

17. Von der Grabung ins Museum

Norbert Adorf

Abstract

This chapter describes how Lettenkeuper vertebrate fossils are excavated, prepared, and presented in museum exhibitions. The bone bearing layers in the Vellberg quarry are carefully excavated by means of small scoops before the sediment has dried out and become harder than the bones. Isolated bones and small associated or articulated skeletons are superficially exposed and subsequently covered with paper and embedded in plaster jackets. The best preparation method is by air abrasive tools with special iron powders. The production of a mounted skeleton of a natural size raiusuchian *Batrachotomus* for the museum exhibition is explained step by step. The original bones were moulded with silicone and casted with epoxy resin and mounted over a stainless steel frame. The making of a life model is explained and shown with an almost complete *Nothosaurus* skeleton from the Upper Muschelkalk. Reconstructions of the skin are difficult and the coloration is almost arbitrary. All these techniques demand manual skill, practical experience, patience, scientific accuracy, biological sense, and artistic ability.

1. Einführung

Wenn er in der Ausstellung vor einem perfekt präparierten Fossil steht, kann der staunende Museumsbesucher allenfalls erahnen, welche immense Arbeitsleistung und Geduld und welches handwerkliche Können es braucht, bis das Objekt für die wissenschaftliche Untersuchung freigelegt bzw. für die Schausammlung präsentierbar ist. Ganze Skelettmontagen oder lebensgroße, dreidimensional rekonstruierte Modelle ausgestorbener Tiere erfordern darüber hinaus vom Präparator umfangreiche Planung, biologisches Wissen und nicht zuletzt künstlerisches Empfinden, wenn das Modell lebensecht und stimmig wirken soll. Von der Grabung bis zum fertigen Museumsstück ist es ein langer Weg, für den nicht zuletzt auch ein erheblicher finanzieller und technischer Aufwand erforderlich ist.

2. Grabung

In den vergangenen Jahren fanden im Lettenkeuper zahlreiche kürzere Grabungskampagnen des Stuttgarter Naturkundemuseums statt, bei denen eine Reihe von Fossilien aus den verschiedensten Faunenbereichen geborgen werden konnten. Die Unteren Grauen Mergel, in denen bislang die meisten Grabungen durchgeführt wurden, liegen im Bereich der ständig sich verändernden aktiven Abbauareale der Steinbrüche. Eine Einwilligung der Eigentümer und enge Abstimmung mit diesen ist geboten, um überhaupt Zutritt zur Fundstelle zu erhalten und ein reibungsloses Arbeiten zu gewährleisten. Von großer Hilfe für die Durchführbarkeit der Grabungen war oft die



Abb. 17.1 Grabung Kupferzell 1977. Während die Baufahrzeuge über die vorbereitete Trasse der BAB 6 fahren, gruben Teams des Staatlichen Museums für Naturkunde Stuttgart unter Dr. Rupert Wild die wertvollen Wirbeltierreste aus. Die Notgrabung musste unter erheblichem Zeitdruck durchgeführt werden. Foto SMNS.

großzügige Unterstützung beim Abtragen der meterdicken, dem Fundhorizont aufliegenden Kalk- bzw. Dolomitbänke mit schweren Abbaumaschinen. Dank für diese Kooperation gilt in besonderem Maße den Betreiberfamilien SCHUMANN im Schotterwerk Vellberg. Wie die dortigen Funde ausgegraben, geborgen und präpariert werden, wird im Folgenden dargestellt.

In zahlreichen Grabungskampagnen erwies es sich als hilfreich, die unmittelbar auf den mergeligen Fundschichten aufliegende Dolomitstein-Bank von etwa 30–40 cm Dicke, als schützende Versiegelung vor der Verwitterung und dem maschinellen Abbau zu belassen. Nachdem eine anvisierte Grabungsfläche so vorbereitet wurde, kann mit der eigentlichen Grabung begonnen werden. Markante Geländepunkte bzw. Markierungspflöcke werden als Fixpunkte für die parallel laufende grafische Erfassung und Dokumentation der Fundsituation angelegt. Je nach Witterung trocknet der Fossilhorizont nach seiner Freilegung rasch aus. Dies hat zur Folge, dass die eingebetteten Fossilien erheblichen Schaden nehmen können. Risse und Klüfte in den Fossilien, hervorgerufen durch tektonische Scherkräfte der mergeligen Sedimente zwischen den massigen Dolomitbänken brechen dann auf und kön-

nen das Objekt zerschneiden. Sinnvoll ist es, jeweils nur eine kleine Fläche von einem viertel Quadratmeter freizulegen. Die regelmäßige Zerklüftung der aufliegenden Dolomitstein-Bank in Längs- und Querrichtung ermöglicht eine stete Vorgehensweise. Die Blöcke werden gelockert und, wenn möglich ohne das darunter liegende fundhöfliche Sediment zu beeinträchtigen, abgehoben. An der Unterseite dieser Blöcke haften oftmals Fossilien an. Deshalb muss auch diese sorgfältig überprüft werden. Während dieser Arbeitsschritte darf kein Lockersediment die Arbeitsfläche verschmutzen. Die eigentliche Fundschicht in einer schwankenden Stärke von 1–6 cm ist erkennbar an ihrer Zusammensetzung und dem deutlichen Farbkontrast zum umgebenden Gestein. Die Mächtigkeit des fossilführenden Sediments verändert sich nach der Seite häufig, so dass linsenartige, massigere Gesteinsbänder mit oft bonebed-artigen Anreicherungen und intensiverer Sedimentfarbe eingeschaltet sind. Die Funddichte ist dabei recht unterschiedlich, so dass die Grabungsarbeit von begeistert bis frustrierend schwanken kann (Abb. 17.2), vor allem wenn das Wetter nicht mitmacht (Abb. 17.4). Das Sediment, im bergfeuchten Zustand angenehm weich, kann mit spatelförmigem Werkzeug flächig abgehoben werden.



Abb. 17.2 WERNER KUGLERS Finderglück, wie es ALFRED BARTHOLOMÄ sieht.



Abb. 17.3 Anfertigung eines Gipsmantels um einen *Mastodonsaurus*-Schädel (Grabung bei Vellberg 2011).

Auch unterscheidet sich das fossile Knochenmaterial durch seine im feuchten Zustand im Verhältnis zum Sediment größere Härte. Mit zunehmendem Trockenfallen der Grabungsfläche kehrt sich dieses Verhältnis um und erschwert die Fundbergung.

Die Funde werden zunächst im Gestein belassen und im Grabungsbuch dokumentiert, um deren Ausdehnung und Fundzusammenhang zu klären. Um ein rasches, unkontrolliertes Austrocknen des Materials zu vermeiden, muss die Oberfläche von Funden mit einem feuchtigkeitsverträglichen Festiger versiegelt werden. Auch größere Fundkomplexe wie Skelettreste oder Schädel, können so Stück für Stück gefahrlos freigelegt werden. Die Bergung dieser Funde wird jeweils der Objektgröße angepasst. Isolierte Kleinfunde können nach ihrer Festigung vorsichtig abgehoben werden. Größere Objekte sichert und birgt man mit einfachen, aber sehr wirkungsvollen Bergegipsen. Hierzu wird nach Klärung ihrer seitlichen Ausdehnung, senkrecht zum Fossilhorizont ein ca. 20 cm tiefer Graben gezogen. Dieser Graben muss das Fossil unterschneiden. Er verhindert ein späteres unerwünschtes Herausgleiten aus dem Bergegips. Nach dem Aufbringen einer isolierenden Papierschicht müssen gipsgetränkte Stoffstreifen längs, quer und um das Objekt gelegt werden. Größere Bergegipse lassen sich mit eingewebenen, versteifenden Holzelementen zusätzlich stabilisieren. Nach ausreichender Aushärtungszeit, die von der Dicke des Gipsmantels und dem Wetter abhängt, kann man ihn vorsichtig vom Untergrund lösen.



3. Präparation

Die Präparation der meisten Lettenkeuper-Funde ist aufwendig und erfordert viel Geduld und Erfahrung. Wegen des hohen Wassergehalts und der starken Zerklüftung des Gesteins sollte von chemischen Präparationsmethoden abgesehen werden. Das unkontrollierte Eindringen von Säure hätte eine völlige Auflösung von Sediment und Fossil zur Folge. Hier hat

Abb. 17.4 Im Winter wird im Steinbruch abgeräumt und die Grabungsflächen werden abgesteckt. **a** Grabungsflächen im Schotterwerk Schumann im Jahr 2008. **b** Wenn es gilt, wichtige Funde zu bergen, wird bei jedem Wetter gegraben. Fotos HAGDORN.



Abb. 17.5 Präparation eines *Mastodonsaurus*-Schädels aus der Dolomitbank. **a** Durch Strahlen mit Eisenpulver werden die Knochenoberflächen vom Sediment befreit. **b** Teilstücke werden zusammengefügt und mit Kunstharz ergänzt. Fotos HAGDORN.

sich die Anwendung einer speziellen mechanischen Präparationsmethode sehr bewährt, der Präparation mit Strahlmitteln. Hierbei wird durch eine feine Düse mit Strahlmittel angereicherte Druckluft gezielt auf das Objekt geleitet (Abb. 17.5a). Durch Anpassung der Druckluftstärke, aber auch durch Variation der möglichen Strahlmittel in Abhängigkeit von der Gesteinshärte, lässt sich das Fossil außerordentlich exakt aus dem Sediment herausrodieren. Bei der Wahl des Strahlmittels liefert ein spezielles Eisenpulver und eine Druckluftstärke zwischen 0,5 und 2 bar die besten Ergebnisse. Eine Stabilisierung des Fossils sowie Versiegelung von Rissen vorab im Gelände mit Festiger verhindert nun, dass das Strahlmittel den fossilen Knochen aggressiv angeht und beschädigt. Haben sich während der Präparation trotzdem einzelne Fragmente gelöst, so lassen sich diese rasch mit Sekundenkleber sichern. Fehlstellen werden mit Kunstharz ergänzt, verschliffen und dann eingefärbt (Abb. 17.5b). Eine endgültige Oberflächenprägung zum Schutz des freigelegten Objekts muss mit

Hilfe eines wasserfreien Lösungsmittels stattfinden. So vermeidet man eine unerwünschte chemische Reaktion mit etwaigen Strahlmittelresten.

4. Skelettmontage

Im Jahre 1977 wurde vom Stuttgarter Naturkundemuseum auf der Trasse der Autobahnbaustelle Heilbronn-Nürnberg eine umfangreiche und bedeutende Grabung durchgeführt. Die Trasse durchschneidet die Unteren Grauen Mergel, aus denen eine überaus große Zahl fossiler Knochen, zumeist von Amphibien, in einem hervorragenden Erhaltungszustand zu Tage kam (Abb. 17.1).

Zu den wissenschaftlich bedeutendsten Funden dieser Grabung gehört eine größere Anzahl von meist isolierten Skelettelementen des basalen Krokodilvertreter *Batrachotomus* (Kap. 10). Bei der folgenden langwierigen Präparation zeigte sich, dass dieses Material 4 bis 5 verschiedenen Individuen zuzuordnen ist. Die Größe dieser Individuen variiert zwischen relativ kleinen Tieren von ca. 4 m Körperlänge und solchen von ca. 6 m. Da die Kombination der den kleineren Individuen zugehörenden Reste ein vollständigeres Bild ergaben, entschied man sich, diese für eine Skelettmontage zu verwenden (Abb. 17.6). Um das bedeutende Material für die wissenschaftliche Bearbeitung bereithalten zu können, sollten für die Montage originalgetreue Kunststoffkopien verwendet werden. Die Zusammenstellung der fossilen Knochen ergab, dass ca. 65 Prozent des Gesamtskeletts vorhanden waren. Von den Originalen wurden zweiteilige Silikonnegativformen hergestellt, um sie dann nach Bedarf als Hohl- bzw. Massivguss mit Epoxidkunststoff abzuformen. Die Verwendung von Epoxid bietet sich in zweierlei Hinsicht an. Zum einen sind diese Ausgüsse hochwertig und stabil, zum anderen hat man mit diesem Material die Option, durch Temperung die vielfach deformierten Elemente für die Skelettmontage zu korrigieren.

Der nächste Schritt war die Vervollständigung zu einem Gesamtskelett durch Anfertigung der fehlenden Elemente. Fehlende Teile des Axialskeletts ließen sich durch die Kopie des vorangehenden Wirbels bzw. Dornfortsatzes ersetzen. Sie konnten der natürlichen Abfolge entsprechend verändert werden. Laterale Skelettelemente wie Extremitätenknochen konnten durch mehrfaches Auftrennen und Zusammenfügen in umgekehrter Reihenfolge spiegelbildlich verändert werden. War dies nicht möglich, mussten diese Teile modelliert werden. Nachdem so die Skelettkopie vollständig vorlag, konnte mit der Montage begonnen werden. Einer der wesentlichen Vorteile bei der Montage einer Kopie ist die Tatsache, dass hierzu die Originalknochen nicht aufwendig umfasst und in ein Montagegerüst eingebettet werden müssen. Kunststoffkopien können durchbohrt werden, um so das sonst störende Montage-



Abb. 17.6 Montage des *Batrachotomus*-Schädels aus den abgeossenen und nachgebildeten Einzelknochen. Foto ROTRAUD HARLING, SMNS.

gerüst aufzunehmen. Die Wahl des Montagematerials und seine Stärke und Qualität stehen in Abhängigkeit zu dessen Gewicht. Elemente aus hochwertigem Edelstahl mit einem sechseckigen verwindungssteifen Querschnitt unter Verwendung gewichtsreduzierender Hohlzugskopien bilden eine günstige Ausgangsposition.

Die Anfertigung der zentralen Wirbelsäulenmontage war der erste Schritt. Auf eine vorab in Krümmung und Länge der späteren Körperhaltung entsprechend angefertigte Stahlstange, wurden zunächst die Rumpfwirbel montiert, indem sie durchbohrt, aufgezogen und schließlich mit elastischem Kunststoff fixiert wurden. Im Bereich von Schulter- und Beckengürtel legte man einen günstigen Übergang zu den Stützkonstruktionen der Extremitäten fest, um sie mit einer Metallbrücke zu versehen. Die beiden hier positionierten Wirbel wurden durch Ausfräsen angepasst und darüber geschoben. Der Übergang ist so integriert, dass die die Extremitäten verbindenden Metallbrücken an den Rippenansätzen austreten. Die weiteren Hals- bzw. Schwanzwirbel konnten nun mühelos angesetzt

werden. Eine provisorische Hilfskonstruktion für die montierte Wirbelsäule, variabel in Neigung und Höhe, vereinfachte die weitere Arbeit.

Im Folgenden wurden die Extremitäten zunächst als isolierte Elemente vorbereitet. Die als Hohlzug gefertigten Langknochen nahmen die Träger auf, die für die gewünschte Körperhaltung vorbereitet worden waren. Durch die in den drei Ebenen manipulierbare Hilfskonstruktion ließ sich ohne technische Schwierigkeiten eine optimale Stellung aller vier Extremitäten zu einander finden und fixieren. Die danach eigentlich überflüssige Hilfskonstruktion blieb zunächst mit dem Skelett fest verbunden, um so bei den weiteren Montagearbeiten eine hilfreiche Stabilisierung der Gesamtkonstruktion zu übernehmen.

Der problematischste Teil der Rekonstruktion bestand im Zusammenfügen der vielfach erhaltungsbedingt flach gepressten und ausgewalzten Schädelknochen. Mangels Vergleichsmaterials war nicht immer zweifelsfrei zu klären, ob und gegebenenfalls wie massiv eine Verzerrung der Knochen durch die Einlagerung im Sediment stattgefunden

hatte. Zur Klärung dieser Frage musste der Schädel zunächst provisorisch zusammengefügt werden. Fehlstellen zwischen den einzelnen Schädelknochen wurden so offensichtlich. Diese Partien ließen sich herauslösen und korrigieren. Auf diesem Wege wurde sukzessive die Position aller Schädelelemente zueinander überarbeitet und in ihre optimale Passung gebracht.

Vor dem Kolorieren des Skeletts, dem letzten Schritt, fand eine sorgfältige bildliche und schriftliche Dokumentation aller vorgenommenen Ergänzungen und Veränderun-

gen an der Originalkopie statt, um so eine zweifelsfreie Rekonstruktion der präparatorischen Arbeiten gewährleisten zu können.

5. Modellbau

Auch die Anfertigung eines Lebendmodells stellt für einen Präparator eine große Herausforderung dar. Neben den erforderlichen handwerklichen, zuweilen sicher auch



Abb. 17.7 Bau des Modells von *Batrachotomus* nach den Maßen der Originalknochen. Foto ROTRAUD HARLING, SMNS.

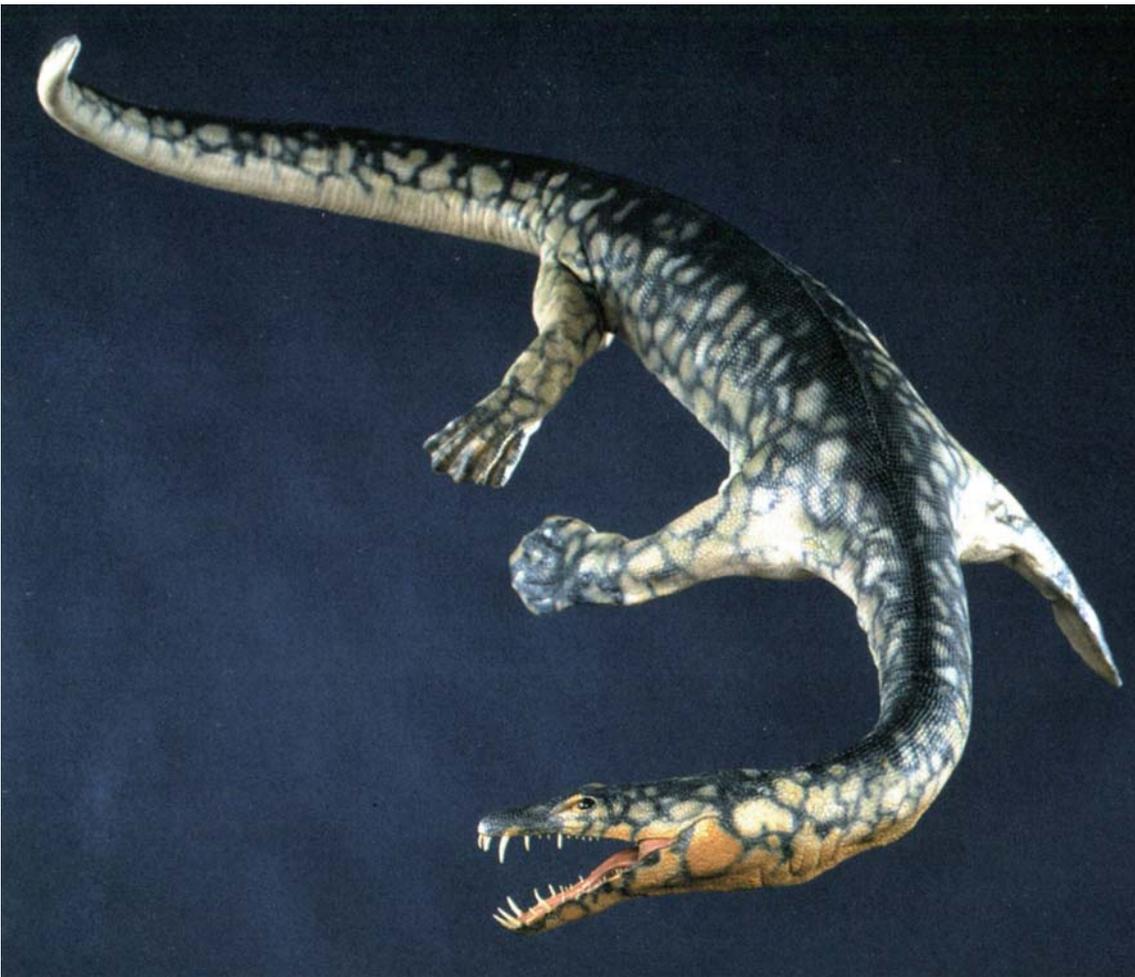


Abb. 17.8 Das fertige, lebensgroße Modell des *Nothosaurus jagisteus*. Foto Rotraud Harling, SMNS.

künstlerischen Fertigkeiten sind es wissenschaftliche Erkenntnisse, die in den Arbeitsprozess einfließen müssen und ihn kontrollieren, um ein aus anatomischer Sicht möglichst realistisches Modell herzustellen. Die handwerklichen Arbeiten bestehen im Wesentlichen aus Modellieren, Herstellen einer Negativform und schließlich Anfertigen eines Ausgusses mit abschließender Kolorierung.

Das Modellieren ist ein komplexer Arbeitsvorgang, bei dem verständlich wird, dass präparatorische und wissenschaftliche Arbeit sich gegenseitig ergänzen sollten. Die anatomischen Gesichtspunkte, also die Merkmale des Skelettbaus müssen in dem Arbeitsmodell erkennbar sein. Darüber hinaus muss jedes Lebewesen in seinem natürlichen ökologischen Umfeld gesehen werden. Auch hierzu gibt es Hinweise, die sich in dem Lebendmodell widerspiegeln müssen. Im Folgenden wird nun am Beispiel einer Nothosaurier-Rekonstruktion erklärt, wie ein solches Modell hergestellt wird.

Ausgangspunkt für dieses Modell war ein bis auf Schwanzwirbelsäule und einzelne Beckenknochen vollständiges Nothosaurier-Skelett, das 1993 bei Berlichingen im Hohenlohekreis entdeckt wurde. Das Skelett zählt zu den vollständigsten und am besten erhaltenen der Gattung *Nothosaurus*. (Abb. 10.4j). Es stammt aus einer dolomitischen Lage im höchsten Teil des Oberen Muschelkalks (*dorsoplanus*-Zone). Durch die Aufmerksamkeit und Gewissenhaftigkeit von Fossiliensammlern gelangte dieses Fossil an das Naturkundemuseum Stuttgart. Hier wurde es in aufwendiger mechanischer Präparatorarbeit beidseitig freigelegt. Nur eine wenige Millimeter starke Sedimentleiste trennt die Objektobenseite von seiner Unterseite. Der auf diese Weise erlangte maximale Informationsgewinn über den Bau des Skeletts war die Grundlage zur Anfertigung eines maßstabsgetreuen, realistischen Lebendmodells. So flossen alle aus dem Originalfossil ablesbaren bzw. messbaren Werte der Einzel-

knochen in die Rekonstruktion von Körperquerschnitten von Rumpf und Extremitäten ein. Diese Rumpfquerschnitte wurden auf eine metallene Grundkonstruktion aufgereiht und geben damit schon Körperproportionen und Körperhaltung vor. Auch wurden in diesem Stadium bereits die Standmontagen der Extremitäten angefertigt und mit dem Hauptgerüst verbunden. Ein sorgfältiges Studium der Gelenkmorphologie und der daraus resultierenden Gelenkfunktion ging dem voraus. Den Kern für den Modellkopf bildete ein Abguss des Originals. Mit Polyurethan-Schaum wurde der Raum zwischen den einzelnen Körperquerschnitten geschlossen. Diese Querschnitte bildeten nun die Basis, auf welche die Körperweichteile aufmodelliert wurden. Die Versiegelung des Schaumstoffkörpers ermöglichte die Aufbringung einer 1 cm starken Plastilin-Ummantelung. Sie stellte die minimale Weichteilauflage dar, war aber für den größten Teil des zukünftigen Modells lediglich die Basis für das Aufmodellieren von Muskelpaketen, Hautfalten und Ähnlichem. Neben der Interpretation der am fossilen Knochen erhaltenen Muskelansatzstellen, der Gelenke und deren Funktionsweise bieten herpetologische Abhandlungen zur vergleichen Anatomie heutiger Reptilien wichtige Informationen. Allerdings zeigten Schwierigkeiten im unmittelbaren Vergleich mit rezenten Tieren, dass es nicht leicht ist, äquivalente Tiergruppen zu finden, die sich in Anatomie und Lebensweise auf die zu rekonstruierenden fossilen übertragen lassen. So hat sich z.B. bei näherer Betrachtung des *Nothosaurus*-Skeletts gezeigt, dass die Mittelhandknochen und Phalangen im Gegensatz zu Mittelfuß und Tarsalien eine durch die Evolution bedingte Abflachung erfahren haben. Dies ist wohl als Anpassung an eine spezialisierte Lebens- und Fortbewegungsweise, ähnlich der von Wasserschildkröten zu deuten, ohne dass im Habitus dieser Tiere eine Ähnlichkeit besteht.

Der Aufbau eines Lebendmodells wird am verständlichsten, wenn man sich den gegenteiligen Vorgang, das Sezieren eines Tierkadavers vorstellt. Nach der Entfernung der Hautüberdeckung mit all ihren Falten und Oberflächenformen, wie unterschiedliche Beschuppung, zeigt sich deutlich der Bau der vielfältigen, speziellen funktionsmorphologisch bedingten Muskeln und deren Verankerung am Skelett. Diese mussten sorgfältig auf das Modell übertragen werden, wo sie von Bedeutung für die Gestaltung des Körpers sind. Das Auffüttern mit Plastilin zur Imitierung von Fettpolstern des Tieres war der nächste Schritt. Dann folgte das Aufmodellieren von Hautstruktur. Faltenbildung und Faltenwurf müssen den Bewegungsmechanismus des Tieres realistisch nachempfinden und unterstreichen. Über die Beschaffenheit der beschuppten Haut gibt es keine direkten Erkenntnisse. Als Vorbild dienten heutige Warane, die zu den weitläufigen diapsiden Verwandten von *Nothosaurus* zählen und ihnen an Größe am nächsten kommen. Hierzu wählten wir unterschiedliche Einzelschuppen des rezenten Komodowarans aus, um daraus Einzelstempel herzustellen. Sie mussten mühevoll Schuppe für Schuppe in das Plastilin geprägt werden.

Die Herstellung des Arbeitsmodells aus Plastilin war damit abgeschlossen. Darauf folgte eine aufwendige Abformung durch eine fünfteilige Silikon-Negativform. Von ihr wurde ein dünnwandiger durch Laminat verstärkter Epoxidguss abgenommen. Dieses eigentliche Endprodukt des sehr arbeitsintensiven Prozesses wurde abschließend in Airbrushtechnik koloriert. Die gewählte Farbkombination des kolorierten Modells ist eine von vielen denkbaren Alternativen. Da Hautfarbpigmente von *Nothosaurus* fossil nicht erhalten sind, ist eine Klärung dieser Frage prinzipiell ausgeschlossen. Sie bot dem Präparator-Künstler den kreativen Freiraum für seine Rekonstruktionsarbeit, bei der er sonst streng an die anatomischen Merkmale des Originalskeletts gebunden war.