

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
FILOZOFICKÁ FAKULTA
ÚSTAV ČESKO-NĚMECKÝCH AREÁLOVÝCH STUDIÍ A GERMANISTIKY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

DER SUBSTANTIVISCHE GENITIV IN DER DEUTSCHEN PRESSE

Vedoucí práce: Mgr. Magdalena Malechová, Ph.D.

Autor práce: Jana Papoušková

Studijní obor: Bohemistika – Německý jazyk a literatura

Ročník: 3

2014

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně, pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledky obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

České Budějovice 6. května 2014

.....
Jana Papoušková

Ich möchte an dieser Stelle herzlich Mgr. Magdalena Malechová, Ph.D., für ihre Betreuung und Unterstützung danken.

Ich bedanke mich auch bei meiner Familie für ihre Unterstützung und Geduld.

Anotace

Cílem práce je komplexní analýza stupně odbourávání flexe substantivního genitivu v současné němčině. V teoretické části je vycházeno ze základní odborné literatury k problematice klasifikace genitivů a flexe substantivních genitivů v současné spisovné němčině. V praktické části je zpracována problematika eventuálních změn ve flexi německých substantiv, přednostně mizení genitivu a popř. jeho nahrazování jinými konstrukcemi. Genitivy jsou excerpovány z vlastního korpusu dvaceti textů ze zvolené rubriky německého časopisu „Bild der Wissenschaft“. Získaná data jsou podrobena analýze, srovnána s údaji v relevantních vědeckých dílech/gramatikách a statisticky vyhodnocena. Práce je vypracována v německém jazyce.

Klíčová slova: současná spisovná němčina; nahrazování genitivu jinými konstrukcemi; substantivní genitiv; klasifikace genitivů; flexe substantivních genitivů

Abstract

The aim of this work is an exhaustive analysis concerning the extent of the decrease of the substantive genitive occurrence in the contemporary German language. In the theoretical part the basic professional literature dealing with the genitives' classification and the substantive genitive flexion in the contemporary standard German are applied. In the practical part it is focused on the area of the potential inflective changes in the contemporary language, preferentially the decreasing occurrence of the genitive or, possibly, its replacement by other constructions. The genitives are excerpted from my own corpus consisting of twenty texts originally published in the chosen section of the German magazine "Bild der Wissenschaft". The gained data are analyzed, compared with the information in the relevant scientific pieces/grammars and statistically evaluated. The work is written in the German language.

Keywords: contemporary standard German; replacement genitive by other constructions; substantive genitive; genitives' classification; substantive genitive flexion

Annotation

Das Ziel der Arbeit ist eine komplexe Analyse des Abbaugrades der Flexion des substantivischen Genitivs im gegenwärtigen Deutsch. Es wird von der elementaren Fachliteratur zur Problematik der Klassifikation der Genitive und der Flexion der substantivischen Genitive im gegenwärtigen Deutsch ausgegangen. Weiter wird die Problematik der eventuellen Änderungen in der Flexion der deutschen Substantive bearbeitet, vorrangig mit dem Genitivschwund, beziehungsweise mit seiner Ersetzung mit Hilfe von anderen Konstruktionen. Die Genitive sind aus dem eigenen Korpus der 20 Texte aus der ausgewählten Rubrik der deutschen Zeitschrift „Bild der Wissenschaft“ exzerpiert. Die gewonnenen Daten sind analysiert, mit den Angaben in relevanten wissenschaftlichen Werken/Grammatiken verglichen und statistisch ausgewertet. Die Arbeit ist in der deutschen Sprache ausgearbeitet.

Schlüsselwörter: standardsprachliches gegenwärtige Deutsch; Ersetzung des Genitivs mit Hilfe von anderen Konstruktionen; der substantivische Genitiv; Klassifikation der Genitive; Flexion der substantivischen Genitive

Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	9
1 Theoretischer Teil.....	10
1.1 Der Genitiv.....	10
1.2 Genitiv bei Substantiven.....	14
1.2.1 Ersetzung des attributiven Genitivs.....	16
1.2.2 Genitiv als Objekt.....	17
1.2.3 Deklination der schwachen Maskulina als Zweifelsfall.....	17
1.3 Genitiv bei Adjektiven.....	18
1.4 Genitiv bei Pronomen.....	18
1.4.1 Demonstrativa.....	19
1.4.2 Personalpronomina.....	19
1.4.3 Reflexivpronomina.....	19
1.4.4 Relativpronomina.....	19
1.4.5 Possessivpronomina.....	19
1.4.6 Interrogativpronomina.....	20
1.5 Genitiv bei Artikelwörtern.....	20
1.6 Genitiv in Satzstruktur.....	20
1.7 Genitiv und Wortbildung.....	21
1.8 Auslassung der Genitivendung.....	21
1.9 Genitiv im adverbialen und prädikativen Bereich.....	22
1.9.1 Adverbialer Genitiv (freier Genitiv, Genitivus absolutus).....	22
1.9.2 Prädikativer Genitiv.....	22
1.10 Genitiv bei Adpositionen.....	23
1.11. Genitivschwund.....	23
1.12 Verschwinden des Genitivs und seine Ersetzung durch Dativ.....	23
1.13 Der substantivische Kasus.....	24
1.13.1 Syntaktische Funktionen des Genitivs.....	25
1.13.2 Sachliche Funktionen des Genitivs.....	26
2 Praktischer Teil.....	29
2.1 Allgemeine Verteilung der Genitive.....	29
2.2 Genitiv bei Substantiven.....	33

2.3 Genitiv bei Adjektiven.....	36
2.4 Genitiv bei Pronomen.....	37
2. 5 Genitiv beim Artikelwort.....	39
2.6 Substantivische Kasus.....	39
2.7 Syntaktische Funktionen des Genitivs.....	42
2. 8 Sachliche Funktionen des Genitivs.....	44
2.9 Andere Formen von Darstellung der Genitive.....	52
Abschluss.....	54
Literaturverzeichnis.....	56
Anhangsliste.....	58

Einleitung

In dieser Arbeit werde ich mich mit der Problematik des Genitivgebrauches beschäftigen, konkret behandelt diese Bakkalaureatsarbeit das Aufkommen der substantivischen Genitive in der deutschen Presse. Ich befasse mich mit diesem Thema aus mehreren Gründen. Ich halte den Gebrauch der Genitive nicht nur für problematisch, sondern auch für interessant. Damit steht im Zusammenhang auch die Tatsache, dass im heutigen Deutsch der Gebrauch von Genitiven sinkt. Trotzdem meine ich, dass es gut ist, sich in der Problematik der Genitive zu orientieren, weil nicht alles mit der Umschreibung von Genitiven ausgedrückt werden kann.

Die Bakkalaureatsarbeit ist in den theoretischen und in den praktischen Teil gegliedert. Der theoretische Teil teilt sich in einige Kapitel und Unterkapitel, die die Arten und Formen des Genitivs ausführlicher erklären. Ein Kapitel ist dem substantivischen Kasus gewidmet. Mit diesem Kapitel ist die syntaktische und sachliche Funktion des Genitivs verbunden. In den Unterkapiteln wird weiter die Verteilung der Genitive und ihre Ersetzung beschrieben. Ich beschäftige mich auch mit dem Genitiv bei Substantiven, Adjektiven, Pronomen und Artikelwörtern. In der Arbeit sind jedoch in einigen Unterkapiteln der Genitivschwund, die Auslassung der Genitivendung, die Verwendung des Genitivs in der Satzstruktur und Wortbildung in dem adverbialen und prädikativen Bereich erwähnt.

Im praktischen Teil werden 20 Texte aus der deutschen Zeitschrift *Bild der Wissenschaft* analysiert. Alle Texte wurden aus der Rubrik *Erde & Weltall* ausgewählt, weil ich vermute, dass es sich in diesem Typ der Texte viele Fachausdrücke befinden, in denen man reichlich Genitiv finden kann. In den Texten suchte ich Genitive aus und klassifizierte sie nach der Verteilung, die in dem theoretischen Teil angeführt ist. In diesem Teil werden auch andere Formen der Darstellung von Genitiven erwähnt. Für die bessere Übersicht wird bei jeder Genitivzuordnung eine Tabelle angeführt, in der die Art des Genitivs, der Text und die Zeilennummern eingeschrieben werden, in denen der Genitiv vorkommt.

Das Ziel der Bakkalaureatsarbeit ist, sowohl verschiedene Typen der Genitive, als auch die Darstellung der Genitive mithilfe von anderen Ausdrücken festzustellen und zu klassifizieren.

1 Theoretischer Teil

1.1 Der Genitiv

Als Genitiv wird in der Morphologie der zweite Fall bezeichnet. Seine Bildung und Verwendung machen oft Probleme, vor allem im Singular bei Maskulina und Neutra, obwohl man gerade in diesen Formen Genitiv deutlich von anderen Kasus erkennen kann.

Genitiv ist der Kasus, der nur unter gewissen Bedingungen verwendet wird. Sehr oft bezeichnet Genitiv umfangreichere Phrasen, die aus diesem Grund nicht gut übersichtlich sind. Deshalb bildete sich eine Regel heraus, die fordert, dass eine Genitivphrase mindestens eine Wortform mit der Endung –s/-es oder –er aufweist. Die Genitivregel lautet: „Eine Nominalphrase kann nur dann im Genitiv stehen, wenn sie mindestens ein adjektivisch flektiertes Wort und mindestens ein Wort mit s- oder r-Endung enthält.“ Z. B.: „So etwas sieht man nur innerhalb *größerer* Städte. Der Konsum frischen Wassers nimmt ständig zu.“¹ Es ist nicht möglich, eine Genitivphrase durch eine allgemeine Konstruktion zu ersetzen² - falls die Regel nicht erfüllen wird, wird statt des Genitivs ein von-Attribut verwendet³.

Genitiv ist der nominale Kasus und im heutigen Deutsch erscheint er vor allem als Genitivattribut⁴, womit auch die älteste Funktion des Genitivs und auch seine Grundbedeutung zusammenhängt, und das ist, die Possessivität und Partitivität auszudrücken.⁵

Genitiv kann man nach einigen Arten sortieren:

- Genitivus auctoris, Genitiv des Produkts – Beide diese Kasus werden verwendet, um die Produkte und seine Hersteller zu nennen, wobei der Genitivus auctoris mit dem Genitivus subiectivus zusammenhängt und der Genitiv des Produkts mit dem Genitivus obiectivus zusammenhängt: Beispiele - Genitivus auctoris – „die

¹ Vgl. – Duden 4, 2006, S. 979, 980.

² Vgl. – Duden 4, 2006, S. 981.

³ Vgl. – Hentschel, Vogel, 2009, S. 124.

⁴ Vgl. – Thieroff, Vogel, 2009, S. 57.

⁵ Vgl. – Hentschel, Vogel, 2009, S. 113.

Sinfonien dieses Komponisten“, Genitiv des Produkts – „der Komponist dieser Sinfonien“.⁶

- Genitivus criminis – Dieser Kasus wird in der Gerichtssprache benutzt und bezeichnet den Inhalt einer Beschuldigung, z. B.: „Die Polizei beschuldigte den Mann des Diebstahls.“⁷
- Genitivus explicativus (Genitivus definitivus) – „Genitivus explicativus fügt einem allgemeinen Begriff einen speziellen Begriff hinzu. Wenn bei einer Umformprobe eine reine Ist-Beziehung erscheint, spricht man auch von einem Genitivus definitivus. Er erläuterte das Rechtsmittel des Einspruchs.“⁸
- Genitivus obiectivus (Objektsgenitiv) - Dieser Genitiv betrifft das Verhältnis zwischen Objekt und Prädikat. Falls er in einen ganzen Satz umgewandelt wird, wird er ein direktes Objekt des zugehörigen Verbs. Diesen Genitiv kann man durch ein Possessivpronomen ersetzen. Z. B.: „die Lösung des Problems = jemand löst das Problem“.⁹
- Genitivus partitivus (Partitivgenitiv, Genitivus materiae) – Genitivus partitivus drückt einen Teil des Ganzen aus. Z. B.: „Die Hälfte des Kuchens war schon weggegessen.“ Es gibt zwei Typen dieses Genitivs. Genitivus materiae bezeichnet nur die wirkliche Stoffbezeichnung („eine Tür aus purem Gold“), während Genitivus partitivus ein partitives Verhältnis bezeichnet („ein Becher kühlen Weines“). Bei dem Typ des Genitivus partitivus hat das Ganze, von dem ein Teil betroffen ist, eine Form des Genitivs (ein Becher *kühlen Weines*). Der Verwendungsbereich des Genitivus partitivus ist immer geringer. Wenn der Genitivus partitivus nach Maß-, Mengen-, Behälter- und Sammelbezeichnungen steht, wird er von der partitiven Apposition konkuriert oder verdrängt. Aber auch Nominativ, Dativ und Akkusativ ersetzen den Genitivus partitivus. Dieser Genitiv zusammen mit dem possessiven Genitiv waren die ersten, die durch die Präposition *von* ersetzt wurden.¹⁰
- Possessive Genitiv (besitzanzeigender Genitiv) – Possessiver Genitiv drückt eine Zugehörigkeit aus – dabei beschreibt er nicht nur den Besitz („Josephs Auto“), sondern auch allgemeine Zugehörigkeit („die Bewohner der Südsteiermark“)

⁶ Vgl. – Duden 4, 2006, S. 833, 834.

⁷ Vgl. – Duden 4, 2006, S. 828, 829.

⁸ Duden 4, 2006, S. 838.

⁹ Vgl. – Hentschel, Vogel, 2009, S. 115.

¹⁰ Vgl. – Duden 4, 2006, S. 839.; Vgl. – Hentschel, Vogel, 2009, S. 116, 117.

und eine Teil-von-Relation („der Kofferraum des Autos“). Der possessive Genitiv kann man durch Possessivpronomina ersetzen, wenn der Besitzer schon vorher bekannt ist.¹¹

- Genitivus subiectivus (Subjektsgenitiv) – Erscheint bei Substantiven, die von Verben oder Adjektiven abgeleitet sind: „Der Hund bellte. -> Das Bellen des Hundes störte die Nachbarn.“ Genitivus subiectivus betrifft das Verhältnis zwischen Subjekt und Prädikat und kann in einen ganzen Satz umgewandelt werden, in dem er als Subjekt steht: „Emmas Besuch = Emma besucht jemanden“. Die Possessivpronomina können diesen Genitiv ersetzen.¹²
- Genitivus qualitatis (Eigenschaftsgenitiv) – Genitivus qualitatis beschreibt eine Eigenschaft oder Beschaffenheit: „Sie löste einen Fahrschein erster Klasse.“ Diese Genitive kommen vor allem in der gehobenen Sprache oder in festen Wendungen vor und sie können in einen prädikativen Genitiv umgewandelt werden, z. B. „ein Wort lateinischen Ursprungs = Das Wort ist lateinischen Ursprungs“.¹³

Die Zahl der Genitivtypen unterscheidet sich in einzelnen Grammatiken. Es gibt z. B. noch:

- Genitiv des Eigenschaftsträgers – „die Größe des Zimmers“, manchmal zählt er zum Genitivus possessivus oder zum Genitivus subiectivus.
- Genitiv des dargestellten Objekts – meist ist er als eine der Interpretationsmöglichkeiten des Genitivus possessivus genommen, z. B. „das Bild Goethes = Das Bild stellt Goethe dar“.
- Genitiv der Steigerung (genitivischer Superlativ) – „das Buch der Bücher“.¹⁴

Aus dem Gesichtspunkt der Syntax unterscheidet man nur zwei Typen des Genitivs, und zwar der subjektive und der objektive Genitiv.¹⁵

Es gibt bestimmte Präpositionen, die nur mit Genitiv verwendet werden: „abseits, abzüglich, angesichts, anbetrachts, anhand, anlässlich, anstatt, anstelle, aufgrund, ausgangs, ausschließlich, außerhalb, behufs (veraltet), beiderseits, betreffs, bezüglich, binnen, diesseits, eingangs, eingedenk, einschließlich, fern, fernab, halber, hinsichtlich,

¹¹ Vgl. – Hentschel, Vogel, 2009, S. 114.

¹² Vgl. – Duden 4, 2006, S. 833.; Vgl. – Hentschel, Vogel, 2009, S. 115.

¹³ Vgl. – Duden 4, 2006, S. 838.; Vgl. – Hentschel, Vogel, 2009, S. 117, 118.

¹⁴ Vgl. – Hentschel, Vogel, 2009, S. 118, 119.

¹⁵ Vgl. – Hentschel, Vogel, 2009, S. 119.

infolge, inklusive, inmitten, innerhalb, jenseits, kraft, längs, längsseits, links, mangels, mittels(t), ob (veraltend), oberhalb, rechts, seitens, seitlich, seitwärts, umwillen, unbeschadet, umfern, ungeachtet, unterhalb, unweit, vermittels, vermöge, von – wegen, vorbehaltlich, zeit, zugunsten, zuungunsten, zuzüglich, zwecks.“

In der gesprochenen Sprache werden auch einige von diesen Präpositionen mit Dativ verwendet. Der Dativ erscheint vor allem, wenn ein Genitivattribut hinter dem Bezugssubstantiv steht. Aber es ist auch möglich, dass zwei Genitivattribute in einem Satz hintereinander gestellt werden, z. B.: „längs dem Ufer des Rheins; längs des Ufers des Rheins.“

Es existieren aber auch Präpositionen, die mit Dativ, Akkusativ und Genitiv verwendet werden. Das sind die Präpositionen *entlang*, *plus* und *minus*.¹⁶

Die Substantive stehen immer in einem von den vier Kasus. Das bedeutet, sie sind im Nominativ, im Akkusativ, im Dativ oder im Genitiv. Es gibt typische Kasusendungen. Im Fall der starken Flexion im Maskulinum und Neutrum ist es das Genitiv-s (-es) im Genitiv Singular. Das Genitiv-s (-es) erscheint auch bei der starken Eigennamendeklination.¹⁷

Die Veränderung der Flexion erscheint oft nur auf dem Artikel und auf dem Adjektiv – z. B. „den großen Tisch_“. ¹⁸ Das Substantiv kann im Genitiv stehen, wenn ein flektiertes Adjektiv oder Artikelwort vor ihm steht.¹⁹

Ebenso wie die Substantive sind auch die Artikelwörter und Pronomen flektiert. Sie haben im Genitiv die Endungen –s oder –en im Maskulinum und Neutrum Singular, wie die Substantive. Diese Endungen erscheinen sowohl bei adjektivisch als auch bei substantivisch flektierten Artikelwörtern und Pronomen.²⁰

Die Pronomen sind nämlich Stellvertreter von Substantiven oder Substantivgruppen, und deshalb werden sie dekliniert nach Numerus, Kasus und Genus wie die Substantive. Und sie teilen sich in Demonstrativ-, Indefinit-, Interrogativ-, Personal-, Possessiv-, Reflexiv- und Relativpronomina.²¹

Man verwendet die Sprachmittel, die leichtere Verwendung garantieren, und dazu

¹⁶ Vgl. – Duden 4, 2006, S. 620.

¹⁷ Vgl. – Duden 4, 2006, S. 194, 197.

¹⁸ Vgl. – Thieroff, Vogel, 2009, S. 3.

¹⁹ Vgl. – Duden 4, 2006, S. 214.

²⁰ Vgl. – Duden 4, 2006, S. 255, 266, 267, 270.

²¹ Vgl. – Thieroff, Vogel, 2009, S. 4.

gehört auch Ersetzung des Genitivs mit der Präposition *von* oder die Ersetzung mit dem funktionsleichteren Akkusativ.²²

1.2 Genitiv bei Substantiven

Bei Substantiven kann wahrscheinlich die größten Probleme die Verwendung von Maskulina und Neutra bei starken Flexion im Singular machen, weil die Endung *-s-* in diesem Fall zu dem Substantiv zugegeben werden muss, und das wird manchmal vergessen.

Substantiva können als Feminina und Nicht-Feminina klassifiziert werden. Bei Feminina ist es nicht möglich, den Kasus zu unterscheiden, weil die Form des Substantivs in allen Kasus im Singular gleiche ist, z. B. die Katze. Zu den Nicht-Feminina gehören Maskulina und Neutra. Sie teilen sich in Nicht-Feminina der ersten und der zweiten Klasse.

Zu den Nicht-Feminina der ersten Klasse gehören Maskulina und Neutra, die den Genitiv mit dem Suffix *-s* oder *-es* bilden. Dabei gilt: Das Kasussuffix *-s* oder *-es* ist möglich bei Substantiven, die auf keine Schwachsilbe enden. S-Endung ist obligatorisch bei Substantiven, die auf eine Schwachsilbe auslauten. Nur bei Substantiven, deren Nominativ auf „s“ auslautet (in der geschriebenen Form ist es *s*, *ss*, *ß*, *z*, *tz*, *chs*, *x*), ist die es-Endung obligatorisch.

Beispiele: Die letzte Silbe ist Schwachsilbe: „Balken-s, Esel-s, Atem-s“
Die letzte Silbe ist keine Schwachsilbe und lautet nicht als „s“ aus: „Bild-(e)s, Schuh-(e)s, Tag-(e)s“.

Die letzte Silbe ist keine Schwachsilbe, aber sie lautet wie „s“ aus: „Kreis-es, Fuchs-es, Witz-es“.

Zu den Nicht-Feminina der zweiten Klasse gehören Maskulina, deren Genitiv auf *-(e)n* endet. Auch im Dativ und im Akkusativ erscheint die *(e)n*-Endung, z. B.: „der Mensch, des, dem, den Menschen“. Es gibt aber auch eine kleine Gruppe der Substantiven, die den Genitiv auf *-ns* bilden, z. B.: der Name, des Namens, dem Namen, den Namen.

²² Vgl. – Braun, 1998, S. 98.

Eigennamen bilden den Genitiv nur mit dem Suffix –s, z. B.: „Christofs, Annas“.²³ Aber bei Eigennamen, die im Nominativ auf einen s-Laut enden, verwendet man die Ersatzkonstruktion *von*: z. B.: „der Hut von Fritz“.²⁴

Bei Substantiven hängen der Plural und der Genitiv Singular zusammen – von der Form des Genitivs kann man die Form des Plurals ableiten und umgekehrt. Diese Regel gilt aber nur bei den Nicht-Feminina. Der Plural, der mit der s-Endung gebildet wird, bedeutet, dass auch der Genitiv mit –s gebildet wird, z. B. „Die Autos, des Autos“. Wenn der Genitiv mit dem Suffix –(e)s gebildet wird, dann entsteht Plural oder er-Plural – z. B. „des Berges, die Berge; des Mannes, die Männer“. Und wenn der Plural auf –(e)n gebildet wird, dann ist auch Genitiv mit –(e)n gebildet. Z. B. „die Menschen, des Menschen“.

Bei einigen Substantiven kann es aber zum Deklinationswechsel kommen und dann übergehen schwache Maskulina zu den starken Nicht-Feminina. Das bedeutet, sie bilden den Genitiv Singular auf –ns, nicht auf –n. Es handelt sich um diese 12 Wörter:

„Buchstabe, Friede, Funke, Gedanke, Gefälle, Glaube, Haufe, Hode, Name, Same, Schade, Wille“.²⁵

Der Genitiv im Singular ist eine von den drei Kennformen des Substantivs:

- „Genitiv Singular endungslos – Akkusativ und Dativ Singular endungslos
- Genitiv Singular auf –es/-s – Akkusativ und Dativ Singular endungslos
- Genitiv Singular auf –en/-n – Akkusativ und Dativ Singular auf –en/-n“²⁶

Der Genitiv Singular wird meistens bei Substantiven verwendet als:

- „ein Genitivobjekt“ – z. B.: Ich war *des Lärms* überdrüssig.
- adverbialer Genitiv – z. B.: *Eines Tages* werden wir es wissen.
- ein Genitivattribut – z. B.: Das Wasser *des Flusses* ist hier noch sauber.
- bei einer Präposition – z. B.: Während *des Sommers* ist die Eisbahn geschlossen.
- Kongruenz bei einer Konjunktion – z. B.: Er bemächtigte sich der Festung als *des wichtigsten Zugangs* zu den Pässen.

²³ Vgl. – Thieroff, Vogel, 2009, S. 42, 43.

²⁴ Vgl. – Duden 4, 2006, S. 213.

²⁵ Vgl. – Thieroff, Vogel, 2009, S. 43, 45.

²⁶ Vgl. – Duden 4, 2006, S. 197, 198.

- Kongruenz bei einer Apposition – z. B.: Die Besichtigung der Burg, *eines beeindruckenden Bauwerks*, dauert eine Stunde.²⁷

1.2.1 Ersetzung des attributiven Genitivs

Statt des attributiven Genitivs kann eine Reihe von Ersetzungen verwendet werden. Es ist die von-Phrase („die Tür von der neuen Wohnung“, auch Dativ + von, von-Attribut, analytischer Genitiv, Präpositionalattribut genannt), ein unflektiertes oder parallel flektiertes Nomen bei dem Partitivgenitiv („ein Glas Wein“), der possessive Dativ mit Possessivpronomen („dem Vater sein Haus“), die Präposition zu („der Schlüssel zu Tür“) und der Infinitiv mit zu („die Kartoffeln zu setzen dauert fünf Stunden“). Nach der Menge der Ersetzungen sieht man, dass die Verwendung des attributiven Genitivs sinkt.

Nach *Deutsche Morphologie* erklärt Engel den Gebrauch des von-Attributs auf vier Genitivtypen:

- Die Ersetzung des possessiven Genitivs mit der von-Phrase ist in vielen Fällen alltagssprachlich – korrekt und obligatorisch ist es beim Fehlen der eindeutigen flexivischen Merkmale („der Plan Fritz´ = der Plan von Fritz“).
- Die Ersetzung des Subjektgenitiv mit von- oder durch-Präpositionalphrase ist möglich, wenn die Genitivform nicht gewöhnlich ist oder wenn der Subjektgenitiv flexivisch nicht eindeutig ist („Eva Groß´Antrag = der Antrag von Eva Groß“).
- Eine von-Phrase kann statt des Objektgenitivs verwendet werden, wenn die Kasusmerkmale nicht eindeutig sind („die Festnahme Max´ = die Festnahme von Max“).
- Eine von-Phrase kann den Genitivus explicativus ersetzen, wenn er im Plural steht oder mit Nullartikel verbunden wird.

Wenn ein Genitivattribut und ein von-Attribut zusammen stehen, verwendet man die Reihenfolge Genitivattribut + von-Attribut. Andere Präpositionen außer *von* haben ihre Verwendung als Genitiversatz extrem beschränkt und sie kommen vor allem in den Dialekten vor.²⁸

²⁷ Vgl. – Duden 4, 2006, S. 196.

²⁸ Vgl. – Hentschel, Vogel, 2009, S. 123, 124, 125.

1.2.2 Genitiv als Objekt

In der Gegenwart verwendet man etwa fünfzig Verben, die den Genitiv regieren - daraus ergibt sich, dass Genitivobjekt immer seltener ist. Diese Verben gliedern sich in drei Gruppen und alle können ein werden-Passiv bilden:

- „Zweistellige Verben mit Subjekt und Genitivobjekt – bedürfen, gedenken, spotten...“
- „Zweistellige Verben mit Subjekt und Genitivobjekt, die zusätzlich noch obligatorisch reflexiv sind – sich annehmen, bedienen, erinnern...“
- „dreistellige Verben, die außer dem Genitiv noch einen Akkusativ regieren – anklagen, beschuldigen, entheben...“

„Wenn der Genitiv nach Verben und Adjektiven wie *bedürfen*, *bedürftig*, *ermangeln* etwas Fehlendes, Nicht-Vorhandenes ausdrückt, dann heißt er auch privativ.“²⁹

1.2.3 Deklination der schwachen Maskulina als Zweifelsfall

Auch beim Genitiv wird die starke Form von der schwachen übertragen, und dieser Wechsel der Deklinationsklasse betrifft nur den Singular. Es gibt aber auch Substantiven, bei denen im Singular neben der ursprünglichen schwachen Flexion auch die starke Flexion erscheint. Z. B. der Ahn, der Untertan, der Oberst – des Ahns/Ahnen, des Untertans/Untertanen, des Obersts/Obersten.

Es gibt drei Typen des Wechsels von der schwachen zu der starken Deklination:

- Der Genitiv und der Plural haben die en-Endung, während Akkusativ und Dativ Singular nicht: des Menschen, die Menschen, den Mensch, dem Mensch.
- Im Genitiv Singular ist die en-Endung mit der (e)s-Endung ersetzt und die en-Endung bleibt nur im Plural. Diese Substantive können als gemischte Substantive flektiert werden: des Mohrs, die Mohren, den Mohr, dem Mohr.
- Diese Substantive können stark flektiert werden und im Plural kann die Endung –en sowie –e sein: die Magnete, die Magneten, des Magnets, den Magnet, dem Magnet.

Der Wechsel von der schwachen zu der starken Deklination ist möglich nur bei Substantiven, die im Nominativ Singular auf einen Konsonanten enden.³⁰

²⁹ Vgl. – Hentschel, Vogel, 2009, S. 126.

³⁰ Vgl. – Thieroff, 2003, S. 107, 109.

1.3 Genitiv bei Adjektiven

Bei Adjektiven befindet sich die starke und die schwache Kasusflexion. Wenn kein Artikel oder kein Pronomen mit der Flexionsendung vor dem Adjektiv steht, wird es nach der starken Deklination flektiert. In anderen Fällen wird es schwach flektiert. Es gibt aber auch nach einigen Grammatiken eine gemischte Flexion, nach der das Adjektiv nach *ein, kein, mein* flektiert wird.

Beispiele der Flexionen bei Adjektiven:

<u>starke Flexion:</u>	Nominativ	Genitiv	Dativ	Akkusativ
Feminina:	gute Milch	guter Milch	guter Milch	gute Milch
Maskulina:	guter Wein	guten Wein(e)s	gutem Wein	guten Wein
Neutra:	gutes Bier	guten Bier(e)s	gutem Bier	gutes Bier
Plural:	gute Drinks	guter Drinks	guten Drinks	gute Drinks

schwache Flexion:

Feminina:	die gute M.	der guten M.	der guten M.	die gute M.
Maskulina:	der gute W.	des guten W.	dem guten W.	den guten W.
Neutra:	das gute B.	des guten B.	dem guten B.	das gute B.
Plural:	die guten D.	der guten D.	den guten D.	die guten D.

gemischte Flexion:

Feminina:	keine gute M.	keiner guten M.	keiner guten M.	keine gute M.
Maskulina:	kein guter W.	keines guten W.	keinem guten W.	keinen guten W.
Neutra:	kein gutes B.	keines guten B.	keinem guten B.	kein gutes B.
Plural:	keine guten D.	keiner guten D.	keinen guten D.	keine guten D. ³¹

Bei dem Superlativ in Vergleichskonstruktionen erscheint Genitiv oder die Präposition *von*, z. B.: „Diese Kirche hat Europas größtes Zifferblatt/das größte Zifferblatt Europas/das größte Zifferblatt von Europa.“³²

1.4 Genitiv bei Pronomen

In diesem Kapitel werden wegen der Menge von Pronomina nur solche Pronomina angeführt, deren Formen im Genitiv oft benutzt werden.

³¹ Vgl. – Thieroff, Vogel, 2009, S. 54, 55.

³² Vgl. – Duden 4, 2006, S. 379.

1.4.1 Demonstrativa

Demonstrativa *dieser* und *jener* haben die gleiche Flexion wie die starken Adjektiva, nur im Genitiv bei Nicht-Feminina kommt der Suffix *-es* vor.³³ Demonstrative Artikelwörter und Pronomen haben im Genitiv auch Langformen: *dessen* für Maskulina und Neutra, *deren* oder *derer* für Feminina und *derer* oder *denen* für Plural. Diese Formen kommen als Genitivobjekte, bei Präpositionen und als nachgestellte Genitivattribute vor.³⁴

1.4.2 Personalpronomina

Bei Personalpronomina endet der Genitiv auf den Suffix *-er*. Die Genitivformen der Personalpronomina kommen vor als Genitivobjekte bei Verben und Adjektiven, sowie bei Präpositionen, die den Genitiv verlangen. Bei Präpositionen *wegen*, *willen*, *halben* erscheinen ältere Genitivformen mit *-t-*, z. B.: *deinetwegen*.³⁵

1.4.3 Reflexivpronomina

Im Fall der Reflexivpronomina kann der Genitiv in zwei Beziehungen vorkommen – die erste Beziehung ist Nominativ (Subjekt) + Genitiv (z. B.: „*Die Akademie gedachte ihrer selbst.*“) und die zweite Beziehung ist Genitiv (Attribut) + Präpositionalphrase (Attribut) (z. B.: „*Annas Stolz auf sich selbst war groß.*“)³⁶

1.4.4 Relativpronomina

Die Langformen *deren*, *derer*, *denen* kommen auch bei Relativpronomina vor.³⁷

1.4.5 Possessivpronomina

Bei Maskulina und Neutra ist im Singular korrekt nur die *-es*-Endung. Die Formen wie *meinesgleichen*, *deinesgleichen* usw. haben zwar den Genitiv des Possessivs, aber man verwendet sie nur im Nominativ, Dativ und Akkusativ und dabei haben sie keine Kasusendungen.³⁸

³³ Vgl. – Thieroff, Vogel, 2009, S. 69.

³⁴ Vgl. – Duden 4, 2006, S. 289, 290, 291.

³⁵ Vgl. – Thieroff, Vogel, 2009, S. 83.; Vgl. – Duden 4, 2006, S. 276.

³⁶ Vgl. – Duden 4, 2006, S. 281.

³⁷ Vgl. – Duden 4, 2006, S. 310.

³⁸ Vgl. – Duden 4, 2006, S. 286, 328.

1.4.6 Interrogativpronomina

Bei Interrogativpronomina erscheinen auch Langformen im Genitiv Singular, und zwar die Formen von *wer* und *was*, die *wessen* lauten.³⁹

1.5 Genitiv bei Artikelwörtern

Artikelwörter, ob es sich entweder um den definiten oder indefiniten Artikel handelt, sind im Deutsch sehr wichtige Wörter, die den untrennbaren Teil des Wortschatzes bilden.

Possessive Artikelwörter und der definite Artikel haben auch Genitivformen. Die Form des Genitivs erscheint aber auch bei indefiniten Artikeln. Bei Maskulina und Neutra ist im Singular korrekt nur die –es-Endung.

Adverbiale Genitive in festen Wendungen sind ohne Artikel, z. B.: „gleichen Alters, weiblichen/männlichen Geschlechts“.

Interrogative Artikelwörter – bei denen erscheinen auch Langformen von *wer* und *was*, und zwar das Pronomen *wessen*.

Nach einigen Artikelwörtern, wie z. B. *des*, *keines*, *meines*, wird das Genitiv-s oft weggelassen. Dagegen ist das Genitiv-s fest bei Artikelwörtern mit der weniger deutlichen Endung –en.

Viel und *wenig* befinden sich auf der Grenze Adjektiv-Artikelwort/Pronomen und in der flektierten Form werden sie am ehesten im Genitiv benutzt, z. B.: „Der Kranke bedarf vielen Schlafes.“⁴⁰

1.6 Genitiv in Satzstruktur

Die Akkusativierung und Präpositionalisierung führen zu dem Rückgang an Satzmodellen, die die notwendigen Genitiv- und Dativobjekte enthalten. Die Zahl der Verben sinkt, die ein Genitivobjekt als einzige Ergänzung haben. Es gibt aber auch feste Wendungen mit dem Genitivobjekt, z. B. „der Ruhe pflegen, sich eines Besseren besinnen“.

³⁹ Vgl. – Duden 4, 2006, S. 313.

⁴⁰ Vgl. – Duden 4, 2006, S. 203, 285, 286, 300, 306, 313, 334, 341.

Außerdem haben einige Verben auch schwankende Rektion – sie werden entweder mit einem Genitiv oder mit einer Präposition verwendet, wobei die Verwendung der Präposition heute bevorzugt ist, z. B. „jemandes/eines Dinges achten – auf jemanden/etwas achten“.⁴¹

K. Korn spricht nach *Tendenzen in der deutschen Gegenwartssprache* von dem seriellen Satz (= modisch gepflegte Satzgebilde), das die Ersetzung der Unterordnung durch das Genitiv-Reihung ist: Es gibt den komplizierten Satz, der einen Hauptsatz und ihm ein oder mehrere untergeordnete Nebensätze hat. Dieser Satz wird mittels substantivischer Wendungen durch Genitive gleichsam hintereinander verbunden.⁴²

Der Genitivattribut ist neben dem Präpositionalattribut und dem Partizipialattribut einer der Attributen, die an der Blockbildung teilnehmen. Die Blockbildung geschieht, wenn ein oder mehrere Attribute ein Satzglied ausweiten.⁴³

1.7 Genitiv und Wortbildung

Es gibt entweder echte (eigentliche) oder unechte (uneigentliche) Zusammensetzungen. Die echten Zusammensetzungen bedeuten, dass Einzelwörter aus dem Satzzusammenhang heraus verbunden werden, z. B. „hant-werc“. Dagegen die unechten Zusammensetzungen entstehen aus der syntaktischen Verbindung von Genitiv und Substantiv, z. B. „mînes Vater“.⁴⁴

1.8 Auslassung der Genitivendung

Hier werden einige Fälle angeführt, in denen Auslassung der Genitivendung geschieht:

- Bei Gattungsnamen ist in einigen Bereichen die Auslassung der Genitivendung –s- schon anerkannt und die Formen wie „des Zirkus, des Radius“ sind angenommen.
- Bei Substantiven mit Wortausgang –en ist oft nicht zu erkennen, ob es sich um Auslassung des Genitiv-s handelt, oder ob es sich um Verwechslung mit der schwachen Kasusflexion handelt.

⁴¹ Vgl. – Braun, 1998, S. 111, 112.

⁴² Vgl. – Braun, 1998, S. 120.

⁴³ Vgl. – Braun, 1998, S. 120.

⁴⁴ Vgl. – Braun, 1998, S. 168.

- Bei Eigennamen fehlt der s-Genitiv, wenn dort ein maskuline Personennamen mit einem Artikel steht. Z. B. „die Familie des kleinen Stefan“.
- „Bei maskulinen und neutralen Landschafts-, Berg- und Gewässernamen ist die Endung –s fakultativ: des Himalaja(s), des Neckar(s)“.
- Bei Gattungsbezeichnungen, die den Eigennamen ähneln, kommt es meistens nach Artikelwörtern zur Weglassung der Genitivendung – „im Laufe des Januar(s)“. Bei Buchstabenkurzwörtern und Schreibabkürzungen kommt meist auch die Auslassung des s-Genitiv vor. „des EKG, des 15. Jh.“

Nach *Deutsche Morphologie* spricht Pérennec über Widerstandsfähigkeit des adnominalen Genitivs. Zur Auslassung der Genitivendung kommt es vor allem, wenn ein bestimmter Artikel vor dem Nomen steht, weil der Artikel ein Mittel zur Erkennung des Kasus ist.⁴⁵

1.9 Genitiv im adverbialen und prädikativen Bereich

1.9.1 Adverbialer Genitiv (freier Genitiv, Genitivus absolutus)

Der Gebrauch im adverbialen Bereich ist nicht direkt von anderen Elementen des Satzes abhängig. Adverbialer Genitiv hat die Funktion eines Adverbials. Er ist nicht mehr produktiv und kommt fast nur noch als feste Wortverbindung vor. Adverbiale Verwendung kann modaladverbial („Die Kommission hat des Langen und Breiten diskutiert.“), temporaladverbial („Das wirst du eines Tages bereuen.“) oder kommentaradverbial („Hier muss unseres Erachtens ein neuer Plan angefertigt werden.“) sein.

1.9.2 Prädikativer Genitiv

Der prädikative Genitiv ist gleich wie der adverbiale Genitiv nicht direkt von anderen Satzelementen abhängig. Er ist aber als Prädikativum im Satz stärker integriert. Z. B. „Dieses Wort ist lateinischen Ursprungs.“ Semantisch verbindet sich dieser Genitiv mit dem Genitivus qualitatis.⁴⁶

⁴⁵ Vgl. – Hentschel, Vogel, 2009, S. 122, 123.

⁴⁶ Vgl. – Hentschel, Vogel, 2009, S. 127, 128.

1.10 Genitiv bei Adpositionen

Der Genitiv tritt auch mit Präpositionen, Zirkumpositionen oder Postpositionen auf. Sie können entweder nur den Genitiv regieren (z. B. außerhalb), oder Genitiv und Dativ (z. B. anstatt), Genitiv, Dativ und Akkusativ (z. B. entlang), sogar alle vier Kasus (z. B. plus) regieren.⁴⁷

1.11. Genitivschwund

„Das allmähliche Verschwinden des Genitivobjekts wird im Duden (2005: 829) mit der Genitivregel erklärt: „Sie lässt nur Genitivphrasen zu, die ein dekliniertes Artikelwort oder Adjektiv enthalten. Andernfalls ist eine Ersatzkonstruktion zu wählen – und genau diese Ersatzkonstruktionen verdrängen das Genitivobjekt auch in den Kontexten, in denen es eigentlich noch zulässig wäre.“ Z. B.: „Sie war sehr wohl noch energischen Widerstands fähig vs. Sie war sehr wohl noch zu Widerstand fähig.““

Zur Begrenzung des Genitivobjekts trug der Verlust der morphologisch markierten Perfektivität bei. Dieser Verlust führte zur Dominanz des Akkusativs, weil Akkusativ einen weniger beschränkten Status hat.⁴⁸

1.12 Verschwinden des Genitivs und seine Ersetzung durch Dativ

Bastian Sick führt in seinem Werk an, dass in den neunziger Jahren immer mehr CDs und Lieder erschienen, die statt der richtigen Form „deinetwegen“ die Verbindung „wegen dir“ angeben. In deutschen Grammatiken ist es erlaubt, hinter *wegen* in besonderen Fällen den Dativ zu verwenden. Den besonderen Fall bildet ein Nomen ohne Artikel und Attribut, z. B. „Wegen Umbau geschlossen.“ In anderen Fällen ist es besser, den Genitiv zu verwenden, z. B. „Wegen des Umbaus“. Aber immer häufiger verwendet man die fehlerhafte Verbindung „wegen dem“, oder auch weitere Verbindung „laut einem Bericht“. Dagegen erscheinen auch Fälle, in denen der Genitiv

⁴⁷ Vgl. – Hentschel, Vogel, 2009, S. 128.

⁴⁸ Vgl. – Hentschel, Vogel, 2009, S. 129, 130.

statt des Dativs hinter Präpositionen steht, z. B. „gemäß des Protokolls, entgegen des guten Vorsatzes“.⁴⁹

Bastian Sick erwähnt auch eine neue Regel, die lautet: „Gelegentlich wird das Genitiv-s zur Verdeutlichung der Grundform des Namens auch durch einen Apostroph abgesetzt“.⁵⁰

1.13 Der substantivische Kasus

Laut des Werkes von Gerhard Helbig wird der Kasus als ein Ausdruck der Beziehung des Substantivs zu den anderen Gliedern des Satzes verstanden, weil einige Genitiv- und Nominativformen die syntaktischen Funktionen nicht deutlich ausdrücken.⁵¹ „Der Kasus nimmt nur am Ausdruck der Beziehungen des Substantivs zu den anderen Wörtern des Satzes teil, wenn er auch diese Beziehungen oft allein ausdrückt.“ Kasus und Präpositionen spielen im Deutsch eine dominierende Rolle. Manchmal ist es schwierig, den Kasus von der Präposition zu trennen, und deshalb nannte Hjelmslev die Kasus als Postpositionen. Die gleichen Beziehungen werden nämlich einmal durch Kasus, zum zweiten Mal durch Präposition ausgedrückt.⁵²

Gegenüber schon erwähnter Verteilung des Genitivs ist die Verteilung von Helbig noch detailliert. Er sagt, dass Genitiv in folgenden syntaktischen Funktionen erscheint:

- „traditionelles Objekt“: a) bei Verben, „Er bedient sich *der Ausrede*“
b) bei Adjektiven, „Er ist *des Weges* kundig“
- freie Adverbialbestimmung: a) lokal, „Wir sehen den Berg *rechter Hand*“
b) temporal, „Er besuchte mich *eines Tages*“
c) modal, „Er ging *unverrichteter Dinge*“
- Präpositionalkasus: a) kausal, „Er beklagte sich wegen *der Arbeit*“
b) konzessiv, „Er beklagte sich trotz *des schönen Wetters*“
c) final, „Er besuchte ihn zwecks *einer Aussprache*“
d) lokal, „Er stürzte unweit *der Stadt*“
e) temporal, „Er starb während *des Fluges*“
- Prädikativum: „Er ist *guter Laune*“

⁴⁹ Vgl. – Sick, 2004, S. 11, 12.

⁵⁰ Vgl. – Sick, 2004, S. 28.

⁵¹ Vgl. – Helbig, 1973, S. 52.

⁵² Vgl. – Helbig, 1973, S. 53.

- Attribut: a) genetivus possessivus
 - aa) konkreter Besitz, „das Haus *meines Vaters*“
 - bb) allgemeine Zugehörigkeit, „das Fenster *des Hauses*“
 - cc) konkretes oder abstraktes Zubehör, „der Kopf, die Ansicht *des Mannes*“
 - dd) genetivus auctoris, „die Werke *des Dichters*“
 - b) genetivus identitatis
 - aa) genetivus definitivus, „die Pflicht *der Dankbarkeit*“
 - bb) genetivus explicativus, „der Strahl *der Hoffnung*“
 - cc) verstärkender Genitiv, „das Buch *der Bücher*“
 - dd) genetivus qualitatis, „ein Mann *des Friedens*“
 - c) genetivus partitivus, „die Hälfte *des Buches*“
 - d) genetivus subjectivus, „die Belagerung *der Feinde*“
 - e) genetivus objectivus, „die Belagerung *der Stadt*“
- Apposition: „die Belobigung Karls, *eines guten Schülers*“
 - prädikatives Attribut: „die Belobigung Karls als *eines guten Schülers*“⁵³

1.13.1 Syntaktische Funktionen des Genitivs

Die syntaktische Funktion des Genitivs ist:

- „die Determination eines regierenden substantivischen Beziehungswortes durch einen Individualbegriff, z. B. „das Werk des Dichters“
- die Betreffsgröße der Aussage
 - a) ein Inhaltsobjekt der geistigen Teilhabe, z. B. „er erinnert sich des Freundes“
 - b) eine materielle Teilhabe, z. B. „er bedarf der Hilfe“
 - c) der Sachbetreff oder Inhalt einer Beschuldigung oder Versicherung, z. B. „er klagt ihn des Verbrechens an“
- eine innere Vefassung, z. B. „er ist guter Laune“
- eine qualitative Orientierung über Art und Weise, Raum, Zeit u. a., z. B. „er geht seiner Wege“⁵⁴

Aus der syntaktischen Sicht bilden die primäre Funktion des Genitivs Subjekte, Objekte, Attributgenitive u. a., die sekundäre Funktion bildet der Objektgenitiv. Als tertiäre Funktion zeichnet den Genitiv aus der denotativen Sicht auch Ort und Zeit.⁵⁵

⁵³ Vgl. – Helbig, 1973, S. 64, 65.

⁵⁴ Vgl. – Helbig, 1973, S. 180.

1.13.2 Sachliche Funktionen des Genitivs

Aus der Sicht der sachlichen Funktion kann der Genitiv bezeichnen:

„1.) Beim Substantiv

- die Person, der eine andere Person zugeordnet wird, z. B. „der Bruder der Mutter“
- die Sache, in die eine Person oder Sache eingeordnet wird, z. B. „der Bewohner der Stadt“
- den Besitzer, z. B. „das Haus des Vaters“
- die Person oder Sache, der etwas zugehört, das Ganze im Verhältnis zu einem selbständigen Teile, z. B. „der Kopf des Vaters, das Dach der Werkstatt“
- die Person, für die etwas bestimmt ist, z. B. „das Zimmer des Präsidenten“
- den Ursprung, den Urheber oder Schöpfer, das Hervorbringende, z. B. „das Gemälde des Malers“
- die Wirkung, das Produkt, das Hervorgebrachte, z. B. „der Maler des Gemäldes“
- die Herkunft, z. B. „die Weine Frankreichs“
- eine lokale Bestimmung, z. B. „das Ufer des Flusses, der Nachbar des Hauses“
- das Agens (das mögliche Subjekt eines aktiven Satzes), z. B. „das Schwimmen des Kindes“
- das Patiens (das mögliche Objekt eines aktiven bzw. Subjekt eines passiven Satzes), z. B. „die Entwicklung des Films“
- den Eigenschaftsträger, zu dem das Beziehungswort eine Eigenschaft nennt (das mögliche Subjekt eines Eigenschaftssatzes), z. B. „die Schönheit der Frau“
- das Ganze im Verhältnis zu einem unselbständigen Teil, das den Stoff bzw. die Art angibt, z. B. „eine Menge guter Früchte“
- eine temporale Bestimmung, z. B. „die größte Erfindung des 20. Jahrhunderts“
- ein Mittel oder Instrument, z. B. „die Mauer der Ziegel“
- die Ursache oder den Grund, z. B. „die Freude des Schenkens“
- das Maß, z. B. „die Arbeit dreier Jahre“
- eine Steigerung zum Ausdruck der Qualität und der Vollkommenheit, z. B. „das Lied der Lieder“
- eine Eigenschaft, eine Qualität oder ein Merkmal, z. B. „ein Mann der Wissenschaften, ein Kind böser Art“
- einen Inhalt oder Stoff, z. B. „Worte des Trostes, die Masse des Fleisches“

⁵⁵ Vgl. – Helbig, 1973, S. 192.

- eine Art und Weise, z. B. „das Amt des Richters“
- das Identificatum, den Gleichsetzungsträger, zu dem das Beziehungswort das Identificans nennt (das mögliche Subjekt eines Gleichsetzungssatzes), z. B. „die Pflicht der Dankbarkeit, die Tugend der Bescheidenheit“
- einen Vorgang, von dem das Beziehungswort das Agens oder Patiens abstrahiert, z. B. „das Opfer der Zerstörung“
- den einem Bilde inhärenten Inhalt, z. B. „der Strahl der Hoffnung, die Nacht des Schweigens“
- das dargestellte Objekt, z. B. „das Bild Goethes“

2.) Beim Adjektiv

- die Ursache oder den Grund von Gemütsbewegungen, z. B. „er wird des Lebens nicht mehr froh“
- die Grenze und Bestimmung des Wissens und der Fähigkeit, z. B. „er ist des Weges kundig, großer Leistungen fähig“ (auch: bewußt, gewahr, gewärtig, sicher, gewiß...)
- die Grenze und Bestimmung eines Wertes, z. B. „er ist der Auszeichnung würdig“
- die Entfernung von einem Ziel, den Inhalt eines Mangels, z. B. „er ist der Sorgen ledig, der Hilfe bedürftig“ (auch: leer, bar, begierig, verlustig...)
- den Inhalt einer Beschuldigung in der Gerichtssprache, z. B. „er ist des Verbrechens verdächtig“ (auch: schuldig, geständig...)
- den materiellen oder geistigen Besitz, z. B. „er wird des Geldes habhaft“, (auch: teilhaft, voll, eingedenk...)
- das Objekt der geistigen Anteilnahme, von dem eine Person befreit sein möchte, z. B. „er ist des Lebens müde, des Freundes überdrüssig“

3.) Beim Verb

a) beim Vollverb als Objekt

- die Ursache oder den Grund von Gemütsbewegungen, z. B. „er freut sich seines Lebens“ (auch: lachen, schämen, wundern ...)
- ein Inhaltsobjekt, das den Inhalt der geistigen Anteilnahme oder Erinnerung bezeichnet, z. B. „wir erinnern uns des Toten“ (auch: gedenken, pflegen, achten...)

- ein Separativobjekt, das den Gegenstand des Entziehens oder Beraubens bei privaten Verben bezeichnet, z. B. „er enthebt ihn des Amtes“ (auch: verweisen, entbinden, berauben...)
- ein affiziertes Objekt, das den Mangel oder das Verfehlen eines Zieles, die Trennung von einem Ziel bezeichnet, z. B. „er bedarf der Hilfe“ (auch: ermangeln, entraten...)
- ein affiziertes Objekt, in dessen Besitz man ist und an dem man materiell teilhat, z. B. „er bedient sich des Wörterbuches“
- den Inhalt bzw. Sachbetreff einer Beschuldigung in der Gerichtssprache, z. B. „ich beschuldige ihn des Verbrechen“ (auch: anklagen, überführen...)
- den Inhalt einer Würdigung und einer Versicherung im Bereich der menschlichen Mitteilung, z. B. „ich würdige ihn der Verdienste, überzeuge ihn eines Besseren“ (auch: sich rühmen, belehren...)

b) beim Hilfsverb als Prädikativum

- eine intentionale Richtung, z. B. „er ist dieser Meinung“
- eine Eigenschaft des Subjekts, z. B. „er ist guter Laune“
- einen Besitzer bzw. einen Bereich, z. B. „er ist des Todes, des Teufels“
- ein verkapptes Subjekt, z. B. „hier ist meines Bleibens nicht“

c) als Adverbialbestimmung

- einen Ort, z. B. „geraden Weges, rechter Hand“
- einen Zeitpunkt, z. B. „er kam eines Dienstags“
- eine Zeitdauer, z. B. „er arbeitet des Sommers nicht“
- eine Wiederholung, z. B. „er kommt des Abends immer“
- die Art und Weise, z. B. „er ging unverrichteter Dinge nach Hause“
- die Modalität, z. B. „meines Erachtens hat er recht“
- den Grund, z. B. „er ist Hungers gestorben“⁵⁶

⁵⁶ Vgl. – Helbig, 1973, S. 210-213.

2 Praktischer Teil

Es werden 20 Texte aus der deutschen Zeitschrift *Bild der Wissenschaft* analysiert. Alle Texte werden aus der Rubrik *Erde & Weltall* ausgewählt und im Rahmen dieser Rubrik handelt es sich um vollständige Artikel aus dem Bereich *Geowissenschaften, Klima und Wetter, Paläontologie* und *Astronomie*. In den Texten werden Genitive und ihre Formen gesucht, die anschließend weiter bearbeitet und analysiert werden. Alle Artikel sind auf der Webseite <http://www.wissenschaft.de/> zu finden.

2.1 Allgemeine Verteilung der Genitive

Was die Verteilung der Genitive aus der allgemeinen Sicht betrifft, tritt am häufigsten ein possessiver Genitiv auf. Es ist mit der Tatsache verbunden, dass der possessive Genitiv mehrere Typen der Zugehörigkeit ausdrückt (konkret *den Besitz, die allgemeine Zugehörigkeit* und *eine Teil-von-Relation*), wie schon im theoretischen Teil erwähnt wurde. Die Beispiele des possessiven Genitivs sind:

- Die größten *Meereswirbel der Erde* bilden kreisförmige Barriereströmungen, die ein Entkommen aus den gigantischen Wassergebilden verhindern. (Text 3, Zeilen 5, 6, 7)
- Offenbar teilen sie diese fesselnde Eigenschaft mit einem Phänomen in den *Ozeanen der Erde*, berichten Meeresforscher. (Text 3, Zeilen 4, 5)

Der weitere Typ des Genitivs, der auch oft auftritt, ist der Subjektsgenitiv. Beim Subjektsgenitiv ändert sich das Subjekt zum Prädikat und umgekehrt. Beispiele des Subjektsgenitivs sind:

- *Veränderung der Ökosysteme* bis 2100 bei ungebremster Erwärmung (Text 1, Zeile 1)
- "Das bedeutet, dass bis *zum Ende dieses Jahrhunderts* mehr als eine Milliarde Menschen davon betroffen wären", betont Dieter Gerten, Erstautor einer der Studien. (Text 1, Zeilen 50, 51, 52)

Der Genitiv, der dem Subjektsgenitiv ähnlich ist, ist der Objektsgenitiv. Im Fall dieses Genitivs ändert sich das Subjekt ins Prädikat und der Genitiv ins Objekt. Beispiele des Objektsgenitivs sind:

- "Unsere Studie ist die umfassendste und in sich konsistenteste *Analyse des Risikos* für größere Ökosystem-Umwälzungen durch den Klimawandel", sagt Wolfgang Lucht, einer der Autoren vom PIK Potsdam. (Text 1, Zeilen 22, 23, 24)

- Die 2009 gestartete Raumsonde Planck der Europäischen Raumfahrtagentur ESA besitzt die präzisesten Instrumente zur Messung des „Babyfotos“ unseres Universums, die jemals entwickelt wurden. (Text 17, Zeilen 11, 12, 13)

Sehr oft erscheint in den Texten auch der Partitivgenitiv, der einen Teil des Ganzen beschreibt, wobei Genitivus materiae in diesen Texten nicht auftritt. Beispiele des Partitivgenitivs sind:

- Lläuft alles weiter wie bisher, werden *mehr als 80 Prozent der Landökosysteme* sich bis 2100 komplett verändert haben - aus Wald wird Savanne, aus Tundra Waldland und die Regenwälder werden schrumpfen. (Text 1, Zeilen 6, 7, 8)
- *Viele dieser Gebiete* beherbergen heute eine einzigartige Artenvielfalt. (Text 1, Zeilen 40, 41)

Genitivus auctoris erscheint auch ganz oft, aber seine Variante – Genitiv des Produkts – befindet sich in den Texten nicht. Beispiele des Genitivus auctoris sind:

- "Der Zahnschmelz liefert uns so chemische Information über die Ernährung unserer Vorfahren - fast als ob ihnen ein Stück Essen zwischen den Zähnen hängengeblieben wäre", erklärt Zeresenay Alemseged von der California Academy of Sciences, *Koautor von zwei der vier jetzt veröffentlichten Studien*. (Text 13, Zeilen 28, 29, 30, 31)
- *Nach Ansicht der Forscher* erklärt dieser Fund nicht nur die besonders kräftigen Backenzähne und Kiefermuskeln dieser Spezies. (Text 13, Zeilen 56, 57)

Überraschend tritt in den Texten Genitivus qualitatis auf. Dieser Kasus beschreibt entweder eine Eigenschaft, bzw. Beschaffenheit oder eine feste Wendung, oft in der gehobenen Sprache. Beispiele von Genitivus qualitatis sind:

- *Der Status der Haie* als stellvertretenden Vorfahren scheint fest etabliert. (Text 2, Zeile 56)
- *Wegen dieser Größe und des wuchtigen Schnabels* gingen viele Wissenschaftler bislang davon aus, dass es sich um Raubvögel gehandelt hat, die den südamerikanischen Terrorvögeln (Phorusrhacidae) ähnelten, von denen die räuberische Lebensweise gut belegt ist. (Text 7, Zeilen 11, 12, 13, 14)

Die allen Beispiele von dieser Verteilung der Genitive sind in der Tabelle unter diesem Kapitel zu finden.

Einige Typen des Genitivs kommen in diesen Texten nicht vor. Es handelt sich um Genitivus criminis und Genitivus explicativus. Es ist voraussetzbar, dass in den Texten,

die über die Erde und das Weltall berichten, erscheint kein Genitivus criminis. Dagegen ist das Auftreten des Genitivus explicativus zu erwarten.

	Genitivus partitivus	Genitivus auctoris	Genitivus possessivus	Genitivus subjectivus	Genitivus qualitatis	Genitivus objectivus	Genitivus definitivus
Text 1, Zeile	6-7, 23-24, 35-36, 36-37, 40, 48, 49-50, 59, 60	10, 51-52	13, 14, 38-39, 56, 56-57, 58, 61-62	1, 11, 50	25	22	
Text 2, Zeile	19		5-6, 10-11, 14, 20, 37, 41-42, 51, 62, 64	9, 35, 44, 58, 63-64	17, 28-29, 56	26	22
Text 3, Zeile	10, 27	12, 26	2, 3, 5, 24, 31, 34, 41-42, 48-49	14, 16			41
Text 4, Zeile	13, 15-16, 27		3-4, 8, 10-11, 13, 19, 20, 23, 26, 28, 31-32, 37, 39, 40				
Text 5, Zeile			1, 3, 9-10, 12, 13, 14, 30, 35, 36-37, 39, 44, 47, 48	21, 25, 42, 43		24, 40	
Text 6, Zeile	6-7, 13, 14-15, 16		11, 11-12, 17, 24-25, 27, 28, 35, 40, 47-48, 49	34, 36-37			
Text 7, Zeile			19, 30, 36-37, 39-40, 41-42, 42, 43-44		11-12	6-7, 28, 35	
Text 8, Zeile		14	5, 22, 28, 34, 38, 57, 63-64	41-42, 49, 66		1	
Text 9, Zeile	10, 10-11	40	5-6, 11, 12, 13, 56, 57	33, 56-57	35		
Text 10, Zeile			4, 8, 12, 13-14, 16-17, 17, 20-21, 29, 30,	40	25	1	

			34, 35-36, 36, 42				
Text 11, Zeile	13, 34, 42, 48-49		1, 9, 26, 37, 38, 39, 48, 59, 62	11, 18, 26, 47, 52, 59, 61		20, 26	
Text 12, Zeile	38-39	36	1, 4-5, 7, 7- 8, 11-12, 12-13, 16, 19, 24, 26, 28, 28-29, 29, 30, 33- 34, 40-41, 43, 44, 46, 47-48	5-6, 14			9-10
Text 13, Zeile	14, 42- 43, 54-55	31, 44, 56	12, 13, 21, 23, 26-27, 29, 35-36, 44-45, 46- 47, 50-51, 53, 57, 58, 61	6, 29, 51, 62		10-11	15, 20
Text 14, Zeile		10	13-14, 14- 15, 19-20, 20, 23-24, 24-25, 32	4, 5, 12, 17, 21, 33- 34		22	
Text 15, Zeile			13, 18, 23, 25, 26-27, 29, 30-31, 32, 33, 34, 55, 61		48-49, 52		
Text 16, Zeile		6-7	2, 3, 9, 16, 21-22, 33- 34, 35, 43- 44, 47, 49, 54	12, 43, 45	4, 48	0	
Text 17, Zeile	56, 87		0, 1, 1-2, 5- 6, 7, 9, 11, 16, 19, 23, 25, 31, 32, 33, 62-63, 66, 67, 69, 75, 78, 82, 83, 84, 85, 89, 91-92, 97, 102- 103, 108, 115, 116- 117, 117- 118, 119,	57, 58	20-21	12, 162, 174	40

			122, 142, 145, 153, 154, 172, 176, 178, 189, 192- 193, 197				
Text 18, Zeile	45, 52		24, 27, 45- 46, 53-54, 64	5-6, 13, 66			
Text 19, Zeile	2, 12-13, 13-14, 26-27		1, 7, 8, 9, 9-10, 29				4
Text 20, Zeile			6, 7-8, 11, 18, 29, 30, 37, 40-41, 41, 48	42-43	1, 12-13		

2.2 Genitiv bei Substantiven

In dieser Verteilung kommen sechs Arten der Satzglieder vor, in denen der Genitiv meistens erscheint.

Am meisten erscheint in den Texten ein Genitivattribut. Die Beispiele des Genitivattributes sind:

- In Eurasien gibt es Ejektive *in einigen Sprachen des Kaukasus*, darunter auch im Georgischen. (Text 11, Zeilen 38, 39)
- „Dieser Halsmuskel fungiert wie ein Reiter, der die Zügel *am Zaumzeug eines Pferdes* anzieht“, erläutert Studienleiter Snively. (Text 15, Zeilen 33, 34)

Das weitere oft erscheinende Satzglied ist ein Genitivobjekt. Seine Beispiele sind:

- Lläuft alles weiter wie bisher, werden mehr als *80 Prozent der Landökosysteme* sich bis 2100 komplett verändert haben - aus Wald wird Savanne, aus Tundra Waldland und die Regenwälder werden schrumpfen. (Text 1, Zeilen 6, 7, 8)
- Bestimmte Aspekte seiner Anatomie legen nahe, dass es sich um *einen frühen Vertreter der Entwicklungslinie der Koboldmakis* (Tarsiidae) handelte, berichten die Wissenschaftler. (Text 12, Zeilen 29, 30, 31)

Die dritte häufige Weise der Verwendung vom Genitiv ist der Genitiv bei einer Präposition. Die Beispiele der Präpositionen, die sich mit dem Genitiv verbinden, sind:

- Die jungen, unter Dreijährigen stammten alle aus nestartigen Clustern, in denen sich offensichtlich mehrere etwa gleich alte Dinos eng zusammenkauerten – und so auch

gemeinsam den Tod fanden, etwa *infolge eines Vulkanausbruchs*. (Text 8, Zeilen 25, 26, 27, 28)

- Drei weitere Cluster umfassen afrikanische Sprachen, sie konzentrieren sich im Hochland Südafrikas und in den Bergregionen *entlang des ostafrikanischen Grabens*. (Text 11, Zeilen 36, 37, 38)

Das weitere Satzglied, das sich auch relativ oft in den Texten befindet, ist der adverbiale Genitiv, der verschiedene Bedeutungen ausdrückt. Es gibt z. B. Lokal-, Temporal-, Modaladverbien usw.

- "Das bedeutet, dass bis *zum Ende dieses Jahrhunderts* mehr als eine Milliarde Menschen davon betroffen wären", betont Dieter Gerten, Erstautor einer der Studien. (Text 1, Zeilen 50, 51, 52)

- Die Artenzusammensetzung der Algen *bot vor der Öffnung der tasmanischen Landbrücke* ein deutlich anderes Bild als danach, ergaben die Untersuchungen der Bohrkerne. (Text 14, Zeilen 20, 21, 22)

Die Kongruenz bei einer Apposition ist der nächste auch auftretende Genitiv:

- "Unsere Studie ist die umfassendste und in sich konsistenteste Analyse des Risikos für größere Ökosystem-Umwälzungen durch den Klimawandel", sagt Wolfgang Lucht, *einer der Autoren vom PIK Potsdam*. (Text 1, Zeilen 22, 23, 24)

- Dafür spricht auch, dass die Forscher den Acanthodii, *einer ebenfalls ausgestorbenen Klasse von Kiefermäulern*, in ihrer Veröffentlichung eine engere Verwandtschaft zu den Knorpelfischen nachweisen als gedacht. (Text 2, Zeilen 46, 47, 48)

In den Texten erscheinen auch zwei Beispiele der Kongruenz bei einer Konjunktion:

- Der Status der Haie *als stellvertretenden Vorfahren* scheint fest etabliert. (Text 2, Zeile 56)

- Im Fall der Hobbits dienten computertomografische *Aufnahmen eines etwa 18.000 Jahre alten Schädels als Ausgangsbasis zur Computer-Rekonstruktion der Gesichtszüge*. (Text 20, Zeilen 11, 12, 13)

Die allen Beispiele von dieser Verteilung der Genitive sind in der Tabelle unter diesem Kapitel zu finden.

	Genitivobjekt	Adverbialer Genitiv	Genitivattribut	Genitiv bei einer Präposition	Kongruenz bei einer Konjunktion	Kongruenz bei einer Apposition
Text 1, Zeile	6-7, 35-36, 40, 48, 49-50, 56, 58, 60	50	1, 10, 11, 13, 14, 22, 25, 36-37, 38-39, 59, 61-62			24, 51-52, 56-57
Text 2, Zeile	5-6, 10-11, 14, 20, 26, 35, 37, 51, 58, 62, 63-64, 64	44	9, 19, 22, 41-42	17, 28-29, 59	56	46-47
Text 3, Zeile	3, 10, 14, 16, 31, 41-42		2, 5, 24, 26, 34, 41	12		48-49
Text 4, Zeile	10-11, 15-16, 20, 40		3-4, 8, 13, 19, 23, 26, 27, 28, 31-32, 37, 39			
Text 5, Zeile	1, 14, 21, 39, 40, 44, 48	12, 43	3, 9-10, 13, 24, 25, 30, 35, 36-37, 42, 47			
Text 6, Zeile	6-7, 11, 13, 14-15, 16, 24-25, 27, 28, 34, 35, 47-48, 49		11-12, 17, 36-37	40		
Text 7, Zeile	19, 36-37		6-7, 28, 30, 35, 39-40, 41-42, 42, 43-44	11-12		
Text 8, Zeile	5, 14, 49, 63-64	22	34, 41-42, 57	28, 38, 66		1
Text 9, Zeile	5-6, 12, 13, 56	57	10, 10-11, 11, 33, 40, 56-57	35		
Text 10, Zeile	1, 13-14, 30, 35-36	8	4, 12, 17, 20-21, 29, 34, 36, 40, 42	16-17, 25		
Text 11, Zeile	34, 42, 48-49	26, 37	1, 9, 11, 13, 18, 20, 26, 39, 47, 52, 59, 61, 62	38		
Text 12, Zeile	5-6, 7, 19, 30, 33-34, 38-39		1, 4-5, 7-8, 11-12, 12-13, 14, 16, 24, 26, 28, 29, 36, 40-41, 43, 44, 46, 47-48	9-10, 16, 28-29		
Text 13,	12, 14, 21, 29, 31, 42-	44-45	6, 10-11, 13, 23, 26-27, 35-	15, 20		44

Zeile	43, 46-47, 54-55, 57, 58, 62		36, 50-51, 51, 53, 56, 61			
Text 14, Zeile	10, 14-15, 17, 32, 33-34	21, 23-24, 24-25	4, 5, 12, 13- 14, 19-20, 20, 22			
Text 15, Zeile	13, 26-27, 29	32	18, 23, 25, 30- 31, 33, 34, 48- 49, 55, 61	48-49, 52		
Text 16, Zeile	3, 6-7, 9, 35, 47, 54	2, 16	12, 21-22, 33- 34, 43, 45, 49	4, 43-44, 48		
Text 17, Zeile	1, 1-2, 5-6, 7, 11, 16, 19, 20-21, 67, 75, 78, 87, 142, 176, 178, 189	102-103, 115, 119, 122	0, 9, 12, 23, 25, 31, 32, 33, 56, 57, 58, 62- 63, 66, 69, 82, 83, 84, 85, 89, 91-92, 97, 108, 116-117, 117-118, 145, 153, 154, 162, 172, 174, 192- 193, 197	40, 69		
Text 18, Zeile	5-6, 24, 27, 45-46, 52, 53-54		13, 45, 64, 66			
Text 19, Zeile	2, 12-13, 13- 14, 26-27		1, 7, 8, 9, 29	4, 9-10		
Text 20, Zeile	37	11, 29, 30, 42-43, 48	1, 6, 7-8, 18, 40-41, 41		12-13	

2.3 Genitiv bei Adjektiven

In den Texten befinden sich die Beispiele sowohl mit der schwachen als auch mit der starken Kasusflexion. Selbstverständlich überwiegt die Zahl der schwachen Flexion. Hier wird ein Beispiel der schwachen und ein Beispiel der starken Flexion angeführt. Die allen Beispiele von dieser Verteilung der Genitive sind in der Tabelle unter diesem Kapitel zu finden.

- Die schwache Flexion: Denn bisher existierten keine Computermodelle, die die *Komplexität und Dynamik dieser eng miteinander vernetzten Systeme* erfassen konnten. (Text 1, Zeilen 24, 25)

- Die starke Flexion: Die Forscher hoffen nun, mit *Hilfe weiterer Knochenvergleiche* der Antwort näher kommen zu können. (Text 8, Zeilen 65, 66)

	Adjektiv
Text 1, Zeile	25, 61-62
Text 2, Zeile	17, 19, 28-29, 35, 41-42, 56, 58, 59, 62
Text 3, Zeile	10, 14, 16, 31, 48-49
Text 4, Zeile	
Text 5, Zeile	21, 43
Text 6, Zeile	11, 13, 24-25, 27, 40, 47-48, 49
Text 7, Zeile	6-7, 11-12, 19, 28, 35, 43-44
Text 8, Zeile	1, 34, 41-42, 66
Text 9, Zeile	10, 13
Text 10, Zeile	1, 13-14, 17, 25, 34
Text 11, Zeile	1, 8-9, 34, 37-38, 48-49
Text 12, Zeile	5-6, 6-7, 12-13, 15-16, 19, 24, 33-34
Text 13, Zeile	13, 21, 31, 35-36, 44-45, 50-51, 53, 58
Text 14, Zeile	13-14, 14-15, 17, 21, 23-24, 33-34
Text 15, Zeile	18, 25, 26-27, 30-31, 48-49
Text 16, Zeile	3-4, 6-7, 11-12, 21-22, 48, 54
Text 17, Zeile	0, 1, 7, 11, 19, 23, 66, 67, 91-92, 102-103, 108, 116-117, 171-172, 178, 189, 192-193
Text 18, Zeile	23-24, 52
Text 19, Zeile	2, 26-27, 28-29
Text 20, Zeile	6, 12-13, 18, 37, 42-43

2.4 Genitiv bei Pronomen

Aus der großen Menge der Pronomina erscheinen am häufigsten in den Texten Possessiv-, Demonstrativ- und Indefinitpronomen. Es kommen hier aber auch ein paar Relativpronomen vor.

Possessivpronomen drücken eine Art der Zueignung aus. Die Beispiele der Possessivpronomen sind:

- Was bedeutet das für die Entwicklung *unserer* entfernten Vorfahren? (Text 2, Zeile 35)
- Neun weitere waren zum Zeitpunkt *ihres* Todes etwa zwei Jahre, eines ungefähr drei Jahre und die restlichen alle älter als fünf Jahre alt. (Text 8, Zeilen 22, 23)

Demonstrativpronomen weisen auf eine Person oder eine Sache hin. Die Beispiele der Demonstrativpronomen sind:

- Denn bisher existierten keine Computermodelle, die die Komplexität und Dynamik *dieser* eng miteinander vernetzten Systeme erfassen konnten. (Text 1, Zeilen 24, 25)

- Die Summe *dieser* Hitzeabgabe erreicht deshalb später als der Sonnenhöchststand sein Maximum: ... (Text 4, Zeilen 39, 40, 41)

Indefinitpronomina verweisen auf eine Person oder Sache, die noch nicht näher bekannt ist. Beispiele der Indefinitpronomina sind:

- Denn ein großer Teil des Kohlendioxids, Wasserdampfes und *anderer* Gase der Atmosphäre stammen ursprünglich aus dem Gestein der Erdkruste und des Erdmantels. (Text 9, Zeilen 10, 11, 12)
- Zum ersten Mal erlauben ihre Ergebnisse einen Überblick über die Nahrungsvorlieben *aller* frühen Vormenschen - und könnten erhellen, warum nur einige der *vielen* Vormenschenarten letztlich zu unseren Vorfahren wurden. (Text 13, Zeilen 12, 13, 14)

Relativpronomina beziehen sich auf die schon erwähnte Person oder Sache. Die Beispiele der Relativpronomina sind:

- Die Knochenfische, von denen auch wir abstammen, und die Knorpelfische, *deren* prominentester Vertreter wohl der Hai ist. (Text 2, Zeilen 3, 4)
- Wenn ein Lichtstrahl ein Schwarzes Loch in einem bestimmten Abstand streift, wird er durch *dessen* Schwerkraft so stark gebogen, dass er sich zu einem kreisförmigen Orbit schließt. (Text 3, Zeilen 23, 24, 25)

Die allen Beispiele von dieser Verteilung der Genitive sind in der Tabelle unter diesem Kapitel zu finden.

	Demonstratives Pronomen	Relatives Pronomen	Possessives Pronomen	Indefinites Pronomen
Text 1, Zeile	25, 40, 50			56
Text 2, Zeile		4	35, 41-42, 63-64	5-6
Text 3, Zeile	3, 31	24		
Text 4, Zeile	40			
Text 5, Zeile	14, 24		1, 39, 40	44
Text 6, Zeile	37		6-7, 11-12	
Text 7, Zeile	11-12			39-40
Text 8, Zeile		63-64	14, 22	
Text 9, Zeile				10-11, 56-57
Text 10, Zeile	30			
Text 11, Zeile	11, 20, 26, 47, 52, 61			
Text 12, Zeile			10, 26, 29, 29, 40-41	
Text 13, Zeile	42-43, 57		5-6, 12, 29, 46-47, 54-55, 58, 62	13, 14, 53
Text 14, Zeile	19-20			
Text 15, Zeile	18	13		

Text 16, Zeile			2, 9	
Text 17, Zeile	7, 20-21, 162, 169, 178		9, 12, 117	174
Text 18, Zeile				
Text 19, Zeile	13-14		10	4
Text 20, Zeile		7-8	29	

2. 5 Genitiv beim Artikelwort

Auf der Grenze Adjektiv-Artikelwort/Pronomen kommen die Adverbien *viel* und *wenig* vor. Falls sie in der flektierten Form verwendet werden, erscheinen sie am häufigsten im Genitiv. Dieser Fall tritt in den Texten auch auf. Die Beispiele der Artikelwörter sind:

- Da die Luft für diese Laute nicht direkt aus der Lunge kommt und der Kehlkopf geschlossen ist, verliert ein Mensch dabei *weniger Luft und Wasserdampf* als bei einem normalen, mit dem Ausatmen verbundenen Laut. (Text 11, Zeilen 55, 56, 57)
- Denn dort wird *weniger Kraft* benötigt, um den Druckunterschied zwischen der Luft draußen und der Luft im Rachen zu erzeugen. (Text 11, Zeilen 27, 28)
- Denn um die Luft so zusammenzupressen, dass die typische Kehlkopfbewegung erfolgt, benötigt man dort *weniger Kraft*, wie der Forscher erklärt. (Text 11, Zeilen 53, 54)
- Die Planck-Daten haben eine rund zehnmal größere Präzision und enthalten *weniger Störsignale und Messfehler*. (Text 17, Zeile 3)

2.6 Substantivische Kasus

Helbig sortiert die Genitive nach sieben syntaktischen Funktionen. Einige von diesen Funktionen erscheinen in den Texten nicht. Es handelt sich um traditionelles Objekt sowohl bei Verben, als auch bei Adjektiven und um das Prädikativum. Aus den Funktionen, die in den Texten vorkommen, erscheint am häufigsten ein Attribut. Das Attribut verteilt sich in einigen Typen und Subtypen. Zu den fünf Typen des Attributes gehört *genetivus possessivus*, *genetivus identitatis*, *genetivus partitivus*, *genetivus subjectivus* und *genetivus objectivus*. Die Beispiele der Attribute sind:

- Genetivus possessivus: Es sei nun sinnvoll, *die Ergebnisse beider Studien* zusammenzuführen, um festzustellen, ob sie sich zu einem stimmigen Bild vereinigen lassen, sagen die beiden Kommentatoren. (Text 5, Zeilen 44, 45, 46)

Genetivus possessivus kann aus der ausführlichen Sicht konkreten Besitz, allgemeine Zugehörigkeit, konkretes oder abstraktes Zubehör und eine Autorschaft ausdrücken.

- Genetivus partitivus: Erwärmung von vier bis fünf Grad bis 2100 könnten bis zu 86 Prozent der Landökosysteme einen gravierenden Wandel erleben. (Text 1, Zeilen 35, 36)

Prädikatives Attribut:

- Der Status der Haie als stellvertretenden Vorfahren scheint fest etabliert. (Text 2, Zeile 56)

Freie Adverbialbestimmung gliedert sich auch in einige Typen, und zwar in modale, temporale und lokale Adverbialbestimmung, wobei in den Texten alle diese Typen erscheinen. Die Beispiele der Adverbialbestimmung sind:

- Temporal: Gebiss weist darauf hin, dass sie zum *Zeitpunkt ihres Todes* um die 30 Jahre alt war. (Text 20, Zeile 29)
- Lokal: Weiter innen aber, *im Zentrum des Planeten*, wird es noch extremer. (Text 16, Zeile 16)

Im Fall des Präpositionalkasus erscheint auch die Verteilung in einige Typen, konkret in fünf, und alle treten in den Texten auf. Es handelt sich um kausalen, konzessiven, finalen, lokalen und temporalen Typ. Die Beispiele der Präpositionalkasus sind:

- Lokal: Zum einen öffnen sich auch *innerhalb der großen Eisflächen* immer häufiger kleinere offene Stellen und Spalten. (Text 6, Zeilen 39, 40, 41)
- Temporal: Als Passagiere von Staubwolken reisen manche Mikroorganismen in gewaltigen Mengen *binnen weniger Tage* von Asien nach Nordamerika, berichten US-Forscher. (Text 19, Zeilen 3, 4, 5)

Apposition:

- "Das bedeutet, dass bis zum Ende dieses Jahrhunderts mehr als eine Milliarde Menschen davon betroffen wären", betont Dieter Gerten, *Erstautor einer der Studien*. (Text 1, Zeilen 50, 51, 52)
- Dafür spricht auch, dass die Forscher den Acanthodii, *einer ebenfalls ausgestorbenen Klasse von Kiefermäulern*, in ihrer Veröffentlichung eine engere Verwandtschaft zu den Knorpelfischen nachweisen als gedacht. (Text 2, Zeilen 46, 47, 48)

Die allen Beispiele von dieser Verteilung der Genitive sind in der Tabelle unter diesem Kapitel zu finden.

	Adverbialer Genitiv	Attributiver Genitiv	Genitiv mit Präposition	Prädikatives Attribut	Apposition
Text 1, Zeile	14, 25, 38-39	1, 6-7, 10, 11, 13, 22, 23-24, 35-36, 36-37, 40, 48, 49-50, 50, 51-52, 56, 56-57, 58, 59, 60, 61-62			23-24, 51-52
Text 2, Zeile	22, 44	5-6, 9, 10-11, 14, 19, 20, 26, 35, 37, 41-42, 51, 58, 62, 63-64, 64	17, 28-29, 59	56	46-47
Text 3, Zeile		2, 3, 5, 10, 14, 16, 24, 26, 31, 34, 41, 41-42, 48-49	12		48-49
Text 4, Zeile	27	3-4, 8, 10-11, 13, 15-16, 19, 20, 23, 26, 28, 31-32, 37, 40			
Text 5, Zeile	12, 43	1, 3, 9-10, 13, 14, 21, 24, 25, 42, 30, 35, 36-37, 39, 40, 42, 44, 47, 48			
Text 6, Zeile	27	6-7, 11, 11-12, 13, 14-15, 16, 17, 24-25, 28, 34, 35, 36-37, 47-48, 49	40		
Text 7, Zeile		6-7, 19, 28, 30, 35, 36-37, 39-40, 41-42, 42, 43-44	11-12		
Text 8, Zeile	22	1, 5, 14, 34, 41-42, 49, 57, 63-64	28, 38, 66		1
Text 9, Zeile	57	5-6, 10, 10-11, 12, 13, 33, 40, 56, 56-57	35		
Text 10, Zeile	4, 8	1, 12, 13-14, 17, 20-21, 29, 30, 34, 36, 40, 42	16-17, 25, 35-36		
Text 11, Zeile	9, 26, 37, 39	1, 11, 13, 18, 20, 26, 34, 42, 47, 48-49, 52, 59, 61, 62	38		
Text 12, Zeile	7, 11-12, 44	1, 4-5, 5-6, 7-8, 12-13, 14, 16, 19, 24, 26, 28, 29, 30, 33-34, 36, 38-39, 40-41, 43, 46, 47-48	9-10, 16, 28-29		
Text 13, Zeile	12, 44-45	6, 10-11, 13, 14, 21, 23, 26-27, 29, 31, 35-36, 42-43, 44, 46-47, 50-51, 51, 53, 54-55, 56, 57, 58,	15, 20		44

		61, 62			
Text 14, Zeile	14-15, 21, 23-24, 24-25	4, 5, 10, 12, 13-14, 17, 19-20, 20, 22, 32, 33-34			
Text 15, Zeile	32, 33	13, 18, 23, 25, 26- 27, 29, 30-31, 34, 48-49, 55, 61	49, 52		
Text 16, Zeile	2, 16	0, 3, 6-7, 9, 12, 21- 22, 33-34, 35, 43, 45, 47, 49, 54	4, 43-44, 48		
Text 17, Zeile	102-103, 115, 119	0, 1, 1-2, 5-6, 7, 9, 11, 12, 16, 19, 20- 21, 23, 25, 31, 32, 33, 56, 57, 58, 62- 63, 66, 67, 69, 75, 78, 82, 83, 84, 85, 87, 89, 91-92, 97, 108, 116-117, 117- 118, 142, 145, 153, 154, 162, 172, 174, 176, 178, 189, 192- 193, 197	40, 69		
Text 18, Zeile	45	5-6, 13, 24, 27, 45- 46, 52, 53-54, 64, 66			
Text 19, Zeile	1, 2	7, 8, 9, 12-13, 13-14, 26-27, 29	4, 9-10		
Text 20, Zeile	11, 29, 30, 42-43, 48	6, 7-8, 12, 13, 18, 37, 40-41, 41			

2.7 Syntaktische Funktionen des Genitivs

Was die syntaktische Funktion des Genitivs betrifft, erscheinen hier vier Typen und einer von ihnen hat drei Subtypen. Dabei ein Typ – eine innere Verfassung – tritt in den Texten nicht auf, ebenso wie einer von den Subtypen, und das ist der Sachbetreff oder Inhalt einer Beschuldigung oder Versicherung. Aus den anderen Typen erscheint am häufigsten die Determination eines regierenden substantivischen Beziehungswortes durch einen Individualbegriff, aber auch was eine Qualitative Orientierung über Art und Weise, Raum, Zeit u. a., sowie die Betreffsgröße der Aussage mit ihren Subtypen (ein Inhaltsobjekt der geistigen Teilhabe und eine materielle Teilhabe) betrifft, kommen in den Texten auch einige Beispiele vor. Beispiele der syntaktischen Funktion sind:

- die Determination eines regierenden substantivischen Beziehungswortes durch einen Individualbegriff: Das lässt vermuten, dass sich *die Vorfahren der Blütenpflanzen* damals bereits ein breites Spektrum an Lebensräumen erobert hatten, sagen die Wissenschaftler. (Text 10, Zeilen 36, 37, 38)
- Ein Inhaltsobjekt der geistigen Teilhabe: Diese Affinität könnte dieses Mineral nach *Ansicht der Forscher* zu einem Transportvehikel für die bindungsscheuen Edelgase prädestinieren. (Text 9, Zeilen 39, 40, 41)
- Eine materielle Teilhabe: *Mit Hilfe eines Massenspektrometers* maßen sie dann, wie viel Edelgas das Mineral aufgenommen hatte. (Text 9, Zeilen 35, 36)
- Eine Qualitative Orientierung über Art und Weise, Zeit, Raum u. a.: *Wegen dieser Größe und des wuchtigen Schnabels* gingen viele Wissenschaftler bislang davon aus, dass es sich um Raubvögel gehandelt hat, die den südamerikanischen Terrorvögeln (Phorusrhacidae) ähnelten, von denen die räuberische Lebensweise gut belegt ist. (Text 7, Zeilen 11, 12, 13, 14)

Die allen Beispiele von dieser Verteilung der Genitive sind in der Tabelle unter diesem Kapitel zu finden.

	Die Determination	Geistige Teilhabe	Materielle Teilhabe	Qualitative Orientierung
Text 1, Zeile	1, 10, 11, 13, 14, 22, 23-24, 36-37, 38-39, 40, 50, 51-52, 56-57		6-7, 35-36, 48, 49-50, 56, 58, 60	25, 59, 61-62
Text 2, Zeile	5-6, 10-11, 14, 20, 22, 26, 35, 37, 41-42, 51, 58, 63-64, 64		9, 17, 28-29, 59	19, 44, 56, 62
Text 3, Zeile	2, 3, 5, 14, 26, 34, 41-42, 48-49		10	12, 16, 24, 31, 41
Text 4, Zeile	3-4, 8, 10-11, 13, 19, 20, 23, 26, 31-32, 37, 39, 40		15-16, 27, 28	
Text 5, Zeile	1, 3, 9-10, 12, 13, 14, 24, 25, 35, 36-37, 39, 40, 42, 47, 48		30, 44	21, 43
Text 6, Zeile	11-12, 17, 27, 28, 34, 35, 36-37		6-7, 13, 14-15, 16	11, 24-25, 40, 47-48, 49
Text 7, Zeile	6-7, 19, 28, 30, 35, 36-37, 39-40, 41-42, 42, 43-44			11-12
Text	5, 14, 38, 41-42, 49, 57, 63-64		28, 66	1, 22, 34

8, Zeile				
Text 9, Zeile	5-6, 12, 13, 33, 56, 56-57, 57	40	10, 10-11, 35	
Text 10, Zeile	4, 12, 16, 17, 20-21, 29, 30, 34, 35-36, 36, 40, 42		16-17	1, 8, 13-14, 25
Text 11, Zeile	1, 11, 13, 18, 20, 26, 26, 37, 38, 39, 42, 47, 52, 59, 61		34, 62	9, 48-49
Text 12, Zeile	1, 4-5, 7-8, 9-10, 11-12, 14, 16, 26, 28, 29, 30, 33-34, 36, 38-39, 40-41, 43, 44, 46, 47-48		16	5-6, 7, 12-13, 19, 24, 28-29
Text 13, Zeile	6, 10-11, 12, 14, 23, 26-27, 29, 35-36, 42-43, 44-45, 46-47, 51, 53, 57, 61, 62	56	15, 20, 21, 31, 44	13, 50-51, 54-55, 58
Text 14, Zeile	4, 5, 10, 12, 17, 19-20, 20, 22, 24-25, 32			13-14, 14-15, 21, 23-24, 33-34
Text 15, Zeile	13, 23, 29, 32, 33, 34, 48-49, 55, 61			18, 25, 26-27, 30- 31, 49, 52
Text 16, Zeile	0, 16, 33-34, 35, 43, 45, 47, 49		43-44, 48	2, 3-4, 6-7, 9, 12, 21-22, 54
Text 17, Zeile	1-2, 5-6, 11, 12, 25, 31, 33, 56, 57, 58, 62-63, 69, 75, 78, 82, 83, 84, 85, 87, 89, 97, 102-103, 115, 117-118, 119, 122, 142, 145, 153, 154, 162, 169, 176, 197		67, 174, 178	0, 1, 7, 9, 16, 19, 20-21, 23, 32, 40, 66, 91-92, 103, 108, 116-117, 172, 178, 189, 192-193
Text 18, Zeile	5-6, 13, 52, 53-54, 64, 66		45, 45-46	24, 27, 52
Text 19, Zeile	1, 8, 9		2, 7, 12-13, 13- 14, 26-27	4, 9-10, 29
Text 20, Zeile	7-8, 11, 13, 30, 37, 40-41, 41, 42- 43			1, 6, 12, 18, 29, 48

2. 8 Sachliche Funktionen des Genitivs

Sehr ausführliche Verteilung der Genitive kann man bei seiner sachlichen Funktion finden. Konkreter gliedert sich die sachliche Funktion der Substantive in viele Sorten. Trotzdem erscheint eine relativ große Menge der Sorten in den gegebenen Texten nicht. Es handelt sich um die Herkunft, das dargestellte Objekt, den einem Bilde

inhärenten Inhalt, das Identificatum und um eine Steigerung zum Ausdruck der Qualität und der Vollkommenheit. Hier sind die Beispiele angeführt, die in den Texten auftreten:

Die Person, der eine andere Person zugeordnet wird (in der Tabelle mit dem Buchstabe *a* bezeichnet):

- „Unsere Studie ist die umfassendste und in sich konsistenteste Analyse des Risikos für größere Ökosystem-Umwälzungen durch den Klimawandel“, sagt Wolfgang Lucht, *einer der Autoren* vom PIK Potsdam. (Text 1, Zeilen 22, 23, 24)
- Der besonders robuste und eher grobschlächtige *Paranthropus boisei* und *einige seiner Verwandten* begannen, sich auf Gräser und immergrüne Pflanze zu spezialisieren, wie der Zahnschmelz zeigt. (Text 13, Zeilen 54, 55, 56)

Die Sache, in die eine Person oder Sache eingeordnet wird (in der Tabelle mit dem Buchstabe *b* bezeichnet):

- Die Planck-Daten lassen auch darauf schließen, dass es keine vierte *Familie der Neutrinos* – und mithin der gesamten Elementarteilchen der Materie – gibt. (Text 17, Zeilen 81, 82, 83)
- Sie werden freigesetzt *aus der aufsteigenden Lava der mittelozeanischen Rücken*, aber auch bei Vulkanausbrüchen. (Text 9, Zeilen 12, 13, 14)

Der Besitzer (in der Tabelle mit dem Buchstabe *c* bezeichnet):

- Vielleicht hat das Gesicht von Entelognathus aber auch die gleichen Vorläuferstrukturen wie *jedes seiner noch lebenden Verwandten*. (Text 2, Zeilen 40, 41, 42)
- Auf einer Archäologen-Konferenz hat eine australische Anthropologin nun *ein Computermodell des Gesichts einer Hobbit-Frau* präsentiert, deren Überreste 2003 entdeckt worden waren. (Text 20, Zeilen 6, 7, 8)

Die Person oder Sache, der etwas zugehört, das Ganze im Verhältnis zu einem selbständigen Teil (in der Tabelle mit dem Buchstabe *d* bezeichnet):

- Laut Smith sind *zwei der drei häufigsten Bakterien-Familien* aus den Staubwolken für ihre Fähigkeit bekannt, unter widrigen Umständen Überdauerungsformen zu bilden. (Text 19, Zeilen 26, 27, 28)
- Erwärmung von vier bis fünf Grad bis 2100 könnten bis zu *86 Prozent der Landökosysteme* einen gravierenden Wandel erleben. (Text 1, Zeilen 35, 36)

Die Person, für die etwas bestimmt ist (in der Tabelle mit dem Buchstabe *e* bezeichnet):

- *Im Fall der Hobbits* dienten computertomografische Aufnahmen eines etwa 18.000 Jahre alten Schädels als Ausgangsbasis zur Computer-Rekonstruktion der Gesichtszüge. (Text 20, Zeilen 11, 12, 13)

Der Ursprung, der Urheber oder Schöpfer, das Hervorbringende (in der Tabelle mit dem Buchstabe *f* bezeichnet):

- Gleichzeitig könnten eine Milliarde Menschen zusätzlich unter Wassermangel leiden, so die *Prognosen der Forscher*. (Text 1, Zeilen 8, 9, 10)
- Eine Barriereoberfläche, zusammengesetzt aus solch geschlossenen Lichtringen, wird in *Einsteins Relativitätstheorie* als Photonsphäre bezeichnet. (Text 3, Zeilen 25, 26, 27)

Die Wirkung, das Produkt, das Hervorgebrachte (in der Tabelle mit dem Buchstabe *g* bezeichnet):

- "Das bedeutet, dass bis zum Ende dieses Jahrhunderts mehr als eine Milliarde Menschen davon betroffen wären", betont Dieter Gerten, *Erstautor einer der Studien*. (Text 1, Zeilen 50, 51, 52)
- "Der Zahnschmelz liefert uns so chemische Information über die Ernährung unserer Vorfahren - fast als ob ihnen ein Stück Essen zwischen den Zähnen hängengeblieben wäre", erklärt Zeresenay Alemseged von der California Academy of Sciences, *Koautor von zwei der vier jetzt veröffentlichten Studien*. (Text 13, Zeilen 28, 29, 30, 31)

Eine lokale Bestimmung (in der Tabelle mit dem Buchstabe *h* bezeichnet):

- Sie könnten auch dazu beitragen, die Reise anderer Gase *in die Tiefen der Erde* künftig genauer erforschen zu können, konstatieren die Forscher abschließend. (Text 9, Zeilen 56, 57, 58)
- *Im Zentrum unseres Planeten* herrschen alles andere als milde Bedingungen. (Text 16, Zeile 2)

Das Agens (in der Tabelle mit dem Buchstabe *i* bezeichnet):

- Diese rätselhafte Tiergruppe umfasste Vertreter, die bereits 40 bis 50 Millionen Jahre *vor dem Erscheinen eindeutiger Säugetiere* existierten. (Text 5, Zeilen 20, 21, 22)
- Das neue Wissen über *die Ernährung unserer Vorfahren* liefere daher auch wertvolle neue Einblicke in die Mechanismen, die einst unsere Entwicklung vorantrieben. (Text 13, Zeilen 61, 62, 63)

Das Patiens (in der Tabelle mit dem Buchstabe *j* bezeichnet):

- *Aufnahme eines fossilen Pollenkorns*. (Text 10, Zeile 1)

- Indizien für diesen *Wandel der Ernährungsgewohnheiten* haben gleich mehrere internationale Forscherteams im Zahnschmelz unserer Vorfahren gefunden. (Text 13, Zeilen 10, 11, 12)

Der Eigenschaftsträger, zu dem das Beziehungswort eine Eigenschaft nennt (das mögliche Subjekt eines Eigenschaftsträgers) (in der Tabelle mit dem Buchstabe *k* bezeichnet):

- *Aus dem Bann dieser Gravitationsmonster* gibt es kein Entrinnen. (Text 3, Zeile 3)
- Denn bisher existierten keine Computermodelle, die *die Komplexität und Dynamik dieser eng miteinander vernetzten Systeme* erfassen konnten. (Text 1, Zeilen 24, 25)

Das Ganze im Verhältnis zu einem unselbständigen Teil, das den Stoff bzw. die Art angibt (in der Tabelle mit dem Buchstabe *l* bezeichnet):

- „Wir verstehen jetzt also ein bisschen mehr vom Universum“, schmunzelte Efstathiou, weil der Prozentsatz der gewöhnlichen Materie etwas größer ausfiel und *der Anteil der Dunklen Energie* ein wenig geringer ist als bislang angenommen. (Text 17, Zeilen 65, 66, 67)
- Es sei daher essenziell wichtig, die Erwärmung so weit wie möglich zu begrenzen und *die Emissionen der Treibhausgase* so bald wie möglich substanziell zu reduzieren. (Text 1, Zeilen 57, 58, 59)

Eine temporale Bestimmung (in der Tabelle mit dem Buchstabe *m* bezeichnet):

- Die letzten Ebu Gogo sollen demnach erst *Anfang des 19. Jahrhunderts* ausgerottet worden sein. (Text 20, Zeilen 47, 48)
- Als Passagiere von Staubwolken reisen manche Mikroorganismen in gewaltigen Mengen *innen weniger Tage* von Asien nach Nordamerika, berichten US-Forscher. (Text 19, Zeilen 3, 4, 5)

Die Ursache oder der Grund (in der Tabelle mit dem Buchstabe *n* bezeichnet):

- Um die Identität der Mikroben festzustellen, nutzten die Forscher moderne Verfahren der Biotechnologie und identifizierten die Lebewesen *anhand ihres Erbguts*. (Text 19, Zeilen 8, 9, 10)
- Doch *anhand der ermittelten Messkurven* für verschiedene Drücke und Temperaturen konnten die Forscher auf die Bedingungen der Grenze zwischen innerem und äußerem Erdkern hochrechnen. (Text 16, Zeilen 48, 49, 50)

Das Maß (in der Tabelle mit dem Buchstabe *o* bezeichnet):

- Zwar wird es selbst *bei Erreichen des Zwei-Grad-Klimaschutzziels* noch fundamentale Veränderungen in 20 Prozent der Ökosysteme geben. (Text 1, Zeilen 59, 60)

Eine Eigenschaft, eine Qualität oder ein Merkmal (in der Tabelle mit dem Buchstabe *p* bezeichnet):

- Es sind *die genauesten Messungen dieser den ganzen Weltraum ausfüllenden Mikrowellen-Strahlung*, die es jemals in der menschlichen Geschichte gegeben hat. (Text 17, Zeilen 6, 7, 8)
- Bei 2,2 Millionen Atmosphären Druck lag *der Schmelzpunkt des Eisenklümpchens* bei rund 4.800 Kelvin - höher kommen die Apparaturen nicht. (Text 16, Zeilen 46, 47, 48)

Art und Weise (in der Tabelle mit dem Buchstabe *q* bezeichnet):

- Rekonstruktion von Megaconus: An den Hinterläufen verfügte das Tier über giftige Sporne *zur Abwehr seiner Feinde*. (Text 5, Zeile 1)

Ein Vorgang, von dem das Beziehungswort das Agens oder Patiens abstrahiert (in der Tabelle mit dem Buchstabe *r* bezeichnet):

- "Die verringerte Albedo ist damit sowohl Ursache als auch *Folge der klimabedingten Veränderungen* beim Meereis", konstatieren die Forscher. (Text 6, Zeilen 47, 48)
- "Aber *die Ergebnisse der Studie* deuten darauf hin, dass ökologische Faktoren die Struktur von Sprachen auf bisher nicht erkannte Weise geformt haben könnten", sagt Everett. (Text 11, Zeilen 62, 63, 64)

Ein Mittel oder Instrument (in der Tabelle mit dem Buchstabe *s* bezeichnet):

- *Mittels konfokaler Laser -Scanning-Mikroskopie* konnten Peter Hochuli und Susanne Feist-Burkhardt von der Universität Zürich die winzigen Gebilde mit hoher Auflösung erkennbar machen. (Text 10, Zeilen 25, 26, 27)
- *Mit Hilfe eines Massenspektrometers* maßen sie dann, wie viel Edelgas das Mineral aufgenommen hatte. (Text 9, Zeilen 35, 36)

Ein Inhalt oder Stoff (in der Tabelle mit dem Buchstabe *t* bezeichnet):

- Die Planck-Daten lassen auch darauf schließen, dass es keine vierte Familie der Neutrinos – und mithin der *gesamten Elementarteilchen der Materie* – gibt. (Text 17, Zeilen 81, 82, 83)
- Heute Morgen um 10.15 Uhr wurden in Paris *die Daten der Raumsonde Planck* zur Kosmischen Hintergrundstrahlung vorgestellt. (Text 17, Zeilen 5, 6)

Die allen Beispiele von dieser Verteilung der Genitive sind in der Tabelle unter diesem Kapitel zu finden.

Zu der sachlichen Funktion des Genitivs zählen auch Verben. Konkret handelt es sich um einen Satz aus dem Text 20: Sie *entstammen eigentlich der Fantasie* von John Ronald R. Tolkien - und doch gab es sie in gewisser Weise wirklich: ... (Text 20, Zeilen 1, 2). Es geht um die Ursache oder den Grund von Gemütsbewegungen.

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
Text 1, Zeile	23-24	14, 36-37, 40, 48, 49-50, 56-57, 60, 61-62		6-7, 13, 35-36		10	51-52	38-39	1, 11, 50	22
Text 2, Zeile		5-6, 10-11, 14, 19	41-42	20, 37, 51				22	9, 35, 44, 58	25-26, 63-64
Text 3, Zeile		2, 31, 34, 48-49		10		26		5, 41-42	14, 16	
Text 4, Zeile		10-11		15-16				13, 27, 28		
Text 5, Zeile		3, 14, 36-37, 44, 47, 48		13					21, 25, 42	24, 40
Text 6, Zeile		11, 11-12, 24-25, 28, 49		6-7, 13, 14-15, 16				27, 40	34, 36-37	
Text 7, Zeile		28, 36-37	43-44			19				6-7, 35
Text 8, Zeile		5, 63-64	14, 34						41-42, 49, 66	
Text 9, Zeile		5-6, 13		10, 10-11, 12		40		57	33, 56-57	56
Text 10, Zeile		30, 36, 42						4, 34, 35-36		1, 40
Text 11, Zeile		34, 48-49		13, 42				9, 26, 37, 38, 39, 48	11, 18, 26, 47, 52, 61	

Text 12, Zeile		1, 4-5, 7-8, 16, 30, 33-34, 38-39, 46, 47-48				5-6, 36		7, 9-10, 11-12, 43, 44	14	
Text 13, Zeile	54-55, 58		53	14, 42-43		56	31, 44	12, 44-45	29, 62	6, 10-11, 51
Text 14, Zeile		13-14					10	14-15, 23-24, 24-25	4, 5, 12	17, 22
Text 15, Zeile		18						32, 34		
Text 16, Zeile		9, 21-22				6-7		2, 3, 16	12	0
Text 17, Zeile		56, 82, 97, 172	11				78	115, 122	57	12, 162
Text 18, Zeile				52				45, 45-46, 53-54	5-6, 13, 66	
Text 19, Zeile				12-13, 13-14, 26-27				1, 2		
Text 20, Zeile	6	41	7-8		11			30		

	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
Text 1, Zeile	25	58		56	59					
Text 2, Zeile				17, 28-29, 59, 62, 64		56				
Text 3, Zeile	3			12		24, 41				
Text 4, Zeile		40	3-4, 8, 19, 20, 23, 26, 31-32, 39			37				
Text 5, Zeile			12, 43			9-10, 30, 35, 39	1			
Text 6, Zeile						17, 35		47-48		
Text				11-12		30, 39-40, 41-				

7, Zeile						42, 42				
Text 8, Zeile			22	28		38, 57				
Text 9, Zeile				56-57					35	
Text 10, Zeile			8, 13-14	20-21		12, 17, 29			16- 17, 25	
Text 11, Zeile				59		1, 20		62		
Text 12, Zeile				28-29		7, 12-13, 19, 24, 26, 28, 29, 40-41			16	
Text 13, Zeile				15, 20, 21, 26-27		13, 23, 35-36, 46-47, 57, 61		50- 51		
Text 14, Zeile			21	33-34		19-20, 20, 32				
Text 15, Zeile			52			13, 23, 25, 26- 27, 29, 30-31, 33, 48-49, 55, 61				
Text 16, Zeile				43-44, 48		33-34, 35, 43, 45, 47, 49, 54				
Text 17, Zeile		67	119			1-2, 7, 9, 16, 19, 20-21, 23, 25, 31, 32, 33, 40, 58, 62-63, 66, 69, 75, 84, 85, 87, 89, 91- 92, 102-103, 108, 116-117, 117-118, 142, 145, 153, 154, 174, 176, 178, 178, 189, 192- 193, 197			0, 1	5-6, 83
Text 18, Zeile			64			24, 27				
Text 19, Zeile			4	9-10		7, 8, 9, 29				
Text			29, 42-43,	12-13		18, 37, 40-41				

20, Zeile			48							
--------------	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--

2.9 Andere Formen von Darstellung der Genitive

Der Genitiv kann man auch mit Hilfe der Präposition *von* ausdrücken, die formal den Dativ regiert. In den gegebenen Texten kommen auch die Genitive vor, die mit der Präposition *von* ausgedrückt sind. Die Beispiele der Darstellung von Genitive mit der Präposition *von* sind:

- Dafür simulierten sie *die Entwicklung von Ökosystemen und Wasserhaushalt* in mehr als 150 verschiedenen Klimaszenarien und in 20 verschiedenen Klimamodellen. (Text 1, Zeilen 16, 17)
- Bei den neu entdeckten Fossilien handelt es sich um Pollen, die Forscher *in Bohrkernen von Gestein* aus der Schweiz entdeckt haben, die auf ein Alter von 252 bis 247 Millionen Jahren datiert wurden. (Text 10, Zeilen 23, 24, 25)

Die anderen Beispiele von dieser Verteilung der Genitive sind in der Tabelle unter diesem Kapitel zu finden.

	Die Umschreibung mit der Präposition von
Text 1, Zeile	16, 31, 39-40
Text 2, Zeile	38, 40-41, 43, 47
Text 3, Zeile	18, 29-30, 50
Text 4, Zeile	
Text 5, Zeile	1, 29, 31
Text 6, Zeile	16
Text 7, Zeile	7, 18, 19-20, 28-29, 33-34
Text 8, Zeile	1, 13, 16-17, 32-33, 56
Text 9, Zeile	1
Text 10, Zeile	23-24
Text 11, Zeile	24, 35-36, 40, 63
Text 12, Zeile	
Text 13, Zeile	7-8, 40
Text 14, Zeile	30
Text 15, Zeile	24, 51-52, 56, 60
Text 16, Zeile	17
Text 17, Zeile	97, 105, 122
Text 18, Zeile	
Text 19, Zeile	2, 3, 11, 14-15
Text 20, Zeile	1, 9-10, 11, 30, 32

Aus der Analyse geht hervor, dass einige Arten des Genitivs häufiger auftreten als andere. Es ist ersichtlich, dass einige Arten von Genitiven in den gegebenen Texten gar nicht erscheinen, aber trotzdem überraschte mich der Unterschied in der Menge von nicht vorkommenden Genitiven und diesen, die in den Texten am häufigsten erscheinen. Außer dem Genitiv bei Adjektiven, Pronomen und außer der Umschreibung mit Hilfe der Präposition *von*, deren Menge in den Texten relativ ausgeglichen ist, kommt in anderen Verteilungen immer eine Art des Genitivs vor, die markant öfter als die anderen auftritt.

Abschluss

Diese Bakkalaureatsarbeit beschäftigt sich mit dem substantivischen Genitiv in der deutschen Presse. Als Quelle der Texte aus der deutschen Presse wählte ich die Rubrik *Erde & Weltall* aus dem deutschen Zeitschrift *Bild der Wissenschaft* aus. Der Gebrauch der Genitive ist für eine bestimmte Menge der Leute problematisch, vor allem für diejenigen, die keine deutschen Muttersprachler sind. Und obwohl das Vorkommen der Genitive allgemein sinkt, sollte man ständig seinen Gebrauch beherrschen, weil es nicht immer möglich ist, den Genitiv mithilfe von der anderen Ausdrücken darzustellen.

Deshalb – und das war auch das Ziel dieser Bakkalaureatsarbeit - untersuchte ich das Auftreten der Genitive und ihre Ersetzung durch andere Konstruktionen. Es gibt nämlich wenig Arbeiten, vor allem im Deutsch, die die Kasus betreffen. Aus diesem Grund vermute ich, dass diese Arbeit den Beitrag für andere Menschen, die sich mit dieser Problematik beschäftigen, leisten wird. In dieser Arbeit befinden sich im theoretischen Teil die bekannten Verteilungen der Genitive (z. B. nach dem Wörterbuch Duden 4 – Die Grammatik) zusammen mit der Veranschaulichung ihres Vorkommens auf den 20 ausgewählten Texten, die im praktischen Teil angeführt sind.

Der praktische Teil basiert auf der Verteilung der Genitive, die im theoretischen Teil angeführt ist. Zuerst suchte ich aus den Texten alle Genitive aus. Dann nahm ich die Verteilung der Genitive nacheinander und jeder Verteilung ordnete ich alle Genitive zu. Zu jeder Verteilung fügte ich dann eine Tabelle für bessere Übersichtlichkeit bei. In den Tabellen sind die Arten der Genitive, die Texte und die Zeilennummern eingetragen, in denen die Genitive erscheinen. Aus der Analyse von Genitiven ergibt sich, dass einige Arten des Genitivs in den Texten wesentlich mehr als andere vorkommen. Ich setzte voraus, dass einige Arten von Genitiven in den ausgewählten Texten gar nicht erscheinen konnten, z. B. aus dem Grund, dass sie sich auf das Thema Erde und Weltall nicht beziehen. Trotzdem überraschte mich der Unterschied zwischen der Menge von nicht oder nur selten vorkommenden Genitiven und diesen, die in den Texten am häufigsten erscheinen. Außer dem Genitiv bei Adjektiven, Pronomen und außer der Umschreibung mit Hilfe der Präposition *von*, deren Menge in den Texten relativ ausgeglichen ist, kommt in anderen Verteilungen immer eine Art des Genitivs vor, die markant öfter als die andere auftritt.

Die Arten der Genitive, die am häufigsten in den gegebenen Texten erscheinen, sind: bei der allgemeinen Verteilung der Genitive ist es der possessive Genitiv, was den Genitiv bei Substantiven angeht ist es der Genitivattribut, beim substantivischen Kasus ist es der attributive Genitiv. Was die syntaktischen Funktionen des Genitivs betrifft, erscheint am häufigsten die Determination eines regierenden substantivischen Beziehungswortes durch einen Individualbegriff und bei den sachlichen Funktionen des Genitivs ist es eine Eigenschaft, eine Qualität oder ein Merkmal. Alle diese Arten der Genitive werden in der Sprache üblich benutzt, und deshalb ist ihr häufiges Vorkommen nicht sonderlich überraschend.

In dieser Bakkalaureatsarbeit sollten auch die Ersetzungen der Genitive mit Hilfe der anderen Konstruktionen angeführt. Nach der Analyse der gegebenen Texte stellte ich fest, dass es sich um die Umschreibung mit Hilfe der Präposition *von* und um die Komposita handelt. Die Ersetzung der Genitive mit Hilfe der Ausdrücke mit Präposition *von* ist im praktischen Teil der Arbeit angeführt. Die Umschreibung mittels der Präposition *von* funktioniert nämlich auf gleichem Prinzip. Aber obwohl die Analyse der Komposita sehr interessant ist, ist sie zugleich relativ schwierig und lang, weil die Art und Herkunft von einzelnen Komposita ermittelt werden muss. Diese Analyse wäre aus diesem Grund ein gutes Thema für eine nächste Forschung, wo ein größerer Raum dieser konkreten Beobachtung zur Verfügung gestellt werden könnte.

Literaturverzeichnis

Primärliteratur

Internetquelle

Bild der Wissenschaft. [online]. [Stand vom 2014-04-24]. Verfügbar unter: <http://www.wissenschaft.de/>.

Sekundärliteratur

BRAUN, P. *Tendenzen in der deutschen Gegenwartssprache: Sprachvarietäten.* 3. erw. Aufl. Stuttgart; Berlin; Köln: Kohlhammer, 1993. ISBN 3-17-012127-8.

Duden. Band 1 : Die deutsche Rechtschreibung: auf der Grundlage der neuen amtlichen Rechtschreibung. 24. völlig neu bearb. und erw. Aufl. Mannheim; Leipzig; Wien; Zürich: Dudenverlag, 2006. Der Duden in zwölf Bänden : das Standardwerk zur deutschen Sprache; Bd. 1. ISBN 978-3-411-04014-8 : 755.00.

EISENBERG, P. ET AL. *Duden - die Grammatik: unentbehrlich für richtiges Deutsch.* 7., völlig neu erarb. und erw. Aufl. Mannheim: Dudenverlag, 2006. Der Duden in zwölf Bänden ; Bd. 4. ISBN 978-3-411-04047-6.

HELBIG, G. *Die Funktionen der substantivischen Kasus in der deutschen Gegenwartssprache.* 1. Aufl. Halle: Max Niemeyer, 1973.

HENTSCHEL, E. und VOGEL, P. M. *Deutsche Morphologie.* Berlin: Gruyter, 2009. De Gruyter Lexicon. ISBN 978-3-11-018562-1.

THIEROFF, R. und VOGEL, P. M. *Flexion.* Heidelberg: Winter, 2009. Kurze Einführungen in die germanistische Linguistik: KEGLI, Band 7. ISBN 978-3-8253-5489-3.

Internetquellen

Duden. [online]. 2013 [Stand vom 2014-05-05]. Verfügbar unter: <http://www.duden.de/woerterbuch>.

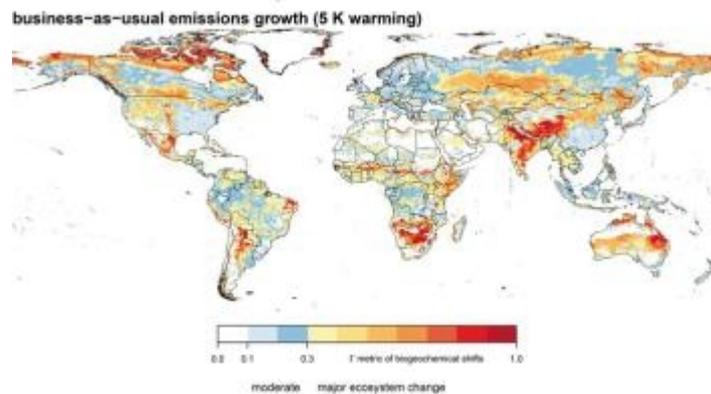
SICK, B. *Der Dativ ist dem Genitiv sein Tod: Ein Wegweiser durch den Irrgarten der deutschen Sprache* [online]. 9. Aufl. Köln, Hamburg: Kiepenheuer & Witsch, SPIEGEL ONLINE, 2004 [Stand vom 2014-04-16]. ISBN 3-462-03448-0. Verfügbar unter: http://lekci.ru/pars_docs/refs/651/d-650594/7z-docs/1.pdf.

THIEROFF, R. *Die Bedienung des Automaten durch den Mensch.: Deklination der schwachen Maskulina als Zweifelsfall.* *Linguistik online* [online]. 2003, N. 16 [Stand vom 2014-04-16]. ISSN 1615-3014. Verfügbar unter: http://www.linguistik-online.de/16_03/thieroff.html.

Anhangsliste

- Anhang 1 – Erwärmung wird Ökosysteme komplett verändern
- Anhang 2 – Grimmiger Fisch, große Veränderung
- Anhang 3 – Auch Meere haben „Schwarze Löcher“
- Anhang 4 – Maximale Sonneneinstrahlung - aber keine Höchstwerte
- Anhang 5 – Wann entstanden die Säugetiere?
- Anhang 6 – Meereis wird immer dunkler
- Anhang 7 – Keine blutverschmierten Riesenschnäbel
- Anhang 8 – Krabbeln als Kind, aufrecht als Erwachsener
- Anhang 9 – Taxi in die Tiefe
- Anhang 10 – Es blühte früher als gedacht
- Anhang 11 – Geografie prägt Sprachenklang
- Anhang 12 – Rekord im Primaten-Stammbaum
- Anhang 13 – Nahrung als Evolutionsmotor
- Anhang 14 – Klimafaktor Kontinentaldrift
- Anhang 15 – Tischmanieren zur Dino-Zeit
- Anhang 16 – Heißes Zentrum
- Anhang 17 – Das neue Bild des alten Universums
- Anhang 18 – Schweißtreibende Zukunft
- Anhang 19 – Wenn sich Kontinente annähen
- Anhang 20 – Wie die echten Hobbits aussahen

1. Erwärmung wird Ökosysteme komplett verändern



1 Veränderung der Ökosysteme bis 2100 bei ungebremster Erwärmung (Ostberg et al.)

2 Gerade erst ist der Weltklimabericht erschienen, jetzt legen deutsche Klimaforscher
3 noch eins nach: In der bisher umfangreichsten Studie haben sie ermittelt, wie sich
4 der prognostizierte Klimawandel auf die weltweiten Ökosysteme und die
5 Wasserverfügbarkeit auswirken wird. Ihre Ergebnisse sind alles andere als
6 beruhigend: Läuft alles weiter wie bisher, werden mehr als 80 Prozent der
7 Landökosysteme sich bis 2100 komplett verändert haben - aus Wald wird Savanne,
8 aus Tundra Waldland und die Regenwälder werden schrumpfen. Gleichzeitig
9 könnten eine Milliarde Menschen zusätzlich unter Wassermangel leiden, so die
10 Prognosen der Forscher.

11 Dass eine zunehmende Erwärmung der Erde sich auf die Klimazonen und damit die
12 Vegetation und den Wasserkreislauf auswirkt, ist nicht unbedingt neu. In welchem Maße
13 dieser Einfluss aber die Ökosysteme der Erde verändern wird, haben bisher nur wenige
14 Studien umfassend erforscht. Dies haben nun Forscher des Potsdam Instituts für
15 Klimafolgenforschung gemeinsam mit Kollegen in gleich mehreren Studien nachgeholt.
16 Dafür simulierten sie die Entwicklung von Ökosystemen und Wasserhaushalt in mehr als
17 150 verschiedenen Klimaszenarien und in 20 verschiedenen Klimamodellen. Alle
18 Simulationen führten sie sowohl für eine gemäßigte Erwärmung von nur zwei Grad bis
19 2100 durch als auch bei Erwärmungen von drei bis fünf Grad, wie sie bei ungebremsten
20 Klimawandel vorhergesagt werden.

21 Gravierender Wandel fast überall

22 "Unsere Studie ist die umfassendste und in sich konsistenteste Analyse des Risikos für
23 größere Ökosystem-Umwälzungen durch den Klimawandel", sagt Wolfgang Lucht, einer
24 der Autoren vom PIK Potsdam. Denn bisher existierten keine Computermodelle, die die
25 Komplexität und Dynamik dieser eng miteinander vernetzten Systeme erfassen konnten.
26 Um dieses Problem zu umgehen, konzentrierten die Forscher sich in ihren Simulationen
27 auf die Veränderungen in den biogeochemischen Kreisläufen und der Vegetation - ob
28 beispielsweise Wald zu Grasland wird, wie viel Kohlenstoff in Boden und Pflanzen
29 gespeichert ist und wie viel Wasser zur Verfügung steht. Dabei definierten sie einen
30 Parameter, der angibt, wie weit sich ein Ökosystem von seinem jetzigen Zustand
31 entfernt. "Unser Indikator kann so den kombinierten Effekt von Veränderungen in vielen
32 Ökosystemprozessen erfassen statt nur bei einem Prozess", erklärt Sebastian Ostberg
33 vom PIK.

34 Das Ergebnis: Bei ungebremsten Klimawandel und einer daraus resultierenden globalen
35 Erwärmung von vier bis fünf Grad bis 2100 könnten bis zu 86 Prozent der
36 Landökosysteme einen gravierenden Wandel erleben. "Davon ist fast kein Gebiet der
37 Erde ausgenommen", berichten die Forscher. Unter den Regionen, die als erste und
38 besonders stark betroffen wären, sind das Grasland Ostindiens, die Buschgebiete des
39 Hochlands von Tibet, die Wälder in Nordkanada, die Savannen von Äthiopien und

40 Somalia und der Amazonas Regenwald. Viele dieser Gebiete beherbergen heute eine
41 einzigartige Artenvielfalt. Was sich in den Simulationen auch zeigte: Die kommenden
42 Veränderungen sind nicht linear. "Das stützt die Vermutung, dass wir unsere natürlichen
43 Systeme fundamental destabilisieren - wir werden die Welt, wie wir sie heute kennen,
44 hinter uns lassen", warnt Lucht.

45 **Wassermangel für eine Milliarde Menschen zusätzlich**

46 Fatale Folgen wird der Klimawandel auch für den Wasserhaushalt in vielen Gebieten
47 haben: Selbst wenn es gelänge, die Erwärmung auf zwei Grad bis 2100 zu beschränken,
48 wären acht Prozent der Menschheit zusätzlich von Wassermangel betroffen, wie die
49 Forscher berichten. Eine ungebremste Erwärmung würde dies auf 13 Prozent der
50 Menschheit erhöhen. "Das bedeutet, dass bis zum Ende dieses Jahrhunderts mehr als
51 eine Milliarde Menschen davon betroffen wären", betont Dieter Gerten, Erstautor einer
52 der Studien. Und dies zusätzlich zu den mehr als ein Milliarde Menschen, die bereits
53 heute in wasserarmen Gebieten leben. Wie schon heute werden auch in Zukunft die
54 Armen am stärksten unter dieser Entwicklung leiden müssen.
55 "Wir reden hier nicht von Blümchen und Tierchen, sondern von unserem einzigartigen
56 natürlichen Erbe, der Basis allen Lebens", betont Hans Joachim Schellnhuber, Direktor
57 des PIK Potsdam. Es sei daher essenziell wichtig, die Erwärmung so weit wie möglich zu
58 begrenzen und die Emissionen der Treibhausgase so bald wie möglich substanziell zu
59 reduzieren. Zwar wird es selbst bei Erreichen des Zwei-Grad-Klimaschutzziels noch
60 fundamentale Veränderungen in 20 Prozent der Ökosysteme geben. "Aber die
61 Ergebnisse demonstrieren ganz klar, dass es für die Risiken eines globalen
62 Ökosystemwandels einen großen Unterschied bedeutet, ob der Klimawandel
63 ungebremst voranschreitet oder aber durch einen ambitionierten Klimaschutz
64 eingeschränkt wird", betont Ostberg.

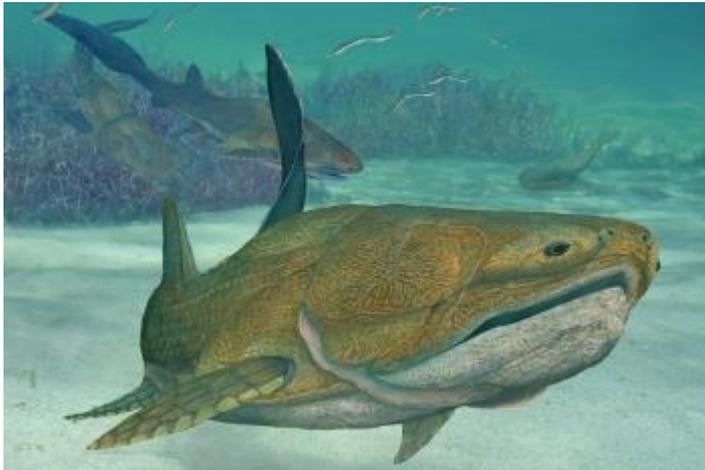
Quelle:

- [Sebastian Ostberg \(Potsdam Institut für Klimafolgenforschung\) et al., Earth System Dynamics, doi:10.5194/esdd-4-541-2013](https://doi.org/10.5194/esdd-4-541-2013)

© [wissenschaft.de](http://www.wissenschaft.de) - [Nadja Podbregar](mailto:nadja.podbregar@wissenschaft.de)

08.10.2013

2. Grimmiger Fisch, große Veränderung



1 Vor 419 Millionen Jahren besaß dieser Fisch bereits echte Kiefer (Brian Choo)

2 Vor vielen Millionen Jahren spalteten sich unsere schwimmenden Vorfahren in zwei
3 große Klassen auf: Die Knochenfische, von denen auch wir abstammen, und die
4 Knorpelfische, deren prominentester Vertreter wohl der Hai ist. Lange glaubten
5 Forscher, genau diesem Raubtier habe der letzte gemeinsame Vorfahr der beiden
6 Klassen geähnelt. Doch ein 400 Millionen Jahre altes Fossil – der wohl älteste
7 bekannte Fisch mit richtigem Gesicht - widerlegt diese Theorie und bringt zugleich
8 den bekannten Stammbaum durcheinander.

9 Der Kiefer ist ein unfassbar erfolgreiches Produkt der Evolution. Nahezu alle heute
10 lebenden Wirbeltiere, vom Rochen bis zum Menschen, gehören der Überklasse der
11 Kiefermäuler an. Die sogenannten Gnathostomata teilten sich dereinst in zwei große
12 Klassen auf: die Knorpelfische und die Knochenfische, aus denen später die
13 Landwirbeltiere hervorgingen. Seit langem rätseln Paläontologen und
14 Evolutionsbiologen, wie der letzte gemeinsame Vorfahre der beiden Klassen
15 ausgesehen haben könnte. Bisher vermuteten sie, er habe dem Hai geähnelt. Der
16 verfügt als Knorpelfisch nicht über Knochengewebe – es bildet sich höchstens bei
17 großen, alten Haien in den Wirbeln. Anstatt fester Platten im Schädelbereich besitzen die
18 meisten Knorpelfische winzige Schuppen. Ihnen fehlen jene hochentwickelten
19 Kieferknochen, die Bestandteil eines richtigen Gesichtes sind. Bisher gingen Forscher
20 daher davon aus, dass sie ein Alleinstellungsmerkmal der Knochenfische wären.
21 Ein 419 Millionen Jahre altes Fossil bringt diesen Konsens nun kräftig ins Wanken. Min
22 Zhu und seine Kollegen von der Chinesischen Akademie der Wissenschaften
23 beschreiben in der Fachzeitschrift „Nature“ den ältesten jemals gefundenen Fisch mit
24 Gesicht. Um einen Knochenfisch handelt es sich dabei nicht. Vielmehr entstammt die
25 bisher unbekannte Art, die die Forscher *Entelognathus* taufte, einer früheren
26 Abzweigung des Stammbaums.
27 Gefunden wurde das etwa 20 Zentimeter lange Fossil in China, in Ablagerungen aus
28 dem Silur. Auf den ersten Blick ähnelt es aufgrund der knöchigen Schulter- und
29 Schädelpartie den Panzerfischen (Placodermi), einer ausgestorbenen Klasse, die sich
30 bereits abgespalten hatte, bevor Knorpel- und Knochenfische getrennte Wege
31 einschlugen. Bei genauerem Hinsehen stellten die Forscher jedoch fest, dass
32 *Entelognathus* über differenzierte Kieferknochen verfügte, wie sie eigentlich nur
33 Knochenfische besitzen.

34 Statusverlust für den Hai

35 Was bedeutet das für die Entwicklung unserer entfernten Vorfahren? Die Forscher
36 schlagen zwei Alternativen vor: Entweder gehörte *Entelognathus* zu einer
37 Schwesterklasse der Panzerfische, oder er ist eng mit dem letzten gemeinsamen

38 Vorfahren von Knorpel- und Knochenfisch verwandt. So oder so verlieren die
39 Knochenfische ihren schicken Kiefer als Alleinstellungsmerkmal. Vielleicht hat sich seine
40 Struktur zwei Mal getrennt voneinander entwickelt. Vielleicht hat das Gesicht
41 von *Entelognathus* aber auch die gleichen Vorläuferstrukturen wie jedes seiner noch
42 lebenden Verwandten. Das wäre ein klarer Beleg dafür, dass der letzte gemeinsame
43 Vorfahr von Knorpelfisch und Knochenfisch eben nicht wie ein Hai aussah. Im Gegenteil:
44 Offenbar haben die Vorfahren Knorpelfische ihre Schädelknochen im Laufe der Zeit
45 verloren.

46 Dafür spricht auch, dass die Forscher den Acanthodii, einer ebenfalls ausgestorbenen
47 Klasse von Kiefermäulern, in ihrer Veröffentlichung eine engere Verwandtschaft zu den
48 Knorpelfischen nachweisen als gedacht. Die Acanthodii ähneln in ihren Merkmalen einer
49 Mischung aus Knorpel- und Knochenfisch. In einem Begleitartikel schreiben Matt
50 Friedman von der University of Oxford und Martin Brazeau vom Naturalis Biodiversity
51 Centre im niederländischen Leiden: „Der letzte gemeinsame Vorfahr der Wirbeltiere mit
52 Kiefer trug vermutlich eine knöcherne Panzerung, wie sie bei Placodermi und
53 Knochenfischen üblich ist.“

54 Doch die beiden Kommentatoren belassen es nicht bei dieser Feststellung. Vielmehr
55 fragen sie sich, wie sich die Forschergemeinde so irren konnte. Und liefert auch gleich
56 die Antwort: „Der Status der Haie als stellvertretenden Vorfahren scheint fest etabliert.

57 Aber das ist eine Illusion, genährt durch dogmatische Wiederholungen in Kombination
58 mit der falschen Darstellung heutiger Knorpelfische als lebende Fossilien.“ Sie sehen
59 den Fund als Beleg dafür, wie schnell anhand fehlender Daten falsche Schlüsse
60 gezogen und so lange wiederholt werden, dass sie eher als Fakt denn als Vermutung
61 erscheinen. Doch der neue Fund mache Hoffnung, schreiben Friedman und Brazeau.
62 „Es wird dauern, die Implikationen eines so bemerkenswerten Fossils vollständig zu
63 verarbeiten. Aber es ist klar, dass eine grundlegende Restrukturierung unseres
64 Verständnisses von der frühen Evolution der Kiefermäuler in vollem Gange ist.“

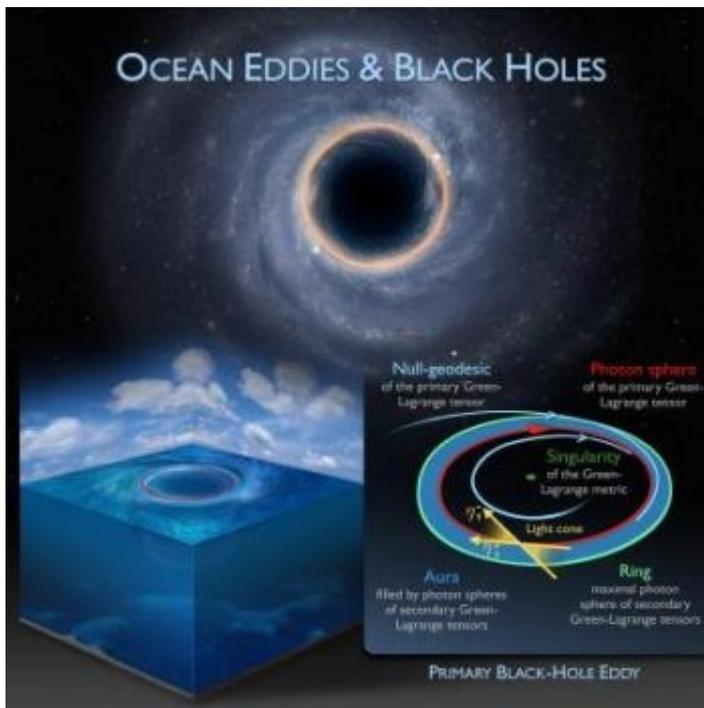
Quelle:

- [Min Zhu \(Chinese Academy of Sciences, Peking\) et al.: Nature, DOI: 10.1038/nature12617](https://doi.org/10.1038/nature12617)

© wissenschaft.de - Nora Schlüter

25.09.2013

3. Auch Meere haben „Schwarze Löcher“



1 Parallelen zwischen Wirbeln und einem Schwarzen Loch. Credit: George Haller / ETH Zurich

2 Schwarze Löcher sind berühmte Stars der Astronomie, denn ihre Eigenschaften
3 sind spektakulär: Aus dem Bann dieser Gravitationsmonster gibt es kein Entrinnen.
4 Offenbar teilen sie diese fesselnde Eigenschaft mit einem Phänomen in den
5 Ozeanen der Erde, berichten Meeresforscher: Die größten Meereswirbel der Erde
6 bilden kreisförmige Barriereströmungen, die ein Entkommen aus den gigantischen
7 Wassergebilden verhindern.

8 Es war bereits bekannt, dass sich in den Ozeanen Wirbel bilden, die mehr als 150
9 Kilometer Durchmesser erreichen. Verursacht werden sie durch Meeresströmungen wie
10 beispielsweise den Golfstrom. Er ist Teil der weltumspannenden Zirkulation, die das
11 Weltklima maßgebend beeinflusst. Auch den Wirbeln kommt in diesem Zusammenhang
12 eine Bedeutung zu. Laut Forschungsberichten nimmt ihre Zahl in südlichen Ozeanen zu,
13 was den Transport von warmem und salzigem Wasser nach Norden erhöht. Dies könnte
14 den negativen Einfluss schmelzenden Polareises ausgleichen.

15 Bisher konnten Wissenschaftler diese Wirkung jedoch nicht genau messen, da sie die
16 Grenzen der rotierenden Wassermassen nicht bestimmen konnten. Die Forscher um
17 George Haller von der ETH Zürich haben nun eine mathematische Methode entwickelt,
18 die es ermöglicht, die Grenzen von wassertransportierenden Meereswirbeln in
19 Satellitendaten zu erkennen. Zu ihrem Erstaunen erkannten sie dabei, dass solche fest
20 zusammenhängenden Wirbel mathematisch betrachtet Schwarzen Löchern ähneln.

21 Schwarze Löcher sind Himmelskörper mit einer so großen Masse, dass sie alles, was
22 sich ihnen auf eine bestimmte Distanz nähert, anziehen beziehungsweise bannen – das
23 gilt auch für das Licht: Wenn ein Lichtstrahl ein Schwarzes Loch in einem bestimmten
24 Abstand streift, wird er durch dessen Schwerkraft so stark gebogen, dass er sich zu
25 einem kreisförmigen Orbit schließt. Eine Barriereoberfläche, zusammengesetzt aus solch
26 geschlossenen Lichttringen, wird in Einsteins Relativitätstheorie als Photonsphäre
27 bezeichnet. Ähnliche geschlossene Barrierelinien haben Haller und seine Kollegen nun
28 um bestimmte Meereswirbel entdeckt. Auf diesen Linien bewegen sich
29 Flüssigkeitspartikel wie auf einem geschlossenen Orbit – ähnlich der Bewegung von
30 Licht in einer Photonsphäre. Analog zu den Schwarzen Löchern kann nichts aus dem
31 Inneren dieser geschlossenen Barrierelinien entkommen, nicht einmal Wasser. Genau

32 diese Barrieren sind es, die dabei helfen, fest zusammenhängende Meereswirbel in
33 Satellitendaten zu erkennen.

34 Wirbelnde Transportvehikel der Ozeane

35 Weil die Wirbel so stabil zusammenhalten, funktionieren sie wie ein Transportvehikel –
36 nicht nur für Kleinstlebewesen wie Plankton oder Fremdkörper wie Plastikmüll oder Öl,
37 sondern auch für Wasser mit einer Temperatur und einem Salzgehalt, die vom
38 umliegenden Wasser abweichen können. Solch kohärenten Wirbel kommen laut Haller
39 vermutlich noch in anderen komplexen Strömungen vor. In diesem Sinne sind viele
40 Wirbelstürme wahrscheinlich auch Schwarzen Löchern ähnlich. Das wohl spektakulärste
41 Beispiel für einen Wirbel des Schwarzen-Loch-Typs könnte der große rote Fleck – ein
42 stationärer Megasturm – des Planeten Jupiter sein.

43 Kurioserweise war vermutlich der erste, der Meereswirbel als solche scharf
44 abgegrenzten Wirbelströme erkannt hat, der amerikanische Autor Edgar Allan Poe. In
45 seiner Geschichte „A Descent into the Maelstrom“ beschreibt er einen stabilen Gürtel
46 aus Schaum um einen Meeresstrudel. Dies diente Haller und seine Kollegen als
47 Inspiration, um nach diesen stabilen Gürteln mit ausgeklügelten mathematischen
48 Formeln zu suchen. Ihre Resultate könnten dabei helfen, einige der großen
49 Fragestellungen der Ozeanforschung zu beantworten, von Klima-bezogenen Fragen bis
50 zu Ausbreitungsmustern von Müll und Öl.

- [Mitteilung der ETH Zurich](#)

© [wissenschaft.de](#) – [Martin Vieweg](#)

24.09.2013

4. Maximale Sonneneinstrahlung - aber keine Höchstwerte

1 Zur Mittagszeit strahlt die Sonne mit der stärksten Kraft und heizt den
2 Sommertagen kräftig ein. Doch so richtig warm wird es meistens erst am
3 Nachmittag – die heiße Mittagssonne bringt nicht das Temperaturmaximum des
4 Tages, obwohl sie der Erde doch am meisten Wärmestrahlung verpasst. Ähnlich ist
5 das im Jahresverlauf: Am 21. Juni erreicht die Sonne ihren höchsten Stand und
6 versorgt uns mit der maximalen Strahlungsenergie. Trotzdem folgen die größten
7 Hitzewellen erst Wochen später, im Juli und August. Warum kommen die
8 Warmphasen sowohl des Jahres als auch des Tages mit Zeitverzögerung? Das hat
9 uns Günter V. gefragt – vielen Dank dafür.

10 Die Antwort weiß Hans Schipper vom Institut für Meteorologie und Klimaforschung der
11 Universität Karlsruhe: „Das Land, das Meer und die Luft schlucken erst einmal
12 Wärmeenergie - erst wenn sich alles aufgeheizt hat, kommen die Höchstwerte“. Bei der
13 Temperaturverschiebung im Jahresverlauf ist der kühlende Effekt des Atlantiks für
14 Europa der wichtigste Faktor: Die gewaltigen Wassermassen haben sich im
15 Winterhalbjahr stark abgekühlt und schlucken im Frühjahr erst einmal einen Großteil der
16 Strahlungsenergie. Deshalb sind Mai und Juni im statistischen Mittel deutlich kühler als
17 Juli und August. Erst in diesen Monaten hat sich das Meer ausreichend erwärmt und die
18 Sonne steht noch hoch genug, um die Atmosphäre weiter aufzuheizen.

19 Der stärkste Frost des Jahres kommt ebenfalls verzögert

20 „Die Tiefstwerte des Winterhalbjahres sind ebenfalls hinter die Wintersonnenwende
21 verschoben“, so der Klimaforscher. Auch in diesem Fall fällt die geringste
22 Sonneneinstrahlung nicht mit den tiefsten Temperaturen zusammen: Erst im Januar
23 kommt die durchschnittlich frostigste Periode des Jahres, obwohl die Sonne um den 22.
24 Dezember am niedrigsten steht. Jetzt hat der Atlantik den gegenteiligen Effekt im
25 Vergleich zum Sommerhalbjahr: Wie eine gigantische Wärmflasche versorgt er Europa
26 mit der gespeicherten Sonnenwärme aus der warmen Zeit des Jahres.
27 „Der Großteil Europas wird von diesem sogenannten Seeklima bestimmt“, sagt Schipper.
28 Die großen Wassermassen des Atlantiks wirken hier wie ein Puffer und gleichen das
29 Klima aus. Die Sommer sind dadurch weniger heiß und die Winter nur mäßig kalt. Je
30 größer die Entfernung vom Meer, desto geringer fällt dieser Effekt aus. Beim
31 sogenannten kontinentalen Klima rücken dann schließlich auch die Maximalwerte des
32 Jahres näher an die Sonnenwenden heran. Das Land muss sich zwar auch erst
33 aufheizen, das geht aber schneller als beim Meer. So beginnt der Hochsommer
34 beispielsweise im Osten Russlands schon deutlich früher als in Deutschland.

35 Um drei Uhr nachmittags, wenn alles aufgeheizt ist...

36 Bei der Temperaturverschiebung im Tagesverlauf kommt vor allem die
37 Wärmespeicherung der Luft und der Erdoberfläche zum tragen, erklärt Schipper. „Erst
38 wenn die Sonne die Luftmassen, aber auch Straßen, Dächer und so weiter aufgeheizt
39 hat, so dass sie ebenfalls Hitze abgeben, entstehen die Höchstwerte des Tages“. Die
40 Summe dieser Hitzeabgabe erreicht deshalb später als der Sonnenhöchststand sein
41 Maximum: Etwa um drei Uhr nachmittags hat sich die Erdoberfläche meist so weit
42 erwärmt, dass sie zusammen mit den Sonnenstrahlen die Lufttemperatur auf
43 Spitzenwerte bringt.
44 „Umgekehrt ist das gleiche der Fall“, sagt Schipper: „Die kühlest Zeit ist nicht etwa um
45 Mitternacht, sondern kurz nach Sonnenaufgang“. In der Nacht kühlen die Luft und die
46 Erdoberfläche immer weiter aus, bis die ersten Sonnenstrahlen nach dem
47 Sonnenaufgang kräftig genug sind, um sie wieder aufzuheizen. Wenn zusätzlich Berge
48 die Sonne abschatten, kann das Temperaturminimum durchaus auch erst ein bis zwei
49 Stunden nach dem eigentlichen Sonnenaufgang eintreten.

● http://www.wissenschaft.de/erde-weltall/klima-wetter/-/journal_content/56/12054/2002773/Maximale-Sonneneinstrahlung--aber-keine-H%C3%B6chstwerte/

© wissenschaft.de – Martin Vieweg / dapd

15.08.2013

5. Wann entstanden die Säugetiere?



1 Rekonstruktion von Megaconus: An den Hinterläufen verfügte das Tier über giftige Sporne zur Abwehr seiner Feinde.

2 Vom Maulwurf über die Fledermaus bis hin zum Blauwal - die Säugetiere sind ein
3 Erfolgsmodell der Evolution: Sie haben eine enorme Formen- und Artenvielfalt
4 hervorgebracht und sogar ein intelligentes Wesen, das sich fragt, wie diese
5 Tiergruppe ursprünglich entstanden ist. Zwei unabhängige Studien liefern dazu nun
6 neue Informationen, die allerdings erneut Fragen aufwerfen. Untersucht wurden
7 zwei Fossilien, die von zwei unterschiedlichen Wesen stammen, die Säugetier-
8 Eigenschaften besaßen und vor 160 bis 165 Millionen Jahren lebten. Die
9 Studienergebnisse zu dem einen Tier weisen nun auf tiefere evolutionäre Wurzeln
10 der Säugetiere hin als die zu dem anderen. Diese unstimmgigen Befunde
11 diskutieren zwei Experten in einem Begleitartikel im Fachmagazin „Nature“.

12 Bereits in der Mitte der Jurazeit waren die Dinosaurier schon nicht mehr allein –
13 zwischen den Giganten wuselten bereits einige Vertreter der Säugetiere, zeigen Funde.
14 Doch wie waren sie entstanden? Im Rahmen dieser Frage liefern die beiden gut
15 erhaltenen Fossilien aus China nun neuen Diskussionsstoff. Das eine Wesen wurde von
16 der Forschergruppe um Chang-Fu Zhou von der chinesischen Shenyang Normal
17 University untersucht, das andere von Paläontologen um Xiaoting Zheng von der Linyi
18 University.

19 Beide Wesen besaßen bereits einen Pelz und wurden von beiden Forschergruppen den
20 sogenannten Haramiyiden zugeordnet. Diese rätselhafte Tiergruppe umfasste Vertreter,
21 die bereits 40 bis 50 Millionen Jahre vor dem Erscheinen eindeutiger Säugetiere
22 existierten. Obwohl sich die beiden Fossilien ähneln, offenbarten die
23 Detailuntersuchungen prägnante Unterschiede, die die Autoren zu gegensätzlichen
24 Ansichten über die Einordnung dieser Tiere führten und damit auch über den Ursprung
25 und die Entwicklung der Säugetiere.

26 Zwei pelzige Zeitzeugen

27 Zheng und Kollegen beschreiben ihr Untersuchungsobjekt (*Arboroharamiya*) als ein
28 Wesen, das wahrscheinlich ein Pflanzen- oder Allesfresser war und Bäume bewohnte.
29 Die genauen Untersuchungen von Kiefer und Ohrbereich zeigen den Forschern zufolge
30 typische Merkmale eines Säugetiers. Sie ordnen *Arboroharamiya* deshalb auch dieser
31 Gruppe zu. Dem Begleitkommentar von Richard Cifelli vom Oklahoma Museum of
32 Natural History und Brian Davis von der University of Louisville zufolge legt diese
33 Zuordnung nahe, dass die Säugetiere bereits vor 215 Millionen Jahren entstanden sind –
34 viel früher als bisher angenommen.

35 Die Eigenschaften des Wesens, das Zhou und Kollegen untersucht haben (*Megaconus*),
36 brachte die Forscher hingegen zu einem anderen Blick auf den Stammbaum der
37 Säuger. *Megaconus* stammt aus der gleichen geologischen Formation
38 wie *Arboroharamiya* - es ist nur wenig älter. Es war offenbar an ein Leben am Boden
39 angepasst und die Eigenschaften seiner Zähne weisen es als Pflanzenfresser aus. Die
40 Untersuchung seines Kiefers offenbarten den Forschern zufolge urtümliche Züge,
41 die *Megaconus* den Vor-Säugerformen zuordnet. Dieses Ergebnis legt eine spätere
42 Entwicklung der Säugetiere nahe und eine Auffächerung in verschiedene Arten erst im
43 Laufe der mittleren Jurazeit, fassen Cifelli und Davis zusammen.
44 Es sei nun sinnvoll, die Ergebnisse beider Studien zusammenzuführen, um festzustellen,
45 ob sie sich zu einem stimmigen Bild vereinigen lassen, sagen die beiden
46 Kommentatoren. Ideal wären in diesem Zusammenhang natürlich weitere Fossilien-
47 Funde, die den Blick auf die Entwicklungsgeschichte der Säugetiere bereichern, meinen
48 Cifelli und Davis. Der Ursprung der Tiergruppe, die auch den Menschen hervorgebracht
49 hat, bleibt also bis auf Weiteres noch mit einem Fragezeichen versehen.

Originalarbeiten der Forscher:

- [Nature: Xiaoting Zheng et al., doi: 10.1038/nature12353](#) und [Chang-Fu Zhou et al., doi: 10.1038/nature12429](#)

© [wissenschaft.de](#) – [Martin Vieweg](#)

07.08.2013

6. Meereis wird immer dunkler



1 Meereisreste in der Baffin Bay (Panu Lahtinen, FMI)

2 **Das arktische Meereis immer mehr schwindet, ist nichts Neues. In den letzten**
3 **Jahren häufen sich die Negativrekorde bei der sommerlichen Eisschmelze im**
4 **Nordpolarmeer und immer größere Wasserflächen bleiben eisfrei. Aber auch das**
5 **verbleibende Meereis verändert sich messbar, wie finnische Forscher nun**
6 **feststellten: Es wird dunkler, absorbiert mehr Licht und verliert so einen Teil seiner**
7 **Albedo. Dadurch wird weniger Sonnenlicht zurück in den Weltraum reflektiert und**
8 **das Eis selbst, aber auch die gesamte Atmosphäre heizen sich stärker auf. Diese**
9 **Rückkopplung sei bisher in den Klimamodellen unterschätzt worden, so die**
10 **Forscher.**

11 Die Albedo der großen Eisflächen ist ein wichtiger Regulator im Klimasystem unseres
12 Planeten. Denn die großen hellen Gebiete vor allem in den Polarregionen werfen bis zu
13 85 Prozent des eingestrahnten Sonnenlichts wieder zurück. Am besten reflektiert dabei
14 frischer, weißer Schnee, aber auch schneefreies Eis wirft noch rund 40 Prozent des
15 Sonnenlichts zurück. Im Gegensatz dazu reflektieren Wasser oder dunkler Boden
16 weniger als zehn Prozent des Lichts. Die Verteilung von Eis und eisfreien Gebieten hat
17 daher einen großen Einfluss auf die Strahlungsbilanz der Erde und damit auch auf das
18 globale Klima. Dabei wirkt sie wie eine positive Rückkopplung: Je mehr Eis da ist, desto
19 kühler wird es und desto mehr Eis kann sich folglich bilden. Umgekehrt aber verursacht
20 eine sinkende Albedo - beispielsweise durch schwindendes Meereis - eine
21 Klimaerwärmung, die dann auch die Eisflächen noch weiter abtauen lässt.

22 So weit, so bekannt. Aku Riihelä und seine Kollegen vom finnischen Meteorologischen
23 Institut in Helsinki haben nun aber nicht die sinkende Albedo durch immer mehr offene
24 Wasserflächen untersucht, sondern sie wollten wissen, ob und wie sich die Albedo der
25 verbleibenden Meereisflächen verändert. Dafür werteten sie Satellitendaten aus, die
26 zwischen 1982 und 2009 mit dem "Advanced Very High Resolution Radiometer"
27 (AVHRR) an Bord des europäischen Wettersatelliten Metop aufgenommen worden
28 waren. Um gezielt nur die Albedo der Meereisflächen zu vergleichen, schlossen die
29 Forscher sowohl Landflächen als auch größere Bereiche mit offenem Wasser aus ihren
30 Analysen aus.

31 **Dunkler und löchriger**

32 Das Ergebnis: Auch in scheinbar noch intakten Meereisflächen ist die Albedo in den
33 letzten knapp 30 Jahren signifikant gesunken, wie die Wissenschaftler berichten. Am
34 stärksten sei die Verringerung des Reflektionsvermögens dabei jeweils im August, dem
35 jährlichen Höhepunkt der Eisschmelze. "Die Albedo im arktischen Ozean wird nicht nur
36 durch das zurückgehende Meereis beeinflusst, sondern auch durch die Veränderungen
37 des Eises selbst", so Riihelä und seine Kollegen. Aber was genau verändert sich bei den
38 Flächen?

39 Die Forscher führen die sinkende Albedo vor allem auf zwei Gründe zurück: Zum einen
40 öffnen sich auch innerhalb der großen Eisflächen immer häufiger kleinere offenen Stellen
41 und Spalten. Diese sind dunkler als die Umgebung und senken so die Reflektivität. Zum
42 anderen aber sorgt das Tauwetter dafür, dass die Schneedecke auf dem Eis im Frühjahr
43 immer früher abschmilzt und dass Schmelzwasserseen auf der Eisoberfläche entstehen.
44 Da Schnee mehr Licht zurückwirft als blankes Eis, und flüssiges Schmelzwasser
45 ebenfalls eine geringere Albedo besitzt, reflektieren die Eisflächen auch dadurch immer
46 weniger Licht. Das Meereis wird quasi dunkler.
47 "Die verringerte Albedo ist damit sowohl Ursache als auch Folge der klimabedingten
48 Veränderungen beim Meereis", konstatieren die Forscher. Diese Erkenntnis sei wichtig
49 auch für die Prognosen der künftigen Klimaentwicklung und helfe, die Klimamodelle
50 weiter zu verbessern.

Quelle:

- [Aku Riihelä \(Finnish Meteorological Institute, Helsinki\) et al., Nature Climate Change. doi: 10.1038/nclimate1963](https://doi.org/10.1038/nclimate1963)

© [wissenschaft.de](http://www.wissenschaft.de) - [Nadja Podbregar](http://www.wissenschaft.de)

04.08.2013

7. Keine blutverschmierten Riesenschnäbel

1 Ach, er schienen doch so schön gruselig zu sein: Bisher nahm man an, der bis zu
2 zwei Meter große Riesenvogel Gastornis sei ein rabiater Fleischfresser gewesen,
3 der mit seinem gewaltigen Schnabel und scharfen Krallen frühen Säugetieren den
4 Garaus machte. Doch deutsche Paläontologen lassen diese spannende Vorstellung
5 nun platzen: Ihren Ergebnissen zufolge handelte es sich bei dem gefiederten Riesen
6 nur um einen harmlosen Pflanzenfresser. Das geht aus chemischen Analysen
7 fossiler Knochen von Gastornis hervor. Nur ein kleiner Restzweifel bleibt offenbar
8 noch.

9 Gastornis und sein nordamerikanischer Vetter Diatryma schritten vor etwa 50 Millionen
10 Jahren durch Europa und Nordamerika. Die flugunfähigen Vögel erreichten eine Höhe
11 von bis zu zwei Metern und wogen Schätzungen zufolge etwa 100 Kilogramm. Wegen
12 dieser Größe und des wuchtigen Schnabels gingen viele Wissenschaftler bislang davon
13 aus, dass es sich um Raubvögel gehandelt hat, die den südamerikanischen Terrorvögeln
14 (Phorusrhacidae) ähnelten, von denen die räuberische Lebensweise gut belegt ist.
15 „Gastornis lebte nachdem die Dinosaurier ausgestorben waren und damit in einer Zeit,
16 als die Säugetiere noch relativ klein waren. So nahm man an, die massigen Vögel wären
17 die Top-Räuber ihre Zeit gewesen“, sagt Thomas Tütken von der Universität Bonn.

18 Doch es gab bereits Zweifel am aggressiven Image von Gastornis: US-Paläontologen
19 hatten Fußabdrücke des amerikanischen Vertreters entdeckt, die keine Spuren von
20 scharfen Krallen zeigten, wie es für einen Raubvogel zu erwarten gewesen wäre.
21 Außerdem hielten einige Wissenschaftler die Fleischfresser-Theorie generell für
22 fragwürdig, da nicht plausibel erschien, wie ein so massives Tier schnell genug gewesen
23 wäre, flinken Säugetieren erfolgreich nachzustellen. Thomas Tütken und seine Kollegen
24 scheinen die Debatte allerdings nun endgültig zu beenden: Sie präsentierten das bisher
25 stärkste Argument gegen die Fleischfresser-Theorie auf der Goldschmidt-Konferenz in
26 Florenz.

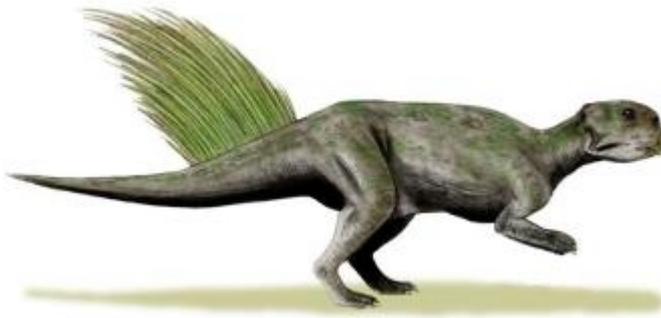
27 Pflanzenkost verschwand im Gastornis-Schnabel

28 Ihre Schlüsse basieren auf chemischen Analysen von Proben fossiler Knochen von
29 Gastornis, die aus dem Geiseltal in Sachsen-Anhalt stammen. Den Forschern zufolge
30 kann das Profil der Calcium-Isotopenzusammensetzung in versteinerten Knochen
31 Hinweise liefern, ob sich ein Lebewesen von tierischer oder pflanzlicher Kost ernährt hat:
32 Die Calcium-Isotopenzusammensetzung wird immer "leichter" beim Wandern durch die
33 Nahrungskette. Sie testeten das Verfahren zunächst an Fossilien von eindeutig pflanzen-
34 beziehungsweise fleischfressenden Dinosaurierarten und Säugetieren und widmeten
35 sich dann erst der Untersuchung der prominenten Riesenvögel.

36 Ihre Ergebnisse zeigen, dass die Calcium-Isotopen-Zusammensetzung der Gastornis-
37 Knochen ähnlich denen von pflanzenfressenden Säugetieren und Dinosauriern war und
38 nicht denen von Fleischfressern glich. Bevor die Debatte allerdings nun endgültig
39 beendet wird, wollen die Forscher ihre Daten noch einmal mit Knochenanalysen anderer
40 Tiere vergleichen, die von der gleichen Fundstätte stammen wie die Gastornis-Fossilien.
41 Dadurch wollen sie ausschließen, dass das Profil der Calcium-
42 Isotopenzusammensetzung eine Folge der Lagerstätte ist. Sie sind sich allerdings jetzt
43 schon recht sicher: Gastornis rammte seinen Riesenschnabel eher nicht ins Genick
44 früher Säuger, sondern zerquetschte damit nur Pflanzenkost.

- Vortrag auf der Goldschmidt-Konferenz in Florenz

8. Krabbeln als Kind, aufrecht als Erwachsener



1 Die Rekonstruktion von *Psittacosaurus mongoliensis*, einem Verwandten der jetzt untersuchten Dinos, zeigt: Die
2 Vorderbeine waren bei den Erwachsenen deutlich kürzer als die Hinterbeine; die Tiere liefen also vermutlich mehr oder
3 weniger aufgerichtet auf zwei Beinen. (Nobu Tamura, <http://spinops.blogspot.com>)

4 Sie waren eher klein, hatten einen papageienartigen Schnabel und lebten vor mehr
5 als 100 Millionen Jahren in Asien: die Dinosaurier der Gattung *Psittacosaurus*. Alle
6 existierenden Rekonstruktionen zeigen die Tiere, wie sie – leicht gebückt – auf ihren
7 zwei kräftigen Hinterbeinen umherliefen. Doch das ist möglicherweise nicht die
8 ganze Geschichte, zeigt nun eine Studie aus Großbritannien: Zumindest bei einer
9 Art, *Psittacosaurus lujiatunensis*, scheinen die Jungtiere noch nicht auf zwei
10 Beinen, sondern eher auf allen Vieren gelaufen zu sein – und sich erst später zu
11 ihrem typischen Gang aufgerichtet zu haben.

12 *Psittacosaurus* gehört zu den Dinosauriern, von denen es massenweise Funde gibt.
13 Mehr als 1.000 Skelette wurden bereits in China und anderen Teilen von Asien
14 aufgespürt. Dennoch war die Untersuchung, die Qi Zhao im Rahmen seiner Doktorarbeit
15 an der University of Bristol durchführte, nicht ganz alltäglich, denn er zerstörte die
16 Knochenproben, die er untersuchte: Er entnahm Proben aus den Überresten von
17 insgesamt 16 Exemplaren von *P. lujiatunensis*, die unterschiedliche Größen besaßen
18 und damit unterschiedlichen Altersgruppen angehörten.

19 Vom Neugeborenen bis zum Erwachsenen

20 Die drei jüngsten waren sozusagen gerade erst geschlüpft – sie waren mit Sicherheit
21 noch kein Jahr alt und damit die kleinsten *Psittacosaurier*, die jemals untersucht wurden,
22 berichtet das Team. Neun weitere waren zum Zeitpunkt ihres Todes etwa zwei Jahre,
23 eines ungefähr drei Jahre und die restlichen alle älter als fünf Jahre alt. Das älteste Tier
24 war mit zehn Jahren bereits ausgewachsen. Interessant seien dabei die Konstellationen
25 gewesen, in denen die Saurier aufgefunden wurden, merken die Forscher an: Die
26 jungen, unter Dreijährigen stammten alle aus nestartigen Clustern, in denen sich
27 offensichtlich mehrere etwa gleich alte Dinos eng zusammenkauerten – und so auch
28 gemeinsam den Tod fanden, etwa infolge eines Vulkanausbruchs. Von den älteren
29 Tieren war dagegen kein einziges mit einem solchen Cluster assoziiert, es scheint sich
30 also eher um Einzelgänger gehandelt zu haben.

31 Neben der mikroskopischen Untersuchung bewerteten Zhao und seine Kollegen noch
32 die Längenverhältnisse von Oberarmknochen, Speiche, Elle, Oberschenkelknochen und
33 Schien- oder Wadenbein bei den Tieren. Dabei entdeckten sie frappierende
34 Unterschiede zwischen den Knochen der jungen und der alten *Dinosaurier*: Mit einem
35 Jahr hatten die Dinos beispielsweise vergleichsweise lange Vorder- und kurze
36 Hinterbeine. Daraus lasse sich schließen, dass sie in diesem Alter noch auf allen Vieren
37 über den Boden wuselten, sind die Paläontologen überzeugt. Das blieb vermutlich auch
38 so, bis die Echsen etwa drei Jahre alt waren: Laut der Beschaffenheit der Proben
39 wuchsen die Armknochen bis zu diesem Zeitpunkt nämlich besonders schnell.

40 Die Hinterbeine gewinnen an Boden

41 Im Alter von vier bis sechs Jahren verlangsamte sich dann das Wachstum der vorderen
42 Extremitäten deutlich, zeigten die Untersuchungen. Parallel dazu scheinen die
43 Hinterbeinknochen einen massiven Wachstumsschub hingelegt zu haben. Vermutlich
44 übernahmen sie in dieser Phase nach und nach die Regie über die Bewegungen,
45 während sich gleichzeitig der Gleichgewichtssinn verbesserte, interpretiert das Team.
46 Bei den ausgewachsenen Psittacosauriern waren die Hinterbeine schließlich knapp
47 doppelt so lang wie die Vorderbeine – eine essenzielle Voraussetzung dafür, dass die
48 Tiere überhaupt aufrecht gehen konnten.
49 Wie schnell diese Veränderung der Körperhaltung beim Laufen tatsächlich
50 vonstattenging und wie absolut sie war, können die Forscher allerdings nicht sagen.
51 Vermutlich handelte es sich eher um einen graduellen Prozess. Es sei beispielsweise
52 möglich, dass die frisch geschlüpften Jungtiere zwar hauptsächlich auf allen Vieren
53 unterwegs waren, sich jedoch bereits aufrichteten, wenn große Geschwindigkeiten
54 gefordert waren. Umgekehrt könnten auch Erwachsene wieder in den Vierfüßergang
55 verfallen sein, wenn sie sich sehr langsam bewegten.

56 **Die Frage von Henne und Ei**

57 In Bezug auf die Evolution der Bewegungsart der Dinosaurier bleibe allerdings eine
58 Frage: Was kam grundsätzlich zuerst, der zweibeinige oder der vierbeinige Gang?
59 Beides sei denkbar, kommentiert das Team. Es gibt beispielsweise Hinweise darauf,
60 dass es nicht nur Arten gab, bei denen die Jungen Vier- und die Erwachsenen
61 Zweibeiner waren, sondern auch das Umgekehrte – Jungtiere liefen auf zwei Beinen und
62 gingen später zu einem vierbeinigen Laufstil über. Bei den Psittacosauriern ist vor allem
63 ein Blick auf ihre Nachfahren und Verwandten interessant: Sie sind frühe Vertreter der
64 Gruppe der Ceratopsia, deren spätere Angehörige ausschließlich auf vier Beinen liefen –
65 der bekannteste unter ihnen ist sicher der gehörnte Triceratops. Die Forscher hoffen nun,
66 mit Hilfe weiterer Knochenvergleiche der Antwort näher kommen zu können.

Originalarbeit der Forscher:

- [Qi Zhao \(University of Bristol\) et al.: Nature Communications, DOI: 10.1038/ncomms3079](#)

© [wissenschaft.de](#) – [Ilka Lehnen-Bevel](#)

28.06.2013

9. Taxi in die Tiefe



1] Winzige Leerstellen im Kristall von Amphibol-Mineralen (hier ein Actinolit) transportieren Edelgase in die Tiefe (Bild: 2 gemeinfrei)

3 Edelgase sind Eigenbrötler: Sie verbinden sich kaum anderen Elementen und lösen sich
4 auch nicht so leicht in Wasser, wie es andere Gase tun. Deshalb war es bisher ein Rätsel,
5 ob und wie Helium, Neon, Argon und Co. aus der Atmosphäre ins Gestein der Erdkruste und
6 des Erdmantels gelangen. Jetzt zeigt sich: Ein spezielles Mineral dient ihnen dabei als Taxi.
7 Das haben Forscher aus den USA und Großbritannien im Experiment erstmals belegt.
8 Demnach besitzt das Silikat Amphibolit freie Plätze in seiner Gitterstruktur, in denen die
9 Edelgase Neon und Helium quasi gefangen und mit in die Tiefe transportiert werden.
10 Die Luft, die wir atmen, ist Teil eines gewaltigen Recycling-Kreislaufs: Denn ein großer Teil
11 des Kohlendioxids, Wasserdampfes und anderer Gase der Atmosphäre stammen
12 ursprünglich aus dem Gestein der Erdkruste und des Erdmantels. Sie werden freigesetzt
13 aus der aufsteigenden Lava der mittelozeanischen Rücken, aber auch bei
14 Vulkanausbrüchen. Umgekehrt nimmt das an den Plattengrenzen in die Tiefe gedrückte
15 Krustengestein auch immer wieder große Mengen Wasser samt den in ihm gelösten Gasen
16 mit in die Tiefe. Soweit - so klar. Auch Edelgase werden bei vulkanischen Eruptionen aus
17 der Tiefe freigesetzt und in die Atmosphäre abgegeben. Das zeigen Messungen an
18 Feuerbergen weltweit.

19 Transporteur gesucht

20 Ob und wie diese Edelgase aber auch wieder recycelt werden - also zurück in den
21 Erdmantel gelangen - war bisher unbekannt. Denn wegen ihrer extremen Reaktionsträgheit
22 lösen sich Edelgase nur sehr schlecht und verbinden sich kaum mit anderen Elementen.
23 "Analysen deuten zwar daraufhin, dass Edelgase irgendwie in den Erdmantel gelangen
24 müssen, aber die Mechanismen dafür waren unklar", erklären Colin Jackson von der Brown
25 University und seine Kollegen. Es fehlte schlicht ein geeignetes Vehikel, das diese
26 bindungsscheuen Gase quasi huckepack in die Tiefe transportieren kann. Auf der Suche
27 nach einem solchen geeigneten "Taxi" nahmen sich die Forscher nun einen in der
28 ozeanischen Erdkruste häufigen Mineraltyp vor, die Amphibole. Diese Silikate machen in
29 der ozeanischen Kruste immerhin durchschnittlich bis zu zwölf Prozent aus, stellenweise
30 sogar die Hälfte.
31 In ihrem Experiment setzten die Forscher verschiedene Amphibolkristalle in
32 Probenkammern, die mit Helium, Neon oder Argon gefüllt waren. Um die Bedingungen bei
33 der Subduktion zu simulieren - dem Absinken der Krustenplatte an einer Plattengrenze -
34 erhöhten die Wissenschaftler dann den Druck bis auf 1,7 Kilobar und erhitzen das Ganze
35 auf bis zu 875 Grad Celsius. Mit Hilfe eines Massenspektrometers maßen sie dann, wie viel
36 Edelgas das Mineral aufgenommen hatte. Das Ergebnis war erstaunlich: "Wir haben eine
37 bemerkenswert hohe Löslichkeit gefunden", erklärt Koautor Stephen Parman von der
38 Brown University. Die Amphibole hatten zwischen tausend und zehntausend Mal mehr
39 Edelgase aufgenommen als jedes andere bekannte Mineral. Diese Affinität könnte dieses
40 Mineral nach Ansicht der Forscher zu einem Transportvehikel für die bindungsscheuen
41 Edelgase prädestinieren.

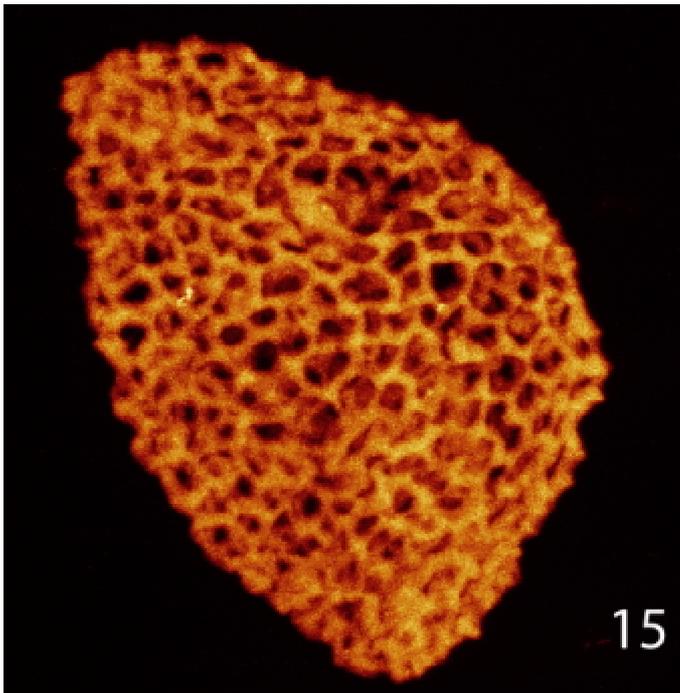
42 Freie Plätze in der Ringstruktur

43 Warum gerade die Amphibole sich als so potente Transporteure erweisen, zeigte ein Blick
44 in ihre Kristallstruktur: Denn diese Silikate bestehen aus einem Gitter aus ringförmig
45 miteinander verknüpften Siliziumoxiden. An bestimmten Stellen in dieser Ringstruktur
46 existieren freie Stellen, in die sich größere Fremdelemente einlagern können. Und genau
47 dort, so postulieren die Forscher, muss auch das Edelgas gebunden werden. Tatsächlich
48 zeigte sich in den Experimenten, dass genau die Amphibol-Varianten besonders viel
49 Helium oder Neon aufnahmen, die die meisten freien Stellen in ihrer Struktur besaßen.
50 "Das ist vermutlich das erste Mal, dass jemand identifiziert, wo genau sich Edelgase in
51 einem Mineral einlagern", sagen Jackson und seine Kollegen. Ihrer Schätzung nach könnte
52 das Amphibol Helium, Neon und Co bis in Tiefen von rund 100 Kilometer bringen. Weiter
53 unten übernehmen dann vermutlich andere Minerale mit einer ähnlichen Ringstruktur den
54 Transport.
55 Wichtig sind die neuen Erkenntnisse nicht nur für die Erklärung, wie das geologische
56 Recycling der Edelgase funktioniert. Sie könnten auch dazu beitragen, die Reise anderer
57 Gase in die Tiefen der Erde künftig genauer erforschen zu können, konstatieren die
58 Forscher abschließend.

Colin Jackson (Brown University, Providence) et al., [Nature Geoscience](https://doi.org/10.1038/NGEO1851), doi: 10.1038/NGEO1851

© wissenschaft.de - [Nadja Podbregar](https://www.wissenschaft.de)
17.06.2013

10. Es blühte früher als gedacht



1 Aufnahme eines fossilen Pollenkorns. Credit: Peter A. Hochuli. P, A and Feist-Burkhardt. S, *Frontiers in Plant Science*, 2 2013.

3 Ein wahrhaft bunter Blumenstrauß: Gemessen an ihrer Artenvielfalt sind die
4 Blütenpflanzen die erfolgreichste Gruppe im Reich der Botanik. Bisher haben
5 Fossilienfunde nahegelegt, dass der blumige Siegeszug in der frühen Kreidezeit,
6 vor etwa vor 140 Millionen Jahren einsetzte. Doch neu entdeckte fossile Pollen
7 attestieren den Blütenpflanzen nun ein um 100 Millionen Jahre höheres Alter. Sie
8 haben sich offenbar bereits im Zeitalter des Trias entwickelt.

9 Man nimmt an, dass sich die Blütenpflanzen aus Vorgängern entwickelt haben, die den
10 heutigen Farnen, Koniferen oder dem bekannten Ginkgo ähnelten. Blüten und Blätter
11 sind filigrane und leicht vergängliche Pflanzenorgane – von ihnen gibt es wenig
12 Versteinerungen. Bei den ältesten bekannten Spuren der Blütenpflanzen handelt es sich
13 deshalb um Pollenkörner. Ihre Fossilien finden sich zahlreich in Gesteinen der frühen
14 Kreidezeit. Deshalb nahm man bisher an, dass die Blütenpflanzen vor etwa 140 Millionen
15 Jahren entstanden sind.

16 Forscher haben außerdem bereits versucht, das Alter der Blütenpflanzen mittels Genom-
17 Studien zu ermitteln. Dabei werden die Mutationsraten bestimmter Gene wie eine Art
18 molekulare Uhr genutzt, um evolutionäre Entwicklungen zeitlich einzuordnen. Doch diese
19 Studien kamen zu keinen klaren Aussagen – die Einordnungen reichten von der
20 Kreidezeit bis zur Trias. Die aktuelle Studie belegt nun durch Funde, dass die Wurzeln
21 der Blütenpflanzen deutlich weiter als bis in die Kreidezeit zurückreichen.

22 Pollen-Fossilien in Bohrkernen aus der Schweiz

23 Bei den neu entdeckten Fossilien handelt es sich um Pollen, die Forscher in Bohrkernen
24 von Gestein aus der Schweiz entdeckt haben, die auf ein Alter von 252 bis 247 Millionen
25 Jahren datiert wurden. Mittels konfokaler Laser -Scanning-Mikroskopie konnten Peter
26 Hochuli und Susanne Feist-Burkhardt von der Universität Zürich die winzigen Gebilde mit
27 hoher Auflösung erkennbar machen. Die dreidimensionalen Aufnahmen offenbarten
28 Pollen von sechs verschiedenen Pflanzenarten. Sie zeigen den Forschern zufolge
29 typische Eigenschaften des Pollen von Blütenpflanzen. Es handelte sich also um direkte
30 Vorfahren dieser Pflanzengruppe.

31 Die Forscher hatten bereits zuvor einmal Hinweise auf Blütenpflanzen-ähnlichen Pollen
32 in Bohrkernen aus der Barentssee entdeckt, die auch aus der mittleren Trias stammen.
33 Das aktuelle Ergebnis rundet dieses Bild nun ab. In der mittleren Trias lagen sowohl die
34 Barentssee als auch das Gebiet der heutigen Schweiz in den Subtropen. Doch die
35 heutige Alpenregion besaß damals ein viel trockeneres Klima als das Gebiet der
36 Barentssee. Das lässt vermuten, dass sich die Vorfahren der Blütenpflanzen damals
37 bereits ein breites Spektrum an Lebensräumen erobert hatten, sagen die
38 Wissenschaftler.

39 Doch wie sahen diese frühen Blüher aus? Diese Frage können die Forscher leider nicht
40 beantworten. Doch die Struktur der Pollen legt ihnen zufolge nahe, dass sie durch
41 Insekten bestäubt wurden. Höchstwahrscheinlich handelte es sich um Käfer, denn die
42 Bienen betraten erst etwa 100 Millionen Jahre später die Bühne der Evolution. Erst dann
43 begann ihre gemeinsame Karriere mit den Blütenpflanzen.

Originalarbeit der Forscher:

- [Frontiers in Plant Science, doi: 10.3389/fpls.2013.00344](https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00344)

© wissenschaft.de – [Martin Vieweg](http://www.vieweg.de)

01.10.2013

11. Geografie prägt Sprachenklang



1 Karte der geografischen Verteilung der Sprachen mit (schwarz) und ohne Ejektiv-Laute (Bild: Everett / PLoS ONE)

2 Lebensweise und Umwelt beeinflussen die Sprache - das ist bekannt. So haben
3 beispielsweise verschiedene Sprachen unterschiedliche Abgrenzungen von Farben und
4 andere Wörter für bestimmte Tiere, Pflanzen oder Körperteile. Jetzt aber zeigt sich: Die
5 Geografie bestimmt auch, wie eine Sprache klingt. Das hat ein US-Forscher beim Vergleich
6 von 567 Sprachen herausgefunden. Demnach nutzen fast alle Menschen, die in
7 Gebirgsregionen und großer Höhe leben, sogenannte Ejektiv-Laute - Konsonanten, die mit
8 einem speziellen Kehlkopf-Laut enden. Verbreitet sind diese Laute beispielsweise in vielen
9 Indianersprachen des amerikanischen Westens, aber auch in den Anden, auf den Hochplate
10 aus Ostafrikas und im Kaukasus. Warum sich diese speziellen Laute in der Höhe entwickelt
11 haben, ist noch nicht klar. Es könnte aber daran liegen, dass die Erzeugung dieser Laute in
12 dünner Luft einfacher ist und zudem Luft und Wasser spart, vermutet der Wissenschaftler.
13 Bei der großen Mehrheit der Sprachen entstehen die Laute, indem Luft aus der Lunge
14 durch die Stimmbänder strömt und von Rachenraum, Zunge und Lippen manipuliert wird. In
15 vielen afrikanischen und indianischen Sprachen aber existieren auch Klicks, Ejektive und
16 andere sogenannte nichtpulmonale Laute. Bei den Ejektiven hebt sich der Kehlkopf und
17 presst die Luft im Rachenraum zusammen. Diese wird dann plötzlich durch den Mund
18 ausgestoßen, die Bewegung des Kehlkopfes dabei erzeugt eine Art Glucks laut. Dabei wird
19 weder ein- noch ausgeatmet.
20 "Bisher war unklar, was die Verteilung solcher Laute in den menschlichen Sprachen
21 bestimmt, man hielt sie für eher zufällig", erklärt Caleb Everett von der University of Miami
22 in Coral Gables.
23 Er ist dieser Frage auf den Grund gegangen und hat dabei gezielt nach einem möglichen
24 Zusammenhang zwischen der Geografie und dem Auftreten von Ejektiv-Lauten in
25 Sprachen gesucht. Seine Vermutung: Es könnte sein, dass ein geringerer Luftdruck, wie er
26 in höheren Lagen der Gebirge typisch ist, die Bildung solcher Ejektiv-Laute begünstigt.
27 Denn dort wird weniger Kraft benötigt, um den Druckunterschied zwischen der Luft draußen
28 und der Luft im Rachen zu erzeugen.

29 Acht Cluster - alle in Gebirgsregionen

30 Für seine Studie analysierte der Forscher 567 Sprachen und prüfte, in welchem Gebiet und
31 vor allem auf welcher Höhe die Menschen leben, die sie sprechen. Dabei stieß er auf einen
32 auffällenden Zusammenhang: Weltweit konzentrieren sich die Sprachfamilien mit Ejektiven
33 in acht Gebieten - und sie alle liegen in Regionen mit hohen Gebirgen oder Hochplateaus.
34 Zwei der größten Cluster, bestehend aus indianischen Sprachfamilien, liegen in den Rocky
35 Mountains und den angrenzenden Gebirgszügen. Ein dritter liegt auf dem Plateau von
36 Colorado, ein vierter im mexikanischen Hochland. Drei weitere Cluster umfassen
37 afrikanische Sprachen, sie konzentrieren sich im Hochland Südafrikas und in den
38 Bergregionen entlang des ostafrikanischen Grabens. In Eurasien gibt es Ejektive in einigen
39 Sprachen des Kaukasus, darunter auch im Georgischen.
40 "Am erstaunlichsten ist die klare Übereinstimmung von Sprache und Lagen von mehr als
41 1.500 Metern Höhe auf dem afrikanischen Kontinent", erklärt Everett. Denn dort machen
42 solche Höhenlagen nur einen sehr kleinen Teil der Landmasse aus - und die Gebirge bilden
43 zudem keine zusammenhängenden Höhenrücken, sondern sind eher Inseln im Flachland.
44 Gerade in Afrika werde aber auch besonders deutlich, dass dieser Zusammenhang über
45 einzelne Sprachfamilien hinausgehe, so der Forscher: Die in den drei dortigen Ejektiv-
46 Clustern gesprochenen Sprachen gehören jeweils ganz verschiedenen Familien an. Das
47 zeige, dass es die Höhe sein müsse, die die Entwicklung solcher Laute in einer Sprache
48 fördere - und das weltweit. Einzige Ausnahme ist die Himalaya-Region: Keine der dortigen
49 Sprachen nutzt Ejektive - warum ist unklar.

50 Ejekta-Laute sparen Luft und Wasser

51 Warum Menschen in großer Höhe eher Ejektiv-Laute nutzen, ist noch unklar. Everett nennt
52 aber gleich zwei mögliche Gründe: Zum einen ist die Erzeugung dieser Laute in dünner Luft
53 leichter. Denn um die Luft so zusammenzupressen, dass die typische Kehlkopfbewegung
54 erfolgt, benötigt man dort weniger Kraft, wie der Forscher erklärt. Es gebe aber auch noch
55 einen zweiten Vorteil: Da die Luft für diese Laute nicht direkt aus der Lunge kommt und der
56 Kehlkopf geschlossen ist, verliert ein Mensch dabei weniger Luft und Wasserdampf als bei
57 einem normalen, mit dem Ausatmen verbundenen Laut. "Allein durch die Atmung verliert
58 ein Mensch immerhin 300 bis 400 Milliliter Wasser pro Tag", sagt Everett. In der trockenen
59 Höhenluft sei die Gefahr einer Austrocknung des Körpers besonders hoch, da könne es
60 sich daher lohnen, Wasserverluste auch über die Sprache zu minimieren.
61 Noch muss die genaue Triebkraft für die Entstehung solcher Ejektiv-Laute näher untersucht
62 werden. "Aber die Ergebnisse der Studie deuten darauf hin, dass ökologische Faktoren die
63 Struktur von Sprachen auf bisher nicht erkannte Weise geformt haben könnten", sagt
64 Everett. Der Beweis dafür sei der klare Zusammenhang zwischen Geografie und Sprache,
65 der jetzt zutage trete.

Caleb Everett (University of Miami, Coral Gables), [PLoS ONE, doi: 10.1371/journal.pone.0065275](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0065275)

© wissenschaft.de - [Nadja Podbregar](https://www.wissenschaft.de)
12.06.2013

12. Rekord im Primaten-Stammbaum



1 Stammbaum der Primaten. Credit: M.A. Klingler/Carnegie Museum of Natural History

2 Ein winziges Wesen plumpste einst in einen See im heutigen China – 55 Millionen Jahre
3 später avancieren seine Überreste nun zur wissenschaftlichen Sensation: Sein gut
4 erhaltenes Fossil repräsentiert den ältesten bekannten Vertreter aus dem Stammbaum der
5 Primaten, zu denen auch der Mensch gehört. Den Untersuchungen eines internationalen
6 Forscherteams zufolge handelt es sich konkret um eine urtümliche Art aus der
7 Entwicklungslinie der heutigen Koboldmakis. Demzufolge hatte sich der Stammbaum der
8 Primaten bereits vor 55 Millionen Jahren verzweigt.

9 Das Fossil stammt von einer Fundstätte in der chinesischen Hubei Provinz, nahe des
10 Jangtse Flusses. Hier gab es vor rund 55 Millionen Jahren einen See, in dessen
11 Sedimenten sich Fossilien besonders gut erhalten haben. Sie sind in die Schichten des
12 Sedimentgesteins eingelagert wie in einen Blätterteig – so auch die Überreste des frühen
13 Primaten. Dadurch hat sich nicht nur sein Skelett erhalten, sondern es gibt auch einen
14 beidseitigen Abdruck des Wesens im Gestein.

15 Die Forscher um Xijun Ni von der Chinese Academy of Sciences in Peking erfassten die
16 Strukturen des Fossils mittels umfangreicher Röntgenaufnahmen. Auf diese Weise musste
17 das filigrane Skelett nicht völlig vom Gestein befreit werden – somit war also eine
18 zerstörungsfreie Untersuchung möglich. Aus den Bildern konnten die Forscher schließlich
19 ein dreidimensionales Computermodell der winzigen Kreatur erzeugen, das genaue
20 anatomische Analysen ermöglichte. „Die dreidimensionalen Scans ließen das Wesen
21 gleichsam wieder auferstehen“, sagt Co-Autor Paul Tafforeau von der European
22 Synchrotron Radiation Facility in Grenoble.

23 Ein spannender Winzling

24 Das 3D-Modell offenbarte schließlich die Eigenschaften des urtümlichen Primaten, den die
25 Forscher *Archicebus achilles* taufen. Er war nur etwa 71 mm groß und sein geschätztes
26 Gewicht betrug 20-30 Gramm. Die spitzen Zähne und der Bau seiner Extremitäten
27 lassen vermuten, dass *Archicebus* von Ast zu Ast hopste, um nach Insekten zu grapschen.
28 Vermutlich war er kein Jäger der Nacht, sondern tagaktiv, vermuten die Forscher anhand
29 der Eigenschaften seiner Augenhöhlen. Bestimmte Aspekte seiner Anatomie legen nahe,
30 dass es sich um einen frühen Vertreter der Entwicklungslinie der Koboldmakis (Tarsiidae)
31 handelte, berichten die Wissenschaftler. Die heutigen Arten kommen auf den
32 südostasiatischen Inseln vor, wo sie mit ihren riesigen Augen nach Nachtinsekten
33 Ausschau halten. Diese Primatengruppe bildet einen Unter-Zweig des Astes der
34 sogenannten Trockennasenprimaten. Dieser gabelt zwischen Tarsiidae und den
35 Anthropoidea, zu denen die Affen und auch der Mensch gehören.

36 Den Vergleichen der Forscher zufolge hat das neu entdeckte Wesen Eigenschaften, die
37 nahelegen, dass die Aufspaltung zwischen diesen beiden Entwicklungslinien vor rund 55
38 Millionen Jahren bereits stattgefunden hatte. „Obwohl *Archicebus* ein Mitglied der
39 Tarsiidae-Linie zu sein scheint, besitzt er auch noch einige Eigenschaften, die ihn mit den
40 Anthropoidea verbinden, darunter seine vergleichsweise kleinen Augen und die Anatomie
41 seiner Füße, erklärt Co-Autorin Marian Dagosto von der Northwestern University in
42 Chicago. Seine geringe Größe weist außerdem darauf hin, dass die frühen Vorfahren im

43 Stammbaum der Primaten allesamt Winzlinge waren, sagen die Forscher.
44 Die ältesten bisher bekannten Vertreter aus der Evolutionsgeschichte der Primaten sind
45 sieben Millionen Jahre jünger als *Archicebus achilles*. Außerdem handelte es sich bei
46 diesen früheren Funden um Wesen, die der Entwicklungslinie der Lemuren zuzuordnen
47 sind. Diese hatte sich bereits früher in der Entwicklungsgeschichte vom Stammbaum der
48 Primaten abgespalten - *Archicebus* steht uns also evolutionär betrachtet näher. Das macht
49 den Winzling so spannend und nun zum Gegenstand vieler weiterer Analysen, sagen die
50 Forscher.

Xijun Ni (Chinese Academy of Sciences, Peking) et al.: [Nature](#), doi:10.1038/nature12200

© wissenschaft.de - [Martin Vieweg](#)
05.06.2013

13. Nahrung als Evolutionsmotor



1 Vormenschen-Schädel (zeilenweise von links nach rechts: Paranthropus bosei, Homo sapiens, Paranthropus aethiopicus,
2 Homo ergaster, Kenyanthropus platyops, Australopithecus anamensis, Homo rudolfensis (Bild: National Museums of Kenya,
3 Mike Hettwer / Yang Deming)

4 Der Spruch: "Du bist, was du isst" passt möglicherweise besser als gedacht: Denn unsere
5 Vorfahren könnten den entscheidenden Schritt hin zum Menschsein tatsächlich einer
6 Erweiterung ihres Speisplans verdanken. Vor rund 3,5 Millionen Jahren wichen einige frühe
7 Vormenschen von der für Primaten typischen Diät aus Früchten, Blättern von Laubbäumen
8 und Kräutern ab. Stattdessen begannen der *Australopithecus afarensis* und andere
9 Zeitgenossen nun, auch Gräser, Seggen und immergrüne Pflanzen zu essen, vielleicht auch
10 das Fleisch von grasfressenden Tieren. Indizien für diesen Wandel der
11 Ernährungsgewohnheiten haben gleich mehrere internationale Forscherteams im
12 Zahnschmelz unserer Vorfahren gefunden. Zum ersten Mal erlauben ihre Ergebnisse einen
13 Überblick über die Nahrungsvorlieben aller frühen Vormenschen - und könnten erhellen,
14 warum nur einige der vielen Vormenschenarten letztlich zu unseren Vorfahren wurden.
15 Pflanzen nutzen drei unterschiedliche Methoden, um mittels Photosynthese neues
16 Baumaterial für ihre Zellen und ihren Stoffwechsel zu erzeugen. Die meisten Laubbäume
17 und Büsche, aber auch Kräuter bezeichnet man in diesem Zusammenhang als sogenannte
18 C3-Pflanzen. Gräser und Getreide gehören dagegen zu den sogenannten C4-Pflanzen,
19 viele immergrüne Gewächse zu den sogenannten CAM-Pflanzen. Unterscheiden lassen
20 sich diese Gruppen anhand der Kohlenstoffvarianten, die sie in ihre Zellen einbauen. Bei
21 Gräsern und Immergrünen ist der Anteil des leichteren Kohlenstoff-Isotops C-13 höher als
22 bei C3-Pflanzen.

23 Spuren des Speiseplans im Zahnschmelz

24 Spannend wird das Ganze, wenn Tiere oder der Mensch diese Pflanzen verzehren. Denn
25 dann wird der mit der Nahrung aufgenommene Kohlenstoff in verschiedenste
26 Körpergewebe und auch den Zahnschmelz eingebaut. Das Verhältnis der Kohlenstoff-
27 Isotope wird dabei mit übernommen - und bleibt auch über Millionen von Jahren hinweg im
28 Zahnschmelz erhalten. "Der Zahnschmelz liefert uns so chemische Information über die
29 Ernährung unserer Vorfahren - fast als ob ihnen ein Stück Essen zwischen den Zähnen
30 hängengeblieben wäre", erklärt Zeresenay Alemseged von der California Academy of
31 Sciences, Koautor von zwei der vier jetzt veröffentlichten Studien.
32 Zum ersten Mal haben Forscher nun diese Isotopendaten für nahezu alle unsere frühen
33 Vorfahren und Vetterern ausgewertet. Sie analysierten dafür Proben von 175 fossilen
34 Vormenschen, die elf verschiedenen Arten angehörten und in der Zeit von vor 4,4 bis vor
35 1,3 Millionen Jahren lebten. Dabei zeigten sich deutliche Unterschiede: Die Zähne der vor
36 mehr als vier Millionen Jahren lebenden Vormenschen *Ardipithecus*
37 *ramidus* und *Australopithecus anamensis* enthielten relativ wenig Kohlenstoff C-13. Das
38 lasse darauf schließen, dass sich diese Vormenschen ernährten wie heute noch die

39 Schimpansen und die meisten anderen Menschenaffen, erklären die Wissenschaftler: Sie
40 aßen fast ausschließlich Früchte und die zarten Blätter von C3-Pflanzen.

41 **Entscheidender Wandel vor 3,5 Millionen Jahren**

42 Vor 3,5 Millionen Jahren aber änderte sich das Bild: "Plötzlich begannen einige dieser
43 Hominiden Dinge zu essen, die sie zuvor nicht aßen", erklärt Matt Sponheimer von der
44 University of Colorado in Boulder, Erstautor einer der vier Studien. Die Zähne der in
45 Ostafrika lebenden Arten *Australopithecus afarensis* - bekannt geworden durch das Fossil
46 "Lucy" – und *Kenyanthropus platyops* enthielten deutlich mehr C-13 als die ihrer
47 Vorgänger. Diese Vormenschen müssen daher neben Früchten und Laubblättern auch
48 Gräser und immergrüne Pflanzen gegessen haben - oder aber sie jagten und aßen Tiere,
49 die zuvor diese Gräser gefressen hatten. Noch sei nicht klar, welche Variante tatsächlich
50 zutrifft, erklären die Forscher. Der Wechsel im Speiseplan stimme aber gut mit Ergebnissen
51 vorhergehender Studien überein, nach denen erst die Bereicherung des Speiseplans mit
52 Fleisch unseren Vorfahren genügend Energie für ein größeres Gehirn verlieh.

53 Vor rund 2,5 Millionen Jahren änderte sich dann der Speiseplan einiger Vormenschenarten
54 erneut: Der besonders robuste und eher grobschlächlige *Paranthropus boisei* und einige
55 seiner Verwandten begannen, sich auf Gräser und immergrüne Pflanze zu spezialisieren,
56 wie der Zahnschmelz zeigt. Nach Ansicht der Forscher erklärt dieser Fund nicht nur die
57 besonders kräftigen Backenzähne und Kiefermuskeln dieser Spezies. Ihr wenig vielseitiger
58 Speiseplan könnte auch der Grund sein, warum diese Vettern unserer direkten Vorfahren
59 vor rund einer Million Jahren ausstarben.

60 "Die Ernährung ist der wichtigste Einflussfaktor für den Stoffwechsel, das Verhalten und die
61 Wechselwirkung eines Lebewesens mit seiner Umwelt", erklärt Alemseged. Das neue
62 Wissen über die Ernährung unserer Vorfahren liefere daher auch wertvolle neue Einblicke
63 in die Mechanismen, die einst unsere Entwicklung vorantrieben.

Matt Sponheimer (University of Colorado, Boulder) et al., Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS), [doi: 10.1073/pnas.1222579110](https://doi.org/10.1073/pnas.1222579110);

[doi: 10.1073/pnas.1222559110](https://doi.org/10.1073/pnas.1222559110);

[doi: 10.1073/pnas.1222568110](https://doi.org/10.1073/pnas.1222568110);

[doi: 10.1073/pnas.1222571110](https://doi.org/10.1073/pnas.1222571110)

© wissenschaft.de - [Nadja Podbregar](mailto:Nadja.Podbregar@wissenschaft.de)
03.06.2013

14. Klimafaktor Kontinentaldrift

1 Pinguine, Eiswüsten und gewaltige Gletscher: Frost hat die gesamte Antarktis fest im Griff –
2 doch das war nicht immer so: Einst besaß der südliche Kontinent ein gemäßigtes Klima und
3 üppiges Leben. Die treibende Kraft hinter der der Abkühlung vor etwa 49 Millionen Jahren
4 war die Verschiebung der Erdplatten, berichtet nun ein internationales Forscherteam. Am
5 Anfang stand demnach der Bruch eines Dammes: Als Australien den Norden driftete, brach
6 die Landbrücke zur Antarktis und verschaffte damit dem antarktischen Zirkumpolarstrom
7 freie Bahn, der den Südkontinent bis heute kalt hält. Dies wirkte sich auf das gesamte
8 Weltklima aus und beendete die damalige Warmzeit.

9 „Zwar war bekannt, dass Australien und die Antarktis seit etwa 80 Millionen Jahren vor heute
10 langsam aber unaufhaltsam auseinander driften“, sagt der Hauptautor der Studie Peter Bijl
11 von der Universität Utrecht. „Wir wussten bislang aber nicht, wie genau das verlief und wie
12 die Bewegungen der Erdplatten die Meeresströmungen in dieser Region beeinflussten.“
13 Indizien für die tektonisch ausgelösten Umwälzungen lieferten nun fossile Überreste
14 einzelliger Algen. Das Forscherteam hatte sie durch Bohrungen auf beiden Seiten der
15 ehemaligen Landbrücke zwischen Australien und der Antarktis aus dem Meeresgrund
16 gefördert.

17 Geburt eines kalten Isolationsbandes

18 Vor etwa 50 Millionen Jahren waren Australien und die Antarktis durch eine schmale
19 Landbrücke verbunden – ähnlich wie heute Nord- und Südamerika. Kernstück dieser
20 Verbindung war die heutige Insel Tasmanien. Die Artenzusammensetzung der Algen bot
21 vor der Öffnung der tasmanischen Landbrücke ein deutlich anderes Bild als danach,
22 ergaben die Untersuchungen der Bohrkern. „Ab 49 Millionen Jahre vor heute ähnelt sich
23 die Artenzusammensetzung in den Proben auf beiden Seiten der tasmanischen
24 Landbrücke“, sagt Co-Autorin Ursula Röhl vom Zentrum für Marine Umweltwissenschaften
25 der Universität Bremen. „Wir sehen darin ein Indiz, dass die Meeresströmungen nicht mehr
26 aufgehalten wurden.“ Als das Wasser ungehindert vom Südpazifik in den südlichen
27 Indischen Ozean strömen konnte, war der antarktische Zirkumpolarstrom geboren. Er
28 isolierte die Antarktis fortan von den wärmeren Regionen weiter nördlich.

29 Die Folgen waren eisig: Der Südkontinent begann zunehmend abzukühlen. Das konnten
30 die Wissenschaftler mit Hilfe von Molekularanalysen an Mikroorganismen und Pollen aus
31 dem erbohrten Probenmaterial ebenfalls belegen. Diese Untersuchungen zeigen, dass ab
32 vor etwa 49 Millionen Jahren sowohl die Oberflächentemperaturen des Südpolarmeers als
33 auch die Lufttemperaturen über der Antarktis sanken, erklären die Forscher. Das Ende des
34 damaligen Treibhausklimas war damit eingeleitet. Einige Millionen Jahre später bildeten
35 sich dann die ersten antarktischen Gletscher, die dann zum Kontinent weiten Inlandeis
36 zusammen wuchsen, das die Antarktis heute prägt.

Peter Bijl (Universität Utrecht) et al.: [PNAS, doi: 10.1073/pnas.1220872110](https://doi.org/10.1073/pnas.1220872110)

© wissenschaft.de - www.wissenschaft.de - [Martin Vieweg](http://www.martin-vieweg.de)

28.05.2013

15. Tischmanieren zur Dino-Zeit



1 Muskeln an der richtigen Stelle: Seine ungewöhnliche Nackenmuskulatur ermöglichte es Allosaurus, wie ein Falke auf seine
2 Beute herabzustoßen. Bild: WitmerLab, Ohio University

3 Sie waren entfernte Cousins, glichen sich aber im Aussehen fast wie Brüder: der gigantische
4 Tyrannosaurus rex und der etwas zierlichere Allosaurus, der allerdings viele Millionen Jahre
5 früher lebte. Was jedoch ihre Tischmanieren angeht, waren sich die beiden Raubsaurier
6 wohl weniger ähnlich, hat jetzt ein US-Paläontologenteam gezeigt: Während T. rex seine
7 Beutetiere nämlich brutal schüttelte, pflegte sein kleinerer Cousin einen eher eleganten Stil –
8 er pflückte das Fleisch wie ein Falke vom Knochen.

9 Der gigantische Tyrannosaurus packt mit seinen riesigen Zähnen fest zu und wirft seinen
10 massigen Kopf mehrmals von rechts nach links. Durch das Schütteln löst sich irgendwann
11 ein Fleischstück von seiner Beute, das der Raubsaurier dann gierig verschlingt – ähnlich,
12 wie es auch heute noch die Krokodile tun. Doch war, was für T. rex galt, die Regel am
13 Dino-Futterplatz? Vor allem bei Raubsauriern wie dem Allosaurus, dessen Gestalt der von
14 T. rex stark ähnelte, waren Paläontologen bisher davon ausgegangen, dass er sich bei
15 Tisch genauso verhielt wie sein berühmter Cousin.

16 Big Al im Computertomographen

17 Die Antwort auf diese Frage lieferte jetzt der 150 Millionen Jahre alte "Big Al",
18 beziehungsweise ein Abguss vom Schädel dieses berühmten Allosaurus-Skeletts, das
19 schon als Hauptdarsteller in einer BBC-Produktion brillierte. Diesmal musste die
20 Nachbildung in einen Computertomographen, wo ihre Knochenstruktur genau gescannt und
21 anschließend in ein dreidimensionales Modell im Computer überführt wurde. Damit konnten
22 der Paläontologe Eric Snively von der Ohio University und seine Kollegen dann
23 verschiedene Szenarien durchspielen, bei denen sie die Ansatzpunkte der Muskeln, die
24 Dichte von Knochen und Gewebe, Positionen von Hohlräumen im Schädel sowie Luftröhre
25 und den Bewegungsradius der verschiedenen Gelenke variierten beziehungsweise so
26 genau wie möglich rekonstruierten. Die Basis für diese Werte war vor allem die Anatomie
27 der heute noch lebenden Verwandten und Nachfahren der Dinos, die Vögel und die
28 Krokodile.

29 Dabei fand das Team einen wesentlichen Unterschied zwischen Big Als Bauplan und dem
30 von T. rex, den Snively bereits aus früheren Untersuchungen kannte: die Position eines
31 entscheidenden Muskels im Hals namens Musculus longissimus capitis superficialis. Bei T.
32 rex und Co erstreckt er sich von der Seite des Halses bis zu einer knöchernen, flügelartigen
33 Struktur am hinteren äußeren Ende des Schädels. "Dieser Halsmuskel fungiert wie ein
34 Reiter, der die Zügel am Zaumzeug eines Pferdes anzieht", erläutert Studienleiter Snively.
35 "Wenn sich der Muskel an einer Seite zusammenzieht, bewegt er den Kopf in diese
36 Richtung. Ziehen die Muskeln an beiden Seiten, bewegt sich der Kopf gerade nach
37 hinten."

38 Knackpunkt Nackenmuskulatur

39 Bei Allosaurus sei dieser Muskel dagegen sehr viel tiefer am Schädel befestigt gewesen,
40 berichtet der Paläontologe. Das heißt: "Allosaurus war da einzigartig ausgestattet, denn er
41 konnte seinen Kopf tief in seine Beute hineinstoßen, ihn dort halten und ihn dann sehr
42 schnell gerade nach oben und hinten ziehen, indem er seinen gesamten Körper bewegte.
43 Dabei riss er Fleisch aus dem Beutestück – ähnlich wie ein Bagger die Erde aufreißt",
44 illustriert Snively. Eine derartige Technik kenne man heute von kleinen Greifvögeln wie
45 etwa Turmfalken.

46 Der zweite Unterschied zwischen Allosaurus und Tyrannosaurus: Allosaurus hatte einen
47 ungleich leichteren Kopf als sein größerer Cousin. Das brachte ihm deutliche Vorteile, sind
48 die Wissenschaftler überzeugt: Zusammen mit der besseren Beweglichkeit des
49 Kopfbereichs dank des anders angesetzten Muskels war er sehr viel flexibler, was seine
50 Jagdstrategien anging. Er konnte beispielsweise den Kopf sehr schnell hin und her drehen
51 und praktisch mitten in dieser Bewegung zustoßen. Der große, schwere Kopf von
52 Tyrannosaurus erlaubte das nicht – das Trägheitsmoment während einer Drehbewegung
53 war einfach zu stark.

54 **Pirouetten mit Bowlingkugeln in der Hand**

55 Man könne sich den Unterschied am besten am Beispiel einer Eiskunstläuferin vorstellen,
56 die eine Pirouette dreht, so Snively: Die Bewegungsmuster von Allosaurus glichen dabei
57 den rasanten Drehungen, die der Sportlerin gelingen, wenn sie ihre Arme dicht an den
58 Körper zieht. Um sich so träge wie T. rex zu bewegen, müsste sie dagegen die gleiche
59 Drehung mit ausgestreckten Armen durchführen – und dabei noch in jeder Hand eine
60 Bowlingkugel halten. Allerdings hatte die Leichtigkeit von Allosaurus laut Snively nicht nur
61 Vorteile: Sie ging zu Lasten der Kraft, die der Dino mit seinem Kopf ausüben konnte. Also
62 musste er, um Fleisch von einem Kadaver reißen zu können, seinen gesamten Körper
63 einsetzen, während T. rex dafür seine gewaltigen Nackenmuskeln ausreichten.

Eric Snively (Ohio University, Athens) et al.: [Palaeontologia Electronica, Vol. 16, Issue 2: 11A 29p](#)

© wissenschaft.de – [Ilka Lehnen-Bevel](#)
21.05.2013

Erde und Weltall - Geowissenschaften

16. Heißes Zentrum

0 Aufbau der Erde: Unter

1 Kruste und Mantel folgen erst der flüssige äußere, dann der feste innere Kern (Bild: Thinkstock)

2 Im Zentrum unseres Planeten herrschen alles andere als milde Bedingungen: Der Druck ist
3 dort mit rund drei Millionen Atmosphären so stark, dass das Eisen des inneren Erdkerns trotz
4 enormer Hitze nicht schmilzt. Wie heiß es dort allerdings genau ist, blieb bisher unklar - ein
5 vor 20 Jahren durchgeführtes Experiment kam auf deutlich niedrigere Werte als die
6 theoretischen Berechnungen. Mehr Klarheit liefert jetzt ein erneuter Versuch französischer
7 Forscher. Sie korrigieren den früheren Messwert um tausend Grad nach oben und tragen
8 damit dazu bei, Theorie und Beobachtungen zu versöhnen.

9 Er ist die Triebkraft und der Motor unseres Planeten: Ohne den Erdkern, gegliedert in einen
10 festen inneren und einen flüssigen äußeren Teil, hätte die Erde kein schützendes
11 Magnetfeld, keine Vulkane und auch keine driftenden Kontinentalplatten. Denn erst die
12 Bewegung des flüssigen Eisen-Nickel-Gemischs um den festen Innenkern und der große
13 Hitzesprung vom Kern zum darüber liegenden Erdmantel lässt diese Phänomene
14 entstehen. Aus Modellen geht hervor, dass im äußeren Erdkern Temperaturen von
15 mindestens 4.000 Kelvin herrschen müssen und ein Druck von mehr als 1,3 Millionen
16 Atmosphären. Weiter innen aber, im Zentrum des Planeten, wird es noch extremer. Aus
17 indirekten Messungen mit Hilfe von Erdbebenwellen geht hervor, dass dort wahrscheinlich
18 ein Druck von rund 3,3 Millionen Atmosphären (330 Gigapascal) herrscht.

19 "Wie heiß es dort ist, lässt sich durch diese Messungen aber nicht ermitteln", erklären
20 Simone Anzellini vom französischen Commissariat für Energieforschung in Arpajon und ihre
21 Kollegen. Doch genau diese Temperatur ist entscheidend für nahezu alle Modelle der
22 geophysikalischen Prozesse, an denen der Erdkern beteiligt ist. Unter anderem deshalb
23 haben zahlreiche Forschergruppen bereits versucht, diesen Wert theoretisch,
24 beispielsweise durch thermodynamische Modellierung zu berechnen.

25 Ein anderer Ansatz ist es, die Bedingungen im inneren Erdkern im Labor nachzubilden und
26 zu prüfen, ab wann Eisen bei einem Druck wie im inneren Kern schmilzt. Dabei war es
27 bisher allerdings schwer, den genauen Schmelzpunkt akkurat zu bestimmen, was die
28 Messungen ungenau machte. Unter anderem deshalb lieferten sowohl theoretische als
29 auch praktische Studien bisher stark voneinander abweichende Ergebnisse. "Die
30 geschätzten Werte schwanken zwischen 4850 und 7.600 Kelvin", so die Forscher.

31 Eisenklümpchen in der Diamantpresse

32 Um hier mehr Klarheit zu schaffen, führten Anzellini und ihre Kollegen nun ein
33 Laborexperiment durch, bei dem sie eine neue Technik nutzten, um den Schmelzpunkt des
34 Eisens genauer als bisher möglich zu bestimmen. Dafür legten sie ein winziges Klümpchen
35 Eisen genau zwischen die Spitzen zweier Diamantstempel - nur dieses Material ist hart
36 genug, um den gewaltigen Drücken zu widerstehen. Beide Diamantspitzen wurden dann
37 langsam immer stärker zusammengedrückt, bis der Druck zwischen ihnen mehr als zwei
38 Millionen Atmosphären entsprach. Ein Laserstrahl heizte währenddessen das in einer
39 isolierten Probenkammer installierte Ensemble auf Temperaturen von 3.000 bis 5.000
40 Kelvin auf. Ziel war es, genau die Hitze zu finden, bei der das Eisenklümpchen unter dem
41 jeweiligen Druck anfang zu schmelzen.

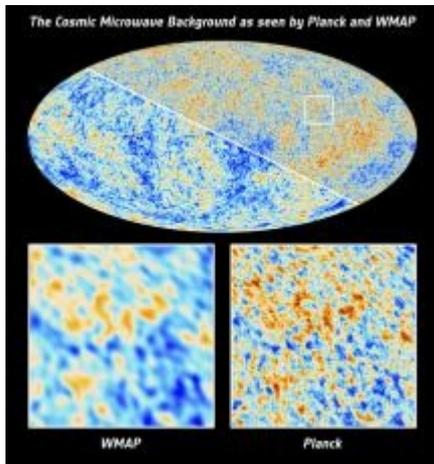
42 Und genau an diesem Punkt kam nun die Neuerung ins Spiel: Die Forscher nutzten einen
43 ultrafeinen Röntgenstrahl, um die Struktur des Eisens zu beobachten. Anhand des
44 Beugungsmusters der Strahlen konnten sie fast bis auf die Sekunde genau feststellen,
45 wann sich die Anordnung der Eisenatome änderte und sie vom kristallinen zum flüssigen
46 Zustand übergingen. Das Ergebnis: Bei 2,2 Millionen Atmosphären Druck lag der
47 Schmelzpunkt des Eisenklümpchens bei rund 4.800 Kelvin - höher kommen die
48 Apparaturen nicht. Doch anhand der ermittelten Messkurven für verschiedene Drücke und
49 Temperaturen konnten die Forscher auf die Bedingungen der Grenze zwischen innerem
50 und äußerem Erdkern hochrechnen. Sie kamen dabei auf 6.230 Kelvin - mit möglichen
51 Abweichungen von 500 K nach oben oder unten.

52 "Unser Wert liegt damit rund 1.000 Kelvin höher als der vorheriger Experimente",
53 konstatieren Anzellini und ihre Kollegen. Er passe damit deutlich besser zu den bisherigen
54 theoretischen Berechnungen und enge die Spannbreite der möglichen Kerntemperaturen
55 weiter ein. Auch mit den Modellen zum Wärmetransport vom Kern zum unteren Erdmantel
56 stimmt der neue Wert gut überein und liefert daher eine gute Basis für weitere
57 Untersuchungen.

Simone Anzellini (Commissariat à l'Energie Atomique, Arpajon) et al., [Science](https://doi.org/10.1126/science.1233514), doi: [10.1126/science.1233514](https://doi.org/10.1126/science.1233514)

© wissenschaft.de - [Nadja Podbregar](mailto:nadja.podbregar@wissenschaft.de)
26.04.2013

17. Das neue Bild des alten Universums



1 Das neue Bild der Kosmischen Hintergrundstrahlung, aufgenommen vom europäischen Planck-Satellit (erste 15,5 Monate
2 der Messungen), im Vergleich zum bisher besten Bild, das der NASA-Satellit WMAP innerhalb von neun Jahren aufnahm.
3 Die Planck-Daten haben eine rund zehnmal größere Präzision und enthalten weniger Störsignale und Messfehler.
4 (Copyright: ESA, Planck Collaboration / NASA, WMAP Science Team)

5 Ein großer Tag für die Menschheit! Heute Morgen um 10.15 Uhr wurden in Paris die Daten
6 der Raumsonde Planck zur Kosmischen Hintergrundstrahlung vorgestellt. Es sind die
7 genauesten Messungen dieser den ganzen Weltraum ausfüllenden Mikrowellen-Strahlung,
8 die es jemals in der menschlichen Geschichte gegeben hat. Und sie verraten die
9 grundlegenden Kennziffern unseres Universums. Aber sie haben auch beunruhigende neue
10 Rätsel aufgeworfen.

11 Die 2009 gestartete Raumsonde Planck der Europäischen Raumfahrtagentur ESA besitzt
12 die präzisesten Instrumente zur Messung des „Babyfotos“ unseres Universums, die jemals
13 entwickelt wurden. In neun verschiedenen Frequenzbändern zwischen 30 und 857
14 Gigahertz registrierten die beiden auf fast 0 Kelvin (genauer: ein Millionstel Grad über 0)
15 gekühlten Detektoren LFI und HFI die Mikrowellenstrahlung vom gesamten Himmel.

16 In jahrelanger Arbeit haben die Wissenschaftler diese Daten der ersten 15,5 Monate
17 Messzeit nun ausgewertet und die störenden Vordergrundsignale von der Milchstraße und
18 anderen Galaxien herausgerechnet, etwa die Wärmestrahlung von kosmischem Staub. Das
19 Ergebnis ist die genaueste Himmelskarte der Kosmischen Hintergrundstrahlung, die es
20 überhaupt gibt – rund zwanzig Mal präziser als die bisher beste Gesamthimmelskarte
21 dieser Art (2003 von der NASA-Raumsonde WMAP erstmals veröffentlicht und seither noch
22 mehrfach präzisiert).

23 Und dieses Fossil des frühen Universums, 380.000 Jahre nach dem Urknall entstanden,
24 hat es in sich! George Efstathiou von der University of Cambridge, der die Daten auf einer
25 Pressekonferenz in Paris vorstellte, sprach von einer „Goldmine der Information“ und
26 meinte, er kenne Kosmologen, die ihre Kinder dafür gegeben hätten, um die neue
27 Himmelskarte so schnell wie möglich zu erhalten.

28 Nun sind die Planck-Daten – die Himmelskarte ist nur ein Teil davon – für jeden frei
29 zugänglich. Das Planck-Team hat 29 Fachartikel mit zusammen vielen 100 Seiten ins Web
30 gestellt. Sie werden in der Zeitschrift Astronomy and Astrophysics erscheinen.

31 **Das Alter der Welt: 13,8 Milliarden Jahre**

32 Aus den Planck-Daten lässt sich der Wert der Hubble-Konstante errechnen. Sie beschreibt
33 die Ausdehnungsrate des Weltraums heute. Der neue Wert: 67,3 plus/minus 1,2 Kilometer
34 pro Sekunde und Megaparsec. Daraus lässt sich – unter bestimmten mehr oder weniger
35 gut etablierten Annahmen – das Weltalter erschließen.

36 Ergebnis: Wir leben heute 13,81 Milliarden Jahre nach dem Urknall. Dieser Wert ist nun auf
37 plus/minus 50 Millionen Jahre genau bekannt – eine Präzision, die noch vor einem

38 Jahrzehnt utopisch erschien. Der neue Wert ist geringfügig höher als der bisherige. „Jeder
39 von uns ist etwa 100 Millionen Jahre älter als gedacht“, scherzte Efstathiou.
40 Dass die Hubble-Konstante laut Planck niedriger ist als in den bislang favorisierten Werten
41 (um 70) gehört zu den spannendsten und schwierigsten Resultaten. Denn nun gibt es
42 Spannungen zwischen den kosmologischen und den astrophysikalischen Messungen
43 (mithilfe von Sternexplosionen und so weiter). Womöglich müssen die astrophysikalischen
44 Annahmen und Modelle modifiziert werden. Hier ist noch viel Spielraum für
45 Verbesserungen! Aber vielleicht gibt es auch irgendwelche systematischen Fehler - bei
46 Planck oder anderswo -, die die Forscher narren.
47 (Nebenbemerkung: Interessanterweise sprach die wenige Minuten später von der ESA
48 veröffentlichte Pressemitteilung von einer Hubble-Konstanten von 67,15 und einem
49 Weltalter von 13,82 Milliarden Jahren – was aber so nicht dem veröffentlichten Fachartikel
50 übereinstimmt. Doch die Sache ist ohnehin diffiziler: Es kommt darauf an, mit welchen
51 Modellen man die Planck-Daten analysiert und ob man weitere astronomisch Daten dabei
52 berücksichtigt - und wenn ja: welche und mit welcher Gewichtung. Über diese Details wird
53 es noch lange Diskussionen geben. Fest steht aber: Das Weltalter ist genauer bekannt
54 denn je, und die Diskussionen betreffen jetzt den Prozent- und Promillebereich, während
55 noch vor 15 Jahren Weltalter von 11 bis über 30 Milliarden Jahren im Gespräch waren!)

56 Die Bestandteile der Welt

57 Auch die Zusammensetzung des Universums ist nun noch genauer bekannt. Es besteht zu
58 68,3 Prozent aus der ominösen Dunklen Energie (die die Ausdehnung des Alls seit sechs
59 Milliarden Jahren beschleunigt), aus 26,8 Prozent Dunkler Materie (vermutlich unbekannte
60 Elementarteilchen, die nicht elektromagnetisch wechselwirken) und lediglich aus 4,9
61 Prozent gewöhnlicher Materie (Protonen, Neutronen und Elektronen). Nur über diesen
62 winzigen Anteil, aus dem wir selbst bestehen, wissen wir wirklich Bescheid; das Gros des
63 Universums ist rätselhaft.
64 Die zuvor besten Werte waren 72,8 Prozent Dunkle Energie, 22,7 Dunkle Materie und 4,5
65 gewöhnliche Materie. „Wir verstehen jetzt also ein bisschen mehr vom Universum“,
66 schmunzelte Efstathiou, weil der Prozentsatz der gewöhnlichen Materie etwas größer
67 ausfiel und der Anteil der Dunklen Energie ein wenig geringer ist als bislang angenommen.

68 Wichtige Details - und drei Familien

69 Die mittlere Materiedichte des Universums beträgt laut Planck 0,315 plus/minus 0,017 (1
70 markiert die sogenannte kritische Dichte, die eine flache Geometrie beschreibt, den
71 Grenzfall zwischen einer sphärischen und einer hyperbolischen, das heißt einer positiven
72 und einer negativen Krümmung).
73 Da die Gesamtenergiedichte auf ein Prozent genau 1 betragen dürfte, wie die
74 Hintergrundstrahlung verrät, wird das All anscheinend von der ominösen Dunklen Energie
75 dominiert. Sie addiert sich zum Wert der Materiedichte und ergibt die 1. Alle kosmischen
76 Ingredienzen zusammen ergeben somit eine „flache“ Geometrie – quasi der einfachste Fall,
77 jedenfalls aus mathematischer Sicht.
78 Plancks Daten sind vereinbar mit der Hypothese, dass die Dunkle Energie die schon von
79 Albert Einstein eingeführte Kosmologische Konstante ist. Das wäre die simpelste Erklärung
80 – und eine, die in der Allgemeinen Relativitätstheorie einen festen Platz hat.
81 Noch ein wichtiger Nebenaspekt für die Teilchenphysik: Die Planck-Daten lassen auch
82 darauf schließen, dass es keine vierte Familie der Neutrinos – und mithin der gesamten
83 Elementarteilchen der Materie – gibt. Drei Familien sind bekannt und bilden das
84 Standardmodell der Elementarteilchen. Die Suche nach einer weiteren Familie verlief mit
85 Teilchenbeschleunigern bislang erfolglos. Die Schützenhilfe der Kosmologen besagt nun:
86 Das Universum hält es mit dem Sprichwort „Aller guten Dinge sind drei“.
87 Auch eine obere Massengrenze für die Summe der Einzelmassen der drei Neutrino-Typen
88 hat Planck geliefert: 0,23 Elektronenvolt. Neutrinos sind also extrem leicht und tragen fast
89 nicht zur Materiedichte des Universums bei.

90 Kosmische Aufblähung

91 Die Planck-Daten stimmen auch erstaunlich gut mit den einfachsten Modellen der
92 Kosmischen Inflation überein. Diesem Szenario zufolge hat sich das Weltall sofort nach
93 dem Urknall exponentiell aufgebläht (sogar überlichtschnell, was kein Widerspruch zur
94 Relativitätstheorie ist, denn die Inflation betraf den Raum selbst, nicht Bewegungen im

95 Raum). Und genau deshalb erscheint es geometrisch „flach“ – eine anderweitig extrem
96 unwahrscheinlich anmutende Tatsache.

97 Zum Szenario der Inflation gibt es Hunderte von verschiedenen Modellen. Es ist ein
98 Riesenerfolg, dass ein großer Teil davon durch die neuen Daten jetzt schon
99 ausgeschlossen werden können. Aber auch, dass sich die Grundidee, die schon über 30
100 Jahre alt ist, noch immer glänzend bewährt.

101 Tatsächlich wurde sogar eine weitere Voraussage bestätigt: Dass eine Größe namens
102 „slope“ oder Spektralindex im sogenannten Winkelleistungsspektrum der
103 Temperaturverteilung der Kosmischen Hintergrundstrahlung kleiner als 1 ist. Plancks
104 Messung: 0,9585 plus/minus 0,007. Allein über diese Zahl werden in den nächsten
105 Monaten Dutzende von Fachartikeln geschrieben werden (sagt der bdw-Astronomie-
106 Redakteur voraus).

107 „Wir haben den Wert mit sechs Standardabweichungen gemessen. Das sagt etwas über
108 die Dynamik des frühen Universums aus“, betonte Efstathiou. „Wenn ich
109 Inflationskosmologe wäre, dann wäre ich jetzt sehr froh.“

110 Ein fast perfektes Universum

111 Das kosmologische Standardmodell, das sich seit 1998 etabliert hat, und das seit etwa
112 2003 auf festen Beinen steht, haben die Planck-Daten nun glänzend bestätigt. Das ist ein
113 gewaltiger Erfolg!

114 Nach wie vor lässt sich unser Universum kosmologisch mit nur sechs Parameter sehr
115 präzise beschreiben. (Zum Vergleich: Im Standardmodell der Teilchenphysik sind rund 30
116 nicht weiter ableitbare "Kennziffern" nötig, etwa zu den Massen der verschiedenen
117 Teilchen und der Stärke ihrer Wechselwirkungen.) Und das Standardmodell der
118 Kosmologie, das auf diesen Parametern basiert, wurde nun von Planck im wesentlichen
119 bestätigt. Wir leben also wirklich im Zeitalter der Präzisionskosmologie. (Manch ein
120 Forscher hätte sich natürlich große Überraschungen an dieser Stelle gewünscht und ist
121 nun etwas enttäuscht.)

122 „Die Daten von Planck passen extrem gut zum Standardmodell der Kosmologie“, meinte
123 auch Torsten Enßlin. Er leitet die am Max-Planck-Institut für Astrophysik in München
124 angesiedelte deutsche Beteiligung an der Planck-Mission. „Die kosmologischen
125 Parameter konnten mit Planck jetzt so genau bestimmt werden wie nie zuvor. Und unsere
126 Analyse bestand mit Bravour alle Tests gegenüber diversen anderen astronomischen
127 Beobachtungen.“

128 Nicht alles passt!

129 „Wir könnten hier aufhören und sagen, das sei eine extrem gute Übereinstimmung. Und
130 mit dem Riesenerfolg sei die Kosmologie im Grunde beendet“, fuhr Efstathiou fort. „Aber
131 es gibt kleine Abweichungen vom Standardmodell“. Efstathiou spricht deshalb von einem
132 „fast perfekten Universum“ – ganz perfekt wäre es, wenn das kosmologische
133 Standardmodell hundertprozentig gepasst hätte. Das tut es aber nicht. Und die
134 Abweichungen sind hochinteressant für die Kosmologen.

135 „Die Abweichungen müssen wir kritisch begutachten. Denn hier verbirgt sich vielleicht ein
136 Hinweis auf eine neue Physik.“

137 Man könnte auch von einem Problem für das Standardmodell sprechen. Und dafür gab es
138 schon früher mehrere Hinweise (bild der wissenschaft hat darüber immer wieder
139 ausführlich berichtet, etwa in den Heften 9/2008, 5/2010 und 9/2011).

140 Diverse Überraschungen

141 Zu den überraschendsten Resultaten gehört die Tatsache, dass die
142 Temperaturschwankungen der Hintergrundstrahlung auf großen Winkelskalen geringer
143 sind als vom kosmologischen Standardmodell vorhergesagt. Das war schon früher
144 gemessen worden, aber weniger genau, und manche Kosmologen versuchten es als
145 Messfehler abzutun. Doch diese seltsame Eigenschaft des Universums ist anscheinend
146 real.

147 Ebenfalls verblüffend: Die Durchschnittstemperaturen beziehungsweise

148 Fluktuationmuster an entgegengesetzten Himmelshälften sind asymmetrisch. Dies
149 widerspricht der Annahme, dass das Universum im großen Maßstab überall gleich
150 aussieht.

151 „Es scheint, als gäbe es eine Vorzugsrichtung“, sagte Efstathiou. „Das ist sehr seltsam.
152 Und sie liegt auch noch in der ekliptischen Ebene“ – sie korreliert also ungefähr mit der
153 Bahnebene der Erde um die Sonne. Doch warum sollte das Sonnensystem etwas mit den
154 grundlegenden Eigenschaften des Universums als Ganzes zu tun haben? „Das ist ein
155 vollständiges Rätsel.“

156 Darüber hinaus erstreckt sich ein kalter Fleck über ein Areal am Himmel, das wesentlich
157 größer ist als erwartet. Diese Region mit unterdurchschnittlicher Temperatur weist auf ein
158 riesiges „Loch“ im All hin, einer viele 100 Millionen Lichtjahre großen Region, in der es fast
159 keine Materie gibt. Auch das haben frühere Messungen schon angezeigt, sie waren aber
160 umstritten.

161 **Andere Universen und eine Zeit vor dem Urknall?**

162 „Die eindeutige Erfassung dieser Anomalien durch Planck lässt keine weiteren Zweifel an
163 ihrer Existenz zu. Sie können nun nicht mehr als Messfehler betrachtet werden. Wir
164 müssen sie als Tatsachen hinnehmen und nun nach einer plausiblen Erklärung suchen“,
165 betonte Paolo Natoli von der italienischen Universität Ferrara.

166 Zu diesen Effekten gibt es zwar spekulative Erklärungsansätze. Sie weisen jedoch alle
167 über das kosmologische Standardmodell hinaus.

168 Vielleicht ist unser Universum nicht typisch, aber auf größeren Skalen – also hinter dem
169 Horizont dessen, was wir beobachten können – ist es doch überall gleichförmig. Dann
170 hätten wir zufällige Abweichungen vor Augen.

171 Oder es gibt großräumige Unterschiede in der Materieverteilung. Aber dann sind viele
172 Modelle der Kosmischen Inflation in Schwierigkeiten, die eine gigantische
173 „Gleichverteilung“ voraussagen – und ja gerade angetreten sind, um diese zu erklären.

174 Oder es gibt gleichsam „Abdrücke“ anderer Universen, die mit unserem interagiert hatten
175 – vielleicht schon vor dem Urknall. Es könnte auch sein, dass der Urknall eben kein
176 absoluter Anfang der Welt war, der Beginn von Raum und Zeit, sondern ein Übergang.
177 Vielleicht ist ein Vorgänger-Universum kollabiert und hat so den Urknall ausgelöst. Und
178 die Seltsamkeiten der Kosmischen Hintergrundstrahlung sind quasi Spuren dieser Phase
179 vor dem Urknall – kosmische Erinnerungen.

180 Überhaupt ist die Vorstellung von anderen Universen in den letzten Jahren unter vielen
181 Kosmologen attraktiv geworden. Und diese Ideen sind durchaus wissenschaftlich seriös,
182 auch wenn das immer wieder bezweifelt wurde.

183 **Neue Daten und rigorose Tests**

184 Jede neue Erkenntnis wirft auch viele neue Fragen auf. Das ist ein Indiz für den
185 wissenschaftlichen Fortschritt. Die neuen Planck-Daten werden Kosmologen über Jahre
186 beschäftigen. Es gibt so schnell nichts Besseres auf dem Markt.

187 Aber Plancks Datenfülle jetzt ist erst der Anfang. Viele weitere Messungen sind noch nicht
188 ausgewertet. Der öffentlich zugängliche Datensatz wird sich in nächster Zeit verdoppeln.
189 Und die Messungen zur Polarisierung der Kosmischen Hintergrundstrahlung sind auch
190 noch nicht veröffentlicht. Das kann gut ein weiteres Jahr Arbeit bedeuten. Diese
191 Messungen sind aber „im Kasten“, wie der Planck-Wissenschaftler Jean-Loup Puget
192 sagte. Und sie sind sehr vielversprechend, testen sie doch die Modelle der Kosmischen
193 Inflation sowie konkurrierende Erklärungsansätze. Diese für 2014 versprochene Daten
194 werden mit Sicherheit zu einem weiteren Hypothesen-Sterben führen und zu neuen,
195 besseren Erklärungsansätzen.

196 Die neuen Planck-Resultate werden also die kosmologischen Spekulationen und
197 Hypothesen präziser überprüfen können und die Fülle der Weltmodelle weiter
198 einschränken. Und genau so funktioniert Wissenschaft: Es werden Spekulationen
199 formuliert, Hypothesen gebildet und rigoros getestet, neue Vorhersagen werden gemacht
200 und kritisch überprüft. Es gibt viele Irrwege und Sackgassen. Doch allmählich schält sich
201 der richtige, wenn auch verschlungene Pfad heraus, der zur Wahrheit über die Welt führt.

Rüdiger Vaas

Der Autor ist bdw-Redakteur für Astronomie und Physik sowie Verfasser des Buchs [Hawkings Kosmos einfach erklärt – Vom Urknall zu den Schwarzen Löchern](#). In einer künftigen Ausgabe von bdw wird er die Planck-Daten und vor allem ihre Konsequenzen für unser Weltbild ausführlich darstellen.

21.03.2013

18. Schweißtreibende Zukunft



1 Schwitzen bei der Arbeit - kommt in Zukunft häufiger vor (Bild: Thinkstock)

2 Es herrscht brütende Hitze, der Schweiß rinnt und alles klebt - an einem heißen, schwülen
3 Sommertag zu arbeiten, ist alles andere als angenehm. Extrem schwere körperliche Arbeit
4 wäre da sogar gesundheitsschädlich. Kein Wunder, dass unsere Produktivität unter solchen
5 Bedingungen eher mau ist. In Zukunft könnte sich dieser hitzebedingte Abfall der
6 Arbeitsleistung noch verstärken. Denn durch den Klimawandel dehnen sich die Regionen
7 weltweit immer weiter aus, in denen es im Sommer extrem heiß und feucht wird. Wie sich
8 das auf unsere globale und regionale Produktivität auswirken wird, haben US-Forscher nun
9 genauer ermittelt.

10 "Normalerweise sind Menschen daran angepasst, auch Temperaturen oberhalb ihrer Haut-
11 und Körpertemperatur auszuhalten", erklären John Dunne von der National Oceanic and
12 Atmospheric Administration (NOAA) und seine Kollegen. Der Kühleffekt durch den auf der
13 Haut verdunstenden Schweiß trage dazu bei, eine Überhitzung des Körpers zu vermeiden.
14 Problematisch wird es allerdings, wenn der Schweiß nicht verdunsten kann - weil die Luft
15 bereits mit Feuchtigkeit gesättigt ist. Dann funktioniert die körpereigene Klimaanlage nicht
16 mehr und die Hitze wird belastend. Zwar könne der Mensch selbst unter solchen
17 Bedingungen stundenweise auch schwere körperliche Arbeiten verrichten, wie die Forscher
18 berichten. Halte die Belastung aber länger an, beeinträchtigt das selbst bei gesunden und
19 angepassten Personen die Gesundheit, das zeigen Studien.

20 Unter anderem deshalb gibt es in vielen Ländern arbeitsmedizinische Vorschriften, die ab
21 einer bestimmten Hitzebelastung verkürzte Arbeitszeiten und vermehrte Pausen
22 vorschreiben. Gemessen wird der Hitzeeffekt dabei mit der sogenannten Wet-Bulb-Globe
23 Temperatur (WBGT). Dabei werden Luftfeuchtigkeit, Lufttemperatur und die
24 Wärmeaufnahme einer dunklen hohlen Kugel - des Schwarzkugelthermometers -
25 gemessen. Weil die dunkle Kugel sich bei Sonneneinstrahlung ähnlich aufheizt, wie die
26 menschliche Haut, lässt sich an ihr die Wärmebelastung in praller Sonne ablesen. Wird
27 eine bestimmte Schwelle des WBGT-Index überschritten, müssen vor allem an extrem
28 hitzeexponierten Arbeitsplätzen entsprechende Gegenmaßnahmen getroffen werden.

29 **20 Prozent weniger Produktivität durch Hitzestress**

30 John Dunne und seine Kollegen haben nun anhand von Klimadaten und -modellen
31 untersucht, wie häufig die unter anderem in den USA in Industrie und Militär gebräuchlichen
32 WBGT-Schwellen heute im Vergleich zur Zeit vor der industriellen Revolution überschritten
33 werden. In ihrem Modell prüften sie aber auch, wie sich der bis zum Jahr 2200
34 prognostizierte Klimawandel auf die WBGT-Werte und damit die Arbeits-Produktivität
35 weltweit und in einzelnen Regionen auswirkt. Für ihre Klimamodelle berücksichtigten die
36 Forscher dabei einmal ein Klimaschutz-Szenario mit einem Temperaturanstieg von nur
37 rund zwei Grad Celsius bis 2100 und ein Worst-Case-Szenario mit einem Anstieg um 3,4
38 Grad bis 2100 und um 6,2 bis 2200.

39 "Unseren Ergebnissen nach hat die gestiegene Wärmebelastung in den letzten
40 Jahrzehnten dazu geführt, dass die weltweite Arbeitsleistung in den wärmsten Monaten auf
41 nur noch 90 Prozent zurückgegangen ist", berichten die Forscher. Besonders betroffen
42 seien Indien, Südostasien, Mittelamerika und auch Nord-Australien. Bis 2100 aber, das
43 zeigen die Modelle, werden sich die Zonen, in denen im Sommer extreme Hitze und
44 Schwüle herrschen, deutlich ausbreiten. Die heute über Indien liegende Hitzestress-Zone

45 werde sich über einen Großteil Eurasiens ausdehnen, auch die Karibik und der Südosten
46 der USA würden im Sommer häufiger die WBGT-Grenzwerte überschreiten, so Dunne und
47 seine Kollegen. Ihren Schätzungen nach könnte durch diesen Hitzestress die globale
48 Arbeitsleistung selbst beim gemäßigten Szenario bis 2050 um rund 20 Prozent absinken,
49 bis 2100 um 25 Prozent.

50 **Heiß und feucht wie heute in Bahrain**

51 Unter dem Szenario einer nahezu ungebremsten Erwärmung wird es noch heißer und
52 schwüler, wie die Modelle zeigen: Weite Teile der Tropen und der gemäßigten Breiten
53 würden dann im Sommer mehrere Monate lang extremen Hitzestress erleben. Das Klima
54 der US-Hauptstadt Washington DC entspräche dann dem im heutigen New Orleans, das
55 von New Orleans dem im heutigen Bahrain, wie die Forscher erklären. Dort herrscht schon
56 heute eine extrem hohe Luftfeuchtigkeit und im Sommer Temperaturen von nahe 40 Grad
57 Celsius. Entsprechend fatale Auswirkungen hätte dies auf die Produktivität: Verläuft der
58 Klimawandel weitgehend ungebremst, wären bis 2100 Einbußen von bis zu 40 Prozent zu
59 erwarten, bis 2200 sogar um 60 Prozent. In den kommenden Jahrzehnten könnten der
60 Klimawandel daher auch gravierende Auswirkungen auf die Arbeitswelt haben, warnen
61 Dunne und seine Kollegen.

62 Wie die Wissenschaftler betonen, ist ihre Analyse allerdings auch mit erheblichen
63 Unsicherheiten behaftet. So ist beispielsweise unklar, wie gut die verwendeten
64 Klimaszenarien das Klima der Zukunft tatsächlich abbilden. Auch technologische und
65 gesellschaftliche Veränderungen, die auch die Arbeitswelt betreffen, sind nicht
66 berücksichtigt. Andererseits gehe die Studie nur von den Auswirkungen des Hitzestresses
67 auf gesunde, gut angepasste Personen aus, sagen Dunne und Kollegen. Die Auswirkungen
68 auf Menschen, die gesundheitliche Probleme haben oder sich nicht gut anpassen können,
69 seien daher eher erheblich unterschätzt.

John Dunne (National Oceanic and Atmospheric Administration, Princeton) et al. [Nature Climate Change, doi:
10.1038/nclimate1827](https://doi.org/10.1038/nclimate1827)

© wissenschaft.de - [Nadja Podbregar](mailto:Nadja.Podbregar@wissenschaft.de)
24.02.2013

19. Wenn sich Kontinente anniesen

1 Der Pazifik ist die größte Lücke in der Landmasse der Erde? Tausende Kilometer trennen
2 Asien vom Großteil des nordamerikanischen Kontinents. Doch für Myriaden von Lebewesen
3 ist diese Entfernung offenbar ein Katzensprung: Als Passagiere von Staubwolken reisen
4 manche Mikroorganismen in gewaltigen Mengen binnen weniger Tage von Asien nach
5 Nordamerika, berichten US-Forscher.

6 David Smith von der University of Washington und seine Kollegen haben die lebendige
7 Fracht zweier Staubwolken analysiert, die 2011 etwa sieben bis zehn Tage zwischen Asien
8 und Nordamerika unterwegs waren. Um die Identität der Mikroben festzustellen, nutzten die
9 Forscher moderne Verfahren der Biotechnologie und identifizierten die Lebewesen anhand
10 ihres Erbguts.

11 Insgesamt 2.100 unterschiedliche Formen von Mikroorganismen ließen sich auf die Weise
12 in den Staubschwaden nachweisen. Das sind weit mehr als vermutet. Bei etwa der Hälfte
13 der Lebensformen handelte es sich um Bakterien, die anderen waren Pilze. Die meisten
14 dieser Organismen waren harmlose Bodenbewohner, einige sind aber auch als Erreger von
15 Pflanzenkrankheiten bekannt. Eine Ansteckung über ganze Kontinente hinweg sei also
16 durchaus denkbar, betonen Smith und seine Kollegen.

17 Vom Wind in Asien aufgewirbelt ? gelandet in Amerika

18 Etwa 70 Millionen Tonnen Staub aus Asien erreichen jedes Jahr den nordamerikanischen
19 Kontinent. In jedem Gramm Staub sitzen Tausende Keime, vermuten die Forscher. Ganz
20 ähnlich stehen auch andere Landmassen überall auf der Erde miteinander in Kontakt.
21 Kontinente niesen sich gleichsam an, sagt Smith. Durch die Studie hat sich mein Blick in
22 den Himmel verändert, sagt der Wissenschaftler. Ich sehe dort Mikroben auf

23 Wanderschaft.

24 Er und seine Kollegen wollen nun herausfinden, mit welchen Strategien es viele
25 Lebensformen schaffen, den harten Bedingungen in der teils großen Höhe zu trotzen. Denn
26 die extreme Kälte und UV-Strahlung sind sehr lebensfeindlich. Laut Smith sind zwei der
27 drei häufigsten Bakterien-Familien aus den Staubwolken für ihre Fähigkeit bekannt, unter
28 widrigen Umständen Überdauerungsformen zu bilden. Wenn man Genaueres über die
29 Strategien der zähen Einzeller wüsste, wäre das für Biotechnologie und Medizin von
30 großem Wert.

David Smith von der University of Washington et al.: [Applied and Environmental Microbiology](https://doi.org/10.1128/AEM.03029-12), doi:
[10.1128/AEM.03029-12](https://doi.org/10.1128/AEM.03029-12)

20. Wie die echten Hobbits aussahen

1 Sie entstammen eigentlich der Fantasie von John Ronald R. Tolkien - und doch gab es sie in
2 gewisser Weise wirklich: Auf der indonesischen Insel Flores lebte einst eine Menschenform,
3 die Eigenschaften besaß, wie Tolkien sie seinen Hobbits zuschrieb, die momentan erneut
4 Fantasy-Begeisterte in die Kinos locken. Der sogenannte *Homo floresiensis* war nur etwa
5 einen Meter groß und hatte überproportional große Füße das brachte diesem mysteriösen
6 Verwandten des heutigen Menschen den Spitznamen Hobbit ein. Auf einer Archäologen-
7 Konferenz hat eine australische Anthropologin nun ein Computermodell des Gesichts einer
8 Hobbit-Frau präsentiert, deren Überreste 2003 entdeckt worden waren.
9 Susan Hayes von der australischen University of Wollongong ist auf die Visualisierung von
10 Gesichtern spezialisiert. Sie nutzt für ihre Arbeit Techniken, die in der Forensik bei
11 Kriminalfällen der Identifizierung von menschlichen Überresten dienen. Im Fall der Hobbits
12 dienten computertomografische Aufnahmen eines etwa 18.000 Jahre alten Schädels als
13 Ausgangsbasis zur Computer-Rekonstruktion der Gesichtszüge. Auf diese Weise konnte
14 Hayes der Hobbit-Frau wieder ein dreidimensionales Antlitz verschaffen, das sie nun auf
15 der Australian Archaeological Association's Conference an der University of Wollongong
16 präsentierte.

17 Hübsch war sie in unseren Augen nicht

18 Die ungewöhnlichen Eigenschaften des kleinen Schädels haben das Verfahren deutlich
19 erschwert, berichtet Hayes: Diese Aufgabe hat unerwartet viel Zeit gekostet und mir einiges
20 Kopfzerbrechen bereitet. Mit dem Endergebnis zeigt sich die Wissenschaftlerin nun
21 allerdings zufrieden. Die Rekonstruktion, die die Forscherin zurückhaltend Annäherung
22 nennt, zeigt ungewöhnliche, aber doch eindeutig menschliche Züge. Hübsch ist sie in
23 unseren Augen wohl nicht gewesen, aber definitiv markant, kommentiert Hayes. Die
24 Hobbit-Frau hatte den 3D-Bildern zufolge keine für uns typisch femininen Züge, wie große
25 Augen und eine rundliche Stirn. Doch moderne Ästhetik war bei der Rekonstruktion
26 natürlich kein Kriterium, sondern wissenschaftliche Genauigkeit, betont Hayes.
27 Bei dem Skelett, das 2003 auf der Insel Flores entdeckt worden war, handelte es sich nach
28 derzeitigem Kenntnisstand um eine Frau, die vor ungefähr 18.000 Jahren gelebt hat. Ihr
29 Gebiss weist darauf hin, dass sie zum Zeitpunkt ihres Todes um die 30 Jahre alt war. Über
30 die Einordnung von *Homo floresiensis* in den Stammbaum des Menschen gab und gibt es
31 nach wie vor Meinungsverschiedenheiten unter den Anthropologen. Einige gehen davon
32 aus, dass die Funde lediglich von kleinwüchsigen Vertretern von *Homo sapiens* stammen.
33 Das ungewöhnlich kleine Gehirn und der gedrungene Körper seien auf eine Krankheit oder
34 Mangelerscheinungen zurückzuführen gewesen, so die Argumentation. Neuere
35 Untersuchungen entkräfteten diesen Verdacht allerdings. Die vorherrschende Ansicht ist
36 nun, dass es sich bei den Hobbits tatsächlich um eine eigene Art gehandelt hat. Vermutlich
37 stammte sie von *Homo erectus* ab. Das Phänomen der sogenannten Inselverzweigung
38 hatte diese Frühmenschen auf der Insel Flores dann vermutlich schrumpfen lassen.

39 Hier wirds wieder ein bisschen Tolkien

40 Es gibt allerdings auch mögliche Hinweise zu den Hobbits, die ihnen erneut einen Hauch
41 des Mysteriösen und Fantastischen zu verleihen scheinen: Einheimische der Insel Flores
42 berichteten dem australischen Forscher Richard Roberts bereits vor der Entdeckung der
43 Fossilien von den sogenannten Ebu Gogo, die ihre Vorfahren angeblich noch getroffen
44 hätten. Der Name Ebu Gogo bedeutet so viel wie Großmutter, die alles isst. Die Ebu Gogo
45 waren winzig wie kleine Kinder, außer im Gesicht komplett behaart und hatten lange Arme
46 und einen runden Trommelbauch. Sie murmelten ständig in einer unverständlichen
47 Sprache, plapperten aber auch nach, was man ihnen sagte, so die Erzählungen. Die letzten
48 Ebu Gogo sollen demnach erst Anfang des 19. Jahrhunderts ausgerottet worden sein.
49 Diese ungewöhnlichen Überlieferungen lassen sich allerdings bisher nicht wissenschaftlich
50 gesichert mit *Homo floresiensis* verknüpfen.