



Thomas Halliday

URWELTEN

Eine Reise durch die ausgestorbenen
Ökosysteme der Erdgeschichte

BÜCHERGILDE GUTENBERG

Titel der Originalausgabe:
Otherlands. A World in the Making.
London, Allen Lane, an imprint of Penguin Books 2022

Lizenzausgabe für die Mitglieder der Büchergilde Gutenberg
Verlagsgesellschaft mbH Frankfurt am Main, Wien und Zürich

Mit freundlicher Genehmigung des Carl Hanser Verlags, München
© 2022 Thomas Halliday

© 2022 der deutschsprachigen Ausgabe Carl Hanser Verlag
GmbH & Co. KG, München
Alle Rechte vorbehalten

Satz: Greiner & Reichel, Köln
Einbandgestaltung: Cosima Schneider, unter Verwendung
einer Original Chromolithografie
Druck und Bindung: GEP Media GmbH, Pößneck

ISBN 9-783-3-7632-7444-4

www.buechergilde.de

INHALT

Einleitung Millionenjahrhäuser	9
1 Schmelze: Nördliche Küstenebene, Alaska <i>Pleistozän</i>	25
2 Ursprünge: Kanapoi, Kenia <i>Pliozän</i>	49
3 Sintflut: Gargano, Italien <i>Miozän</i>	71
4 Herkunftsland: Tinguiririca, Chile <i>Oligozän</i>	91
5 Zyklen: Seymour Island, Antarktis <i>Eozän</i>	115
6 Wiedergeburt: Hell Creek, Montana, USA <i>Paläozän</i>	137
7 Signale: Yixian, Liaoning, China <i>Frühe Kreide</i>	159
8 Gründerzeit: Schwaben, Deutschland <i>Jura</i>	183
9 Kontingenz: Madygen, Kirgisistan <i>Trias</i>	205
10 Jahreszeiten: Moradi, Niger <i>Perm</i>	225
11 Brennstoff: Mazon Creek, Illinois, USA <i>Karbon</i>	243
12 Zusammenarbeit: Rhynie, Schottland <i>Devon</i>	261
13 Tiefen: Yaman-Kasy, Russland <i>Silur</i>	283
14 Verwandlung: Soom, Südafrika <i>Ordovizium</i>	303
15 Konsumenten: Chengjiang, Yunnan, China <i>Kambrium</i>	323
16 Emergenz: Ediacara Hills, Australien <i>Ediacarium</i>	345
Epilog Eine Stadt mit Namen Hoffnung	365
Dank	391
Anmerkungen	399
Register	445

KARTEN

1	Nördliche Hemisphäre: vor 20 000 Jahren _____	24
2	Erde im Pliozän: vor 4 Millionen Jahren _____	48
3	Mittelmeerbecken: vor 5,33 Millionen Jahren _____	70
4	Erde im Oligozän: vor 32 Millionen Jahren _____	90
5	Antarktika und Südpolarmeer: vor 41 Millionen Jahren _____	114
6	Nordamerika: vor 66 Millionen Jahren _____	136
7	Erde in der frühen Kreide: vor 125 Millionen Jahren _____	158
8	Europäisches Inselmeer: vor 155 Millionen Jahren _____	182
9	Erde in der Trias: vor 225 Millionen Jahren _____	204
10	Pangäa und Tethysmeer: vor 253 Millionen Jahren _____	224
11	Erde im Karbon: vor 309 Millionen Jahren _____	242
12	Old-Red-Kontinent: vor 407 Millionen Jahren _____	260
13	Erde im Silur: vor 435 Millionen Jahren _____	282
14	Südliche Hemisphäre: vor 444 Millionen Jahren _____	302
15	Erde im Kambrium: vor 520 Millionen Jahren _____	322
16	Erde im Ediacarium: vor 550 Millionen Jahren _____	344

ZEITTABELLE

ÄON	ÄRA	PERIODE	EPOCHE	ALTER	
PHANEROZOIKUM	KANOZOIKUM	Quartär	Pleistozän	2,58 Mio. J. – 12.000 J.	
		Neogen	Pliozän	5,333 – 2,58 Mio. J.	
			Mioczän	23,03 – 5,333 Mio. J.	
		Paläogen	Oligozän	33,9 – 23,03 Mio. J.	
	Eozän		56 – 33,9 Mio. J.		
	Paleozän		66 – 56 Mio. J.		
	MESOZOIKUM	Kreide			
		Jura			
		Trias			
		Perm			
Karbon					
Devon					
PALÄOZOIKUM	Silur	419,2 – 358,9 Mio. J.			
	Ordovizium	443,8 – 419,2 Mio. J.			
	Kambrium	485,4 – 443,8 Mio. J.			
	Ediacarium	541 – 485,4 Mio. J.			
PROTEROZOIKUM	NEOPROTEROZOIKUM			635 – 541 Mio. J.	

EINLEITUNG

Millionenjahrhäuser

»Sagen wir nicht, die Vergangenheit sei tot.
Die Vergangenheit umgibt uns und ist in uns«

Oodgeroo Noonuccal, *The Past*

»Welcher Sturm es ist,
der mich in diesen tiefen Ozean vergangener Zeiten bläst,
vermag ich nicht zu sagen«

Ole Worm

Ich schaue zum Fenster hinaus, über Ackerland, Häuser und Parks hinweg auf einen Ort, der seit Jahrhunderten World's End, Ende der Welt, genannt wird. Den Namen hat er, weil er sich einst in weiter Ferne von London befand, einer Stadt, die ihn heute, unaufhaltsam wachsend, längst verschlungen hat. Doch vor gar nicht so langer Zeit war er wirklich das Ende der Welt. Der Boden bildete sich in der Eiszeit, eine Mischung aus dem Kies, der von Nebenflüssen der Themse abgelagert wurde. Als die Gletscher näher rückten, veränderte die Themse ihren Lauf, sodass sie heute gut 150 Kilometer südlich vom einstigen Flussbett ins Meer mündet. Beim Blick aus dem Fenster auf die zerklüfteten Hügel – vom Gewicht des Eises zusammengepresster Lehm – ist es fast möglich, sich die Hecken, Gärten, Straßenlaternen wegzudenken und eine andere Landschaft vorzustellen, eine kalte Welt am Rand eines Eisschildes, der sich über Hunderte von Kilometern erstreckt. Unter dem eisigen Kies liegt der Londoner Lehm, in dem die einstigen Bewohner konserviert sind – Krokodile, Meeresschildkröten und frühe Verwandte des Pferdes. Die Landschaft, in der sie lebten, war ein warmes, tropisches Paradies voller Mangrovenwälder, Papayas und Gewässern mit Seegras und riesigen Seerosenblättern.

Die Welten der Vergangenheit können manchmal unendlich fern erscheinen. Rund 4,5 Milliarden Jahre reicht die geologische Geschichte der Erde zurück. Leben gibt es auf diesem Planeten seit ungefähr 4 Milliarden Jahren und Leben, das größer ist als ein einzelliger Organismus, seit etwa 2 Milliarden Jahren. Die Landschaften, die sich im Laufe der geologischen Zeit bildeten, waren, wie die paläontologischen Funde offenbaren, vielfältig und gelegentlich grundverschieden von der heutigen Welt. Der schottische Geologe und Schriftsteller Hugh Miller meinte, als er über die Dauer der geologischen Zeit nachdachte, dass all die Jahre menschlicher Geschichte »noch nicht einmal in das Gestern der Erde hineinreichen, ganz zu schweigen von den zahllosen Zeitaltern, die ihm vorausgingen«. Und dieses Gestern ist zweifellos lang. Verdichtete man alle 4,5 Milliar-

den Jahre der Erdgeschichte zu einem einzigen Tag und ließe sie dann ablaufen, spulten in jeder Sekunde drei Millionen Jahre ab. In rasendem Tempo sähen wir Ökosysteme entstehen und vergehen und mit ihnen die Arten auftauchen und aussterben, die ihr lebendes Inventar waren. Wir könnten beobachten, wie Kontinente driften, klimatische Verhältnisse sich von einem Augenblick zum andern verändern und wie plötzliche, dramatische Ereignisse seit Langem existierende Lebensgemeinschaften auseinanderreißen, meist mit verheerenden Konsequenzen. Das Massenaussterben, das Flugsaurier, Plesiosaurier und alle Nichtvogeldinosaurier auslöschte, findet genau 21 Sekunden vor dem Ende statt. Die Geschichte der Menschheit, die in Schriftquellen erschlossen ist, würde in den letzten zwei Tausendsteln einer Sekunde beginnen.¹

Zu Beginn der letzten Tausendstelsekunde dieser verdichteten Zeit wurde in Ägypten, unweit des heutigen Luxors, ein dem Totenkult gewidmeter Tempelkomplex errichtet, die Grabanlage von Pharao Ramses II. Schaut man zurück auf das Bauwerk des Ramsesseums, so ist es nur ein flüchtiger Blick über den schwindelnden Abgrund der geologischen Tiefenzeit, und doch ist dieses Monument bekannt als Inbegriff der Vergänglichkeit. Das Ramsesseum ist der Ort, der Percy Bysshe Shelley zu *Ozymandias* inspirierte, einem Gedicht über den Kontrast zwischen den hochtrabenden Worten eines allmächtigen Pharaos und einer Landschaft, die zu der Zeit, als das Gedicht geschrieben wurde, nichts als Sand war.²

Als ich das Gedicht zum ersten Mal las, hatte ich keine Ahnung, worum es ging, und nahm irrtümlich an, *Ozymandias* sei der Name eines Dinosauriers. Der Name war lang und ungewöhnlich. Und er war schwierig auszusprechen. In den anschaulichen Worten des Gedichts war von Tyrannei und Macht, von Steinen und Königen die Rede. Kurzum, das Muster passte in die Bilderbücher meiner Kindheit über vorgeschichtliches Leben. Bei »Ein Wanderer kam aus einem alten Land, und sprach: Ein riesig Trümmerbild von Stein steht in der Wüste, rumpflös Bein an Bein« dachte ich an eine Gipsummantelung irgendeines schrecklichen Untiers aus der Vorgeschichte. Vielleicht ein tyrannischer Echsenkönig, im Ödland Nordamerikas zu Steinen und Knochenfragmenten zerbrochen.

Nicht alles, was zerbricht, ist verloren. Die Zeilen »Und auf dem Sockel steht die Schrift: ›Mein Name ist Osymandias, aller Kön'ge König: – Seht meine Werke, Mächt'ge, und erbebt!‹ Nichts weiter blieb« könnte man verstehen als den Triumph der Zeit über einen machttrunkenen Herrscher, doch die Welt des Pharaos ist nicht in Vergessenheit geraten. Die Statue ist ein Beweis für seine Existenz, die Bedeutung der Worte, die Einzelheiten des Stils verweisen auf den Kontext. So verstanden, zeigt uns *Ozymandias* eine Möglichkeit, mit den versteinerten Organismen und ihren Umwelten umzugehen. Lassen wir die Hybris fort, so können wir dem Gedicht entnehmen, wie wir die Wirklichkeit der Vergangenheit in den Überresten entdecken können, die bis in die Gegenwart überlebt haben. Selbst ein Bruchstück kann eine ganze Geschichte erzählen, ein Beleg für etwas sein, das jenseits der verlassenen Sandfläche liegt, für etwas anderes, das sich einst an diesem Ort befand. Für eine Welt, die es zwar nicht mehr gibt, die aber noch erkennbar ist, sich erschließen lässt durch das, was sich zwischen den Steinen befindet.

Ursprünglich trug das Ramsesseum einen Namen, der in der Übersetzung »Das Millionenjahrhaus« lautet, ein Begriff, der sich auch leicht auf die Erde anwenden ließe. Die Vergangenheit unseres Planeten liegt unter Staub und Erde verborgen. In ihrer Kruste trägt sie die Narben ihrer Bildung und Veränderungen, und auch sie ist eine Grabanlage und erinnert an ihre einstigen Bewohner mit steinernen Zeugnissen, wobei die Fossilien zugleich Grabmale, Totenmasken und Leichname sind.³

Diese Welten, diese Urwelten, lassen sich nicht besuchen – zumindest nicht physisch. Niemals werden wir die Landschaften besichtigen können, durch die die gigantischen Dinosaurier streiften, niemals denselben Boden betreten wie sie, niemals in demselben Wasser schwimmen. Der einzige Weg, uns ihnen näher zu fühlen, führt über die Steine, über die Fußabdrücke, die sie im erstarrten Sand hinterlassen haben, über die Fantasie, die Imagination einer verschwundenen Erde.

Das vorliegende Buch ist eine Erkundung der Erde, wie sie einst war, der Veränderungen, denen sie im Laufe ihrer Geschichte unterworfen war, und der Formen, die das Leben entwickelte, um sich anzupassen – oder

auch nicht. In jedem Kapitel werden wir, dem Fossilbericht folgend, eine Fundstätte aufsuchen, an der die geologische Vergangenheit ihre Spuren hinterlassen hat, um dort die Pflanzen und Tiere zu betrachten, in die Landschaft einzutauchen und von diesen untergegangenen Ökosystemen so viel wie möglich über unsere eigene Welt zu erfahren. Wenn wir solche ausgestorbenen Stätten mit der Geisteshaltung eines Reisenden, eines Safariteilnehmers besuchen, lässt sich vielleicht, so hoffe ich, der Abstand zwischen Vergangenheit und Gegenwart überbrücken. Macht man eine Landschaft sichtbar, gegenwärtig, so ist es leichter, einen Eindruck von der oft vertrauten Lebensweise dieser Organismen zu gewinnen, wie sie dort konkurrierten, sich paarten, fraßen und starben.

Bis hin zum letzten der »fünf großen« Massenaussterben vor 66 Millionen Jahren ist eine Fundstätte für jede geologische Epoche ausgewählt worden, die zusammen unsere eigene Ära, das Känozoikum, bilden. Vor diesem Massenaussterben wird bis zum 500 Millionen Jahre zurückliegenden Ediacarium jeder geologischen Periode (die mehrere Epochen umfasst) eine Fundstätte zugeordnet. Für die Auswahl einiger Orte war ihre bemerkenswerte Biologie ausschlaggebend, für andere ihre ungewöhnliche Umwelt, für wieder andere der Umstand, dass sie sehr gut erhalten waren und uns aufschlussreiche Einblicke in das Leben und die Wechselbeziehungen früherer Zeiten vermittelten.

Reisen müssen zu Hause beginnen, also wird diese Reise von der Gegenwart zurück in die Vergangenheit führen. Zunächst suchen wir die relativ vertraute Umgebung der Eiszeiten im Pleistozän auf, als die Gletscher einen Großteil des weltweit existierenden Wassers einfroren und die Meeresspiegel der Erde senkten, und gehen dann weiter und weiter in der Zeit zurück. Leben und Geografie werden uns immer fremder. Die geologischen Epochen bringen uns in die frühen Tage der Menschheit zurück, vorbei an den größten Wasserfällen, die es jemals auf der Erde gab, durch eine gemäßigte, bewaldete Antarktika und dann weiter bis zum Massenaussterben am Ende der Kreide.

Daraufhin werden wir die Bewohner des Mesozoikums und Paläozoikums kennenlernen, Wälder besuchen, die fest in der Hand von Dino-

sauriern sind, ein Glasriff sehen, das Tausende von Kilometern lang ist, und eine Wüste erleben, die vom Monsun durchweicht wird. Wir werden untersuchen, wie sich Organismen an vollkommen neue ökologische Verhältnisse anpassen, ihren Lebensraum an Land oder in die Luft verlagern und wie das Leben, indem es vollkommen neue Ökosysteme schafft, die Möglichkeit zu noch mehr Vielfalt eröffnet.

Nach einem kurzen Abstecher ins Proterozoikum, die Zeit vor etwa 550 Millionen Jahren – den geologischen Äon vor dem unseren –, werden wir auf unsere eigene Erde, die Erde der Gegenwart, zurückkehren. Die Landschaften der modernen Welt verändern sich rasch infolge der Störungen durch den Menschen. Was können wir von der nächsten und etwas fernerer Zukunft erwarten, wenn wir sie mit den radikalen Umweltturbulenzen der geologischen Vergangenheit vergleichen?

Wir sind wohl kaum in der Lage, auf unserem Planeten herumzuexperimentieren, um festzustellen, welche Veränderungen in einer kohlenstoffreichen Atmosphäre auf kontinentaler Größenskala eintreten, noch haben wir genügend Zeit, um mit eigenen Augen zu sehen, was ein globaler Kollaps des Ökosystems bewirkt, bevor man ihn abmildert. Wir müssen unsere Vorhersagen auf genaue Modelle der globalen Prozesse stützen. Hier können sich die dynamischen Veränderungen, denen die Erde im Laufe ihrer geologischen Geschichte unterworfen war, als ein natürliches Labor erweisen. Antworten auf so langwierige Fragen lassen sich nur finden, indem wir Zeitabschnitte betrachten, in denen die frühere Erde ein Abbild dessen bietet, was wir von der künftigen Erde zu erwarten haben. Es gab fünf große Massensterben, die Trennung und Wiedervereinigung kontinentaler Landmassen, Veränderungen in der Chemie und Zirkulation von Ozeanen und Atmosphäre – lauter Vorgänge, die uns verständlicher machen, wie das Leben in einem geologischen Zeitrahmen funktioniert.

Wir können dem Planeten Fragen stellen. Die Biologie der Vergangenheit ist nicht nur eine Merkwürdigkeit, die man träumerisch betrachtet oder die fremd und außerweltlich erscheint. Ökologische Prinzipien, die für moderne Regenwälder und die Flechtenwelt der Tundra gelten, lassen

sich genauso auf die Ökosysteme der Vergangenheit anwenden. Zwar ist die Besetzung anders, aber das Stück bleibt dasselbe.

Für sich betrachtet, ist ein Fossil ein wunderbares Anschauungsobjekt für anatomische Vielfalt, für Form und Funktion und für die ungeahnten Folgen, die eine winzige Veränderung eines Organismus für das gesamte Instrumentarium der Entwicklung haben kann. Aber genauso wie die antiken Statuen immer im Kontext einer Kultur standen, hat auch nie ein Fossil, egal, ob Tier, Pflanze, Pilz oder Mikrobe, jemals in Isolation existiert. Jedes Lebewesen war Teil eines Ökosystems, einer Interaktion zwischen zahllosen Arten und der Umwelt, einer komplexen Mischung von Leben, Wetter und Chemie, außerdem abhängig von der Erdumdrehung, der Position der Kontinente, den Mineralien im Boden oder dem Wasser und von den Einschränkungen, für die frühere Bewohner des Gebiets verantwortlich waren. Die Wiedererschaffung von Welten, in denen die Produzenten heutiger Fossilien lebten, ist eine Herausforderung, der sich die Paläontologen seit dem 18. Jahrhundert stellen – Versuche, die in den letzten Jahrzehnten an Tempo und Detailgenauigkeit zugenommen haben.

Jüngere paläontologische Fortschritte haben Einzelheiten aus vorgeschichtlichem Leben offenbart, die man noch vor Kurzem für unmöglich gehalten hätte. Indem wir tief in die Strukturen von Fossilien eindringen, können wir heute die Farben von Federn, Käferpanzern und Echsenstuppen rekonstruieren und die Krankheiten bestimmen, unter denen diese Tiere und Pflanzen gelitten haben. Durch den Vergleich mit lebenden Arten ist es uns möglich, etliche ihrer Eigenschaften zu ermitteln – ihre Interaktionen in Nahrungsnetzen, ihre Bisskraft, die Schädelstärke, die Sozialstruktur und Paarungsgewohnheiten und sogar, in seltenen Fällen, den Klang ihrer Rufe. Die Landschaften der fossilen Überlieferung beschränken sich nicht mehr auf bloße Sammlungen von Abdrücken in Gesteinsschichten und taxonomische Namenslisten. Die jüngste Forschung hat blühende Gemeinschaften voll pulsierenden Lebens entdeckt, Überreste realer, lebendiger Organismen, die balzten und erkrankten, die mit bunten Federn oder Blüten prahlten, riefen und summten, Welten bewohnten, die den gleichen biologischen Prinzipien gehorchten wie die heutige.⁴

Das entspricht vielleicht nicht den Vorstellungen, die Menschen in den Sinn kommen, wenn sie an die Paläontologie denken. Das Bild des viktorianischen Gentleman, der in ferne Länder und andere Kulturen reist, immer den Hammer in der Hand und bereit, die Erde aufzubrechen, ist noch allgegenwärtig. Als der Physiker Ernest Rutherford einmal, wie es heißt, ziemlich herablassend behauptete, alle Wissenschaft sei »Physik oder Briefmarkensammeln«, dachte er sicherlich an die geordneten Reihen ausgestopfter Tiere, die Schubladen voller Schmetterlinge mit makellos ausgebreiteten Flügeln und die riesigen Skelette, die von rostfreien Stahlmieten zusammengehalten wurden. Dabei trifft man einen Paläobiologen heute nicht nur draußen in der Wüstenhitze an, sondern ebenso häufig vor einem Computer oder an einem ringförmigen Teilchenbeschleuniger, wo er ein Fossil mit Röntgenstrahlen beschießt. Bei meiner eigenen Forschung habe ich vorwiegend mit den Sammlungen in Museumskellern und Computeralgorithmen gearbeitet, um anhand gemeinsamer anatomischer Merkmale die Beziehungen zwischen den Säugetieren zu ermitteln, die nach dem letzten Massenaussterben lebten.⁵

Es ist durchaus möglich, nur mit Blick auf das gegenwärtig existierende Leben Erkenntnisse über die Geschichte des Lebens zu gewinnen, aber es gleicht dem Versuch, die Geschichte eines Romans nur anhand der letzten Seiten zu verstehen. Man wird auf einige zuvor geschehene Ereignisse schließen können und einiges über die Situation der Personen herausfinden, die zum Schluss noch eine Rolle spielen, aber die Vielfältigkeit der Handlung, zahlreiche Figuren und entscheidende Aspekte der Geschichte werden fehlen. Selbst bei Berücksichtigung der Fossilien bleibt die Geschichte des Lebens für den Laien größtenteils im Dunkeln. Dinosaurier und die eiszeitlichen Tiere Europas und Nordamerikas sind weithin bekannt, und wer etwas vertrauter mit dem Gegenstand ist, wird schon von Trilobiten (»Dreilappern«), Ammoniten und vielleicht auch der Kambri-schen Explosion gehört haben. Doch das sind nur Bruchstücke der ganzen Geschichte. Mit dem vorliegenden Buch möchte ich einige der vorhandenen Lücken schließen.

Dieses Buch ist notwendigerweise eine persönliche Interpretation der Vergangenheit. Die lange zurückliegende Vergangenheit, die wahre »Tiefenzeit«, hat für verschiedene Menschen verschiedene Bedeutungen. Für einige ist es erheiternd, ein schwindelerregendes Vergnügen, sich die schier unendliche Zeit auszumalen, die die riesigen Mengen von Plankton brauchten, um sich abzusetzen, sich zu verdichten und zu den Kreidelfsen Kents und der Normandie heranzuwachsen – diesen aus Skeletten geformten Landschaften. Für andere ist es eine Flucht, eine Möglichkeit, sich Lebensweisen vorzustellen, die so ganz anders sind als unsere jetzige, in eine Zeit auszuweichen, als der Menschheit noch nicht das durch sie verursachte Artensterben auf der Seele lag und der Dodo nicht mehr als eine künftige Möglichkeit war. Trotzdem ist alles, was wir in diesem Buch sehen werden, auf Fakten gegründet, die in der Fossilüberlieferung entweder direkt zu beobachten sind, sich schlüssig aus ihr ableiten lassen oder sich dort, wo unser Wissen lückenhaft ist, plausibel auf das stützen, was sich mit Sicherheit sagen lässt. Wo es widerstreitende Meinungen gibt, habe ich mich für eine der konkurrierenden Hypothesen entschieden und sie verwendet. Schließlich gehören Phänomene wie ein Flattern im Unterholz, ein kaum erkennbares Versteck oder der flüchtige Eindruck, etwas bewege sich in der Dunkelheit, wesentlich zu unserem Naturerleben. Ein wenig Mehrdeutigkeit kann genauso faszinierend sein wie eine erwiesene Tatsache.

Die Rekonstruktionen in diesem Buch resultieren aus der Arbeit, die Tausende von Wissenschaftlern während der letzten 200 Jahre geleistet haben. Letztlich hat ihre Interpretation die faktischen Grundlagen dieses Buchs geschaffen. Für einen Paläobiologen sind die Beulen, Grate und Löcher in Knochen, Exoskeletten oder Holz lauter Hinweise, die es ihm ermöglichen, sich ein Bild von einem individuellen Organismus in seinen Lebensverhältnissen zu machen, gleich, ob der Organismus heute noch lebt oder nicht. Den Schädel eines zu einer lebenden Art gehörenden Süßwasserkrokodils zu betrachten heißt eine Charakterbeschreibung lesen. Die verstärkten Knochenfortsätze und Bögen erinnern an gotische Architektur, nur dass sie hier nicht dem Gewicht eines Kathedralendachs standhalten, sondern der unbändigen Kraft der Kiefermuskeln. Die hoch