn Stefano Pfeleiderer, der sich einst die gleiche Aufgabe wie ich vorgenommen hatte, und mir folglich reichliche Tipps lieferte, insbesondere bezüglich der Literatur, der Kontakte und des Modellierens. Allgemein diente Herrn Pfeleiderers Arbeit mir in vielerlei Hinsicht als Vorbild und Inspiration.

Die Herren Martin und Stefan Ziörjen der Firma NT K+D AG berieten mich ausführlich und ermöglichten mir schliesslich den Scan und 3D-Druck von Schädel A in letzter Sekunde, wobei ein perfektes Duplikat entstand.

Dank der Beratung von Herrn Dr.sc.nat. ETH Otto E. Martin des Schweizerischen Kunstaugen-Institut Luzern bekam meine Rekonstruktion verblüffend echt wirkende Kunstaugen und einen wachsaamen Blick.

Der erfahrene Friseur und Maskenbildner Herr Roland Joos verlieh meiner Nachbildung einen vollen Haarschopf und passende Augenbrauen – besten Dank dafür!

Mein begabter Nachbar Herr Ernst Wüthrich schuf für mich die Holzunterlage der Rekonstruktion und gewährte dem Schädel somit einen felsenfesten Halt.

Die professionellen und qualitativ hochwertigen Photographien der Schädel in jeglichem Stadium der Rekonstruktion inklusive der akkuraten Bearbeitung letzterer übernahm mein Freund Christian Mathieu. Ausserdem sorgte er für stetig motivierende Worte und half mir bei allen technischen und handwerklichen Aufgaben.

Neuen Mut machte mir ebenfalls meine Mutter Hildegard Miotti, die nebst dem Ertragen meiner Ratlosigkeit meine gesamte Arbeit las und verbesserte und, wann immer nötig, Chauffeuse für mich und die Schädel spielte.

Meine Schwester und Medizinstudentin Sonja Miotti stellte mir freundlicherweise ihre Anatomiewälzer zur Verfügung und gab mir bezüglich Muskeln wertvolle Ratschläge.

Danke auch an meinen kultivierten (Paten-) Onkel Christian A. Ganser, der sich ebenso mit dem zeitaufwendigen Korrigieren meiner Texte auseinandersetzte.

Zudem möchte ich mich bei Frau Priska Hospenthal, Hirslanden Klinik St. Anna Luzern, herzlich bedanken, welche sich gleich zweimal zur Verfügung stellte, um die Schädel mit einer Computertomographie zu scannen.

Um das Schäfelduplikat aus dem 3D-Drucker herzustellen, bemühte sich Herr Dr. med. Marc Schätzle, Zahnarztpraxis für Kieferorthopädie und Kinderzahnmedizin in Luzern, und verwies mich auf Herrn Prof. Dr. med. Lutz Freitag, Hirslanden Klinik St. Anna Luzern, welcher meine STL-Datei lange mit mir besprach, mir vieles erklärte und versuchte die Datei für den Druck zu optimieren.

Mein Dank gebührt auch Herrn Urs Schärer des Gymnasiums Thun genauso wie Herrn Matthias Haas sowie Herrn Daniel Ris der Kantonsschule Sursee, die sich alle freundlicherweise bereitklärten das Duplikat von Schädel A zu drucken und mir nach Begutachten meiner STL-Datei Anleitungen zur weiteren Bearbeitung gaben.

Herrn Prof. Dr. Christoph P. E. Zollikofer möchte ich auch noch danken, da er mir per E-Mail die Qual der Rekonstruktionsmethodenwahl nahm und mir hilfreiche Kontakte angab.

Zum Schluss möchte ich mich noch bei den beiden unbekanntem Menschen bedanken, die hoffentlich freiwillig ihren Körper oder Teile davon der Forschung zur Verfügung gestellt haben, und mir so eine spannende forensische Arbeit ermöglichen konnten. Es war mir eine Ehre, Schädel B zu analysieren und Schädel A ein Gesicht zurückzugeben.

8 Anhang

8.1 Bildmaterial aus STL-Dateien



Abb. 60: STL-Datei von Schädel A resultierend aus einer Computertomographie von vorne

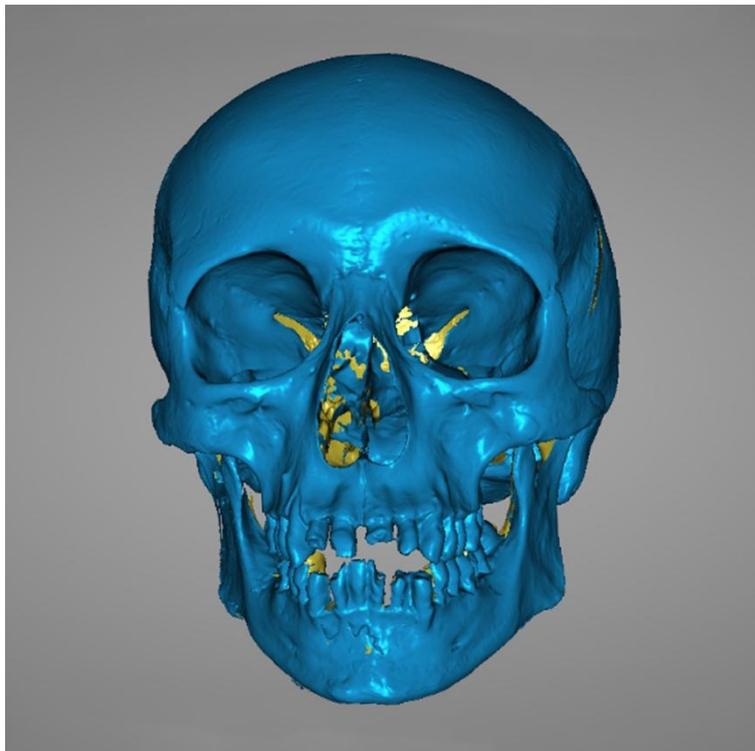


Abb. 61: STL-Datei der Firma NT K+D AG von Schädel A von vorne

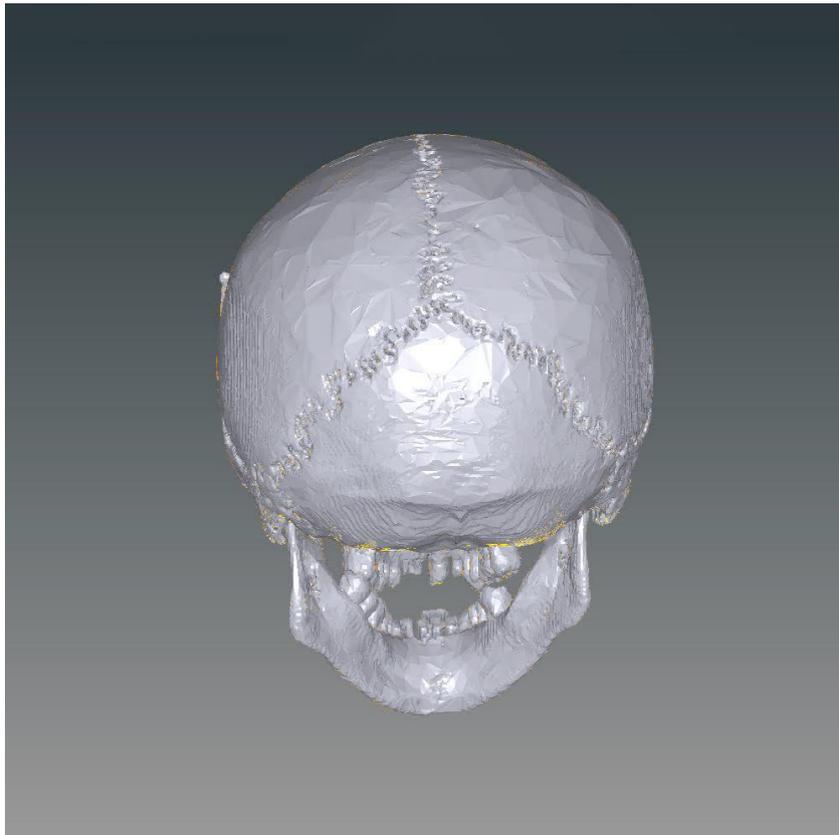


Abb. 62: STL-Datei von Schädel A resultierend aus einer Computertomographie von hinten

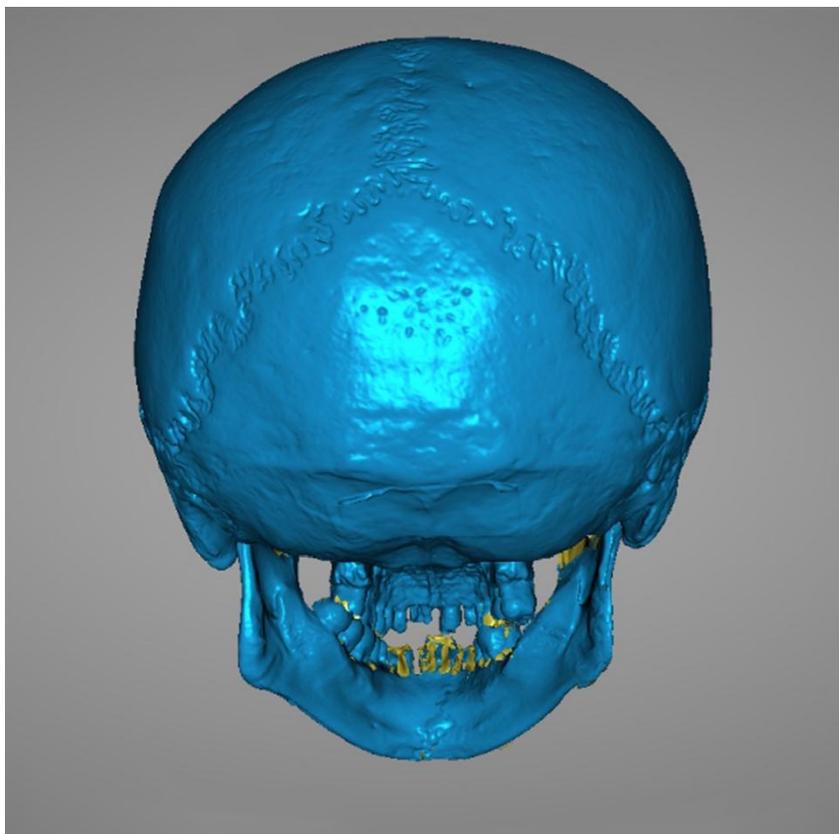


Abb. 63: STL-Datei der Firma NT K+D AG von Schädel A von hinten



Abb. 64: STL-Datei von Schädel A resultierend aus einer Computertomographie in der Frankfurter Horizontale⁸ von rechts

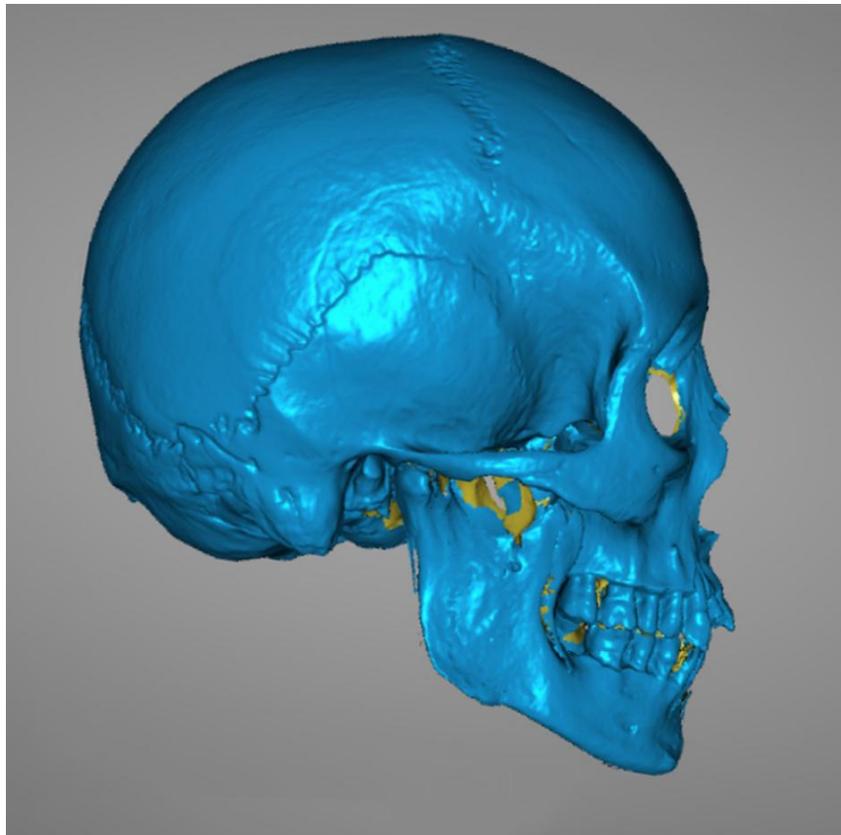


Abb. 65: STL-Datei der Firma NT K+D AG von Schädel A in der Frankfurter Horizontale von rechts



Abb. 66: STL-Datei von Schädel A resultierend aus einer Computertomographie in der Frankfurter Horizontale⁸ von links

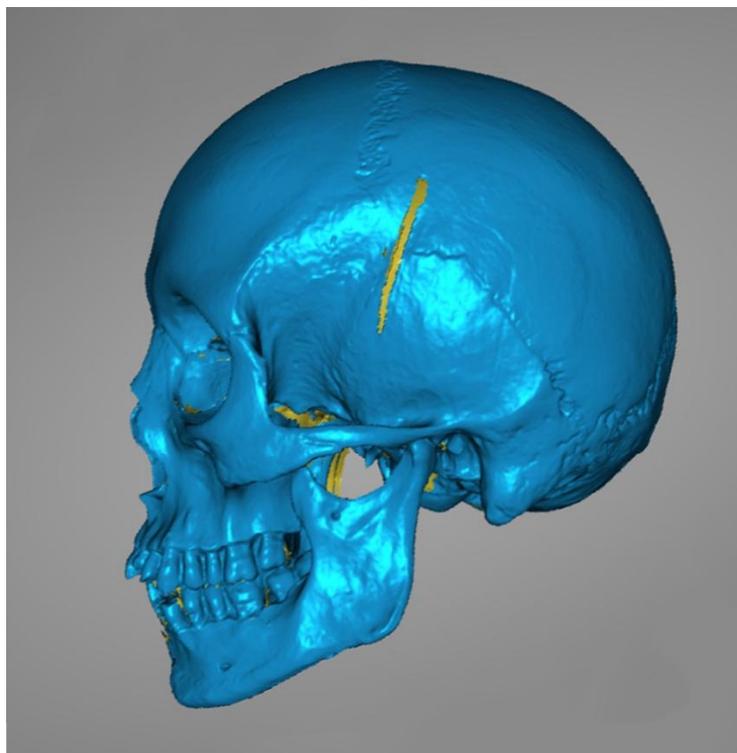


Abb. 67: STL-Datei der Firma NT K+D AG von Schädel A in der Frankfurter Horizontale von links

⁸ Allerdings sollte der Mund geschlossen sein.

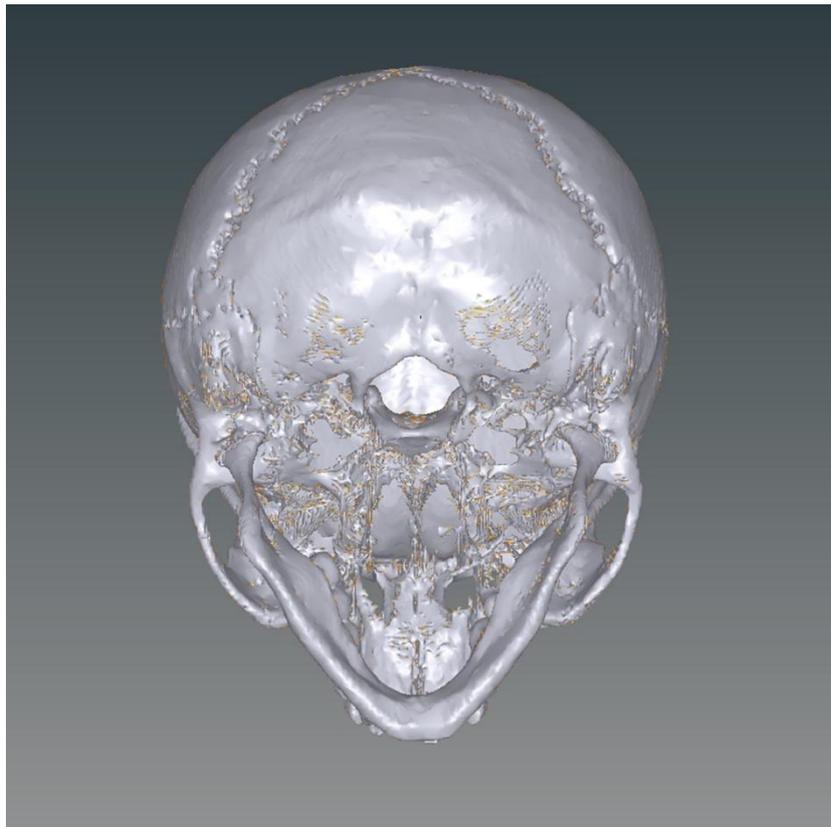


Abb. 68: STL-Datei von Schädel A resultierend aus einer Computertomographie von unten

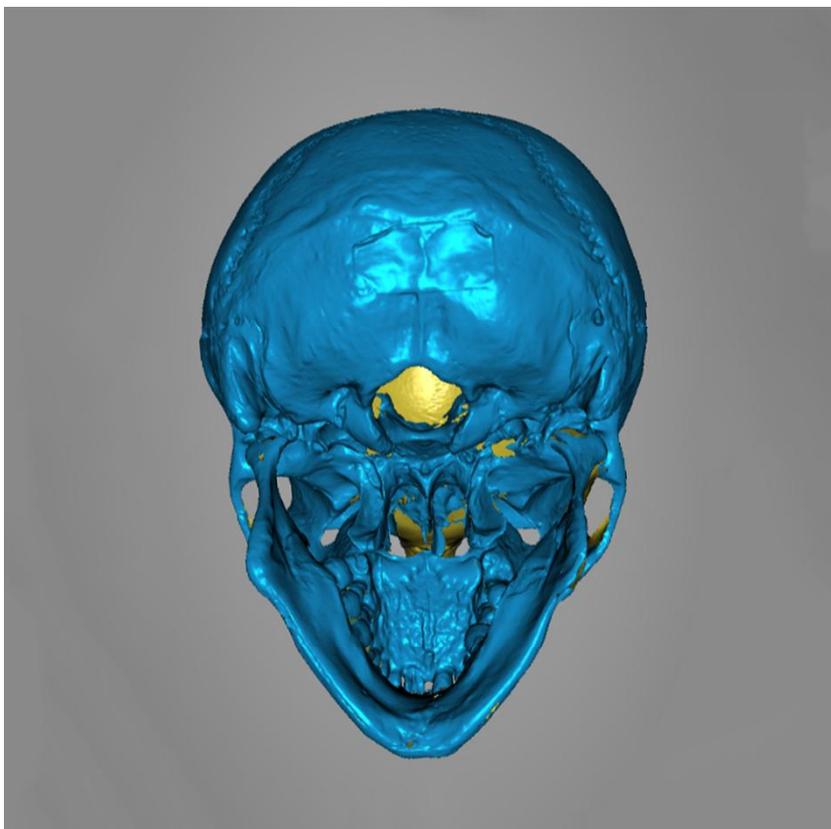


Abb. 69: STL-Datei der Firma NT K+D AG von Schädel A von unten

9 Deklaration

„Ich erkläre hiermit,

- dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und nur unter Benutzung der angegebenen Quellen verfasst habe,
- dass ich auf eine eventuelle Mithilfe Dritter in der Arbeit ausdrücklich hinweise,
- dass ich vorgängig die Schulleitung und die betreuende Lehrperson informiere, wenn ich diese Maturaarbeit, bzw. Teile oder Zusammenfassungen davon veröffentlichen werde, oder Kopien dieser Arbeit zur weiteren Verbreitung an Dritte aushändigen werde.“

Ort: Schenkon

Datum: 12.10.2018

Unterschrift:

Silvia Miotti