

Thema: Theorien zur Evolution des aufrechten Ganges

Gliederung

- Einleitung / Fragestellung
- Der aufrechte Gang des Mensch und der Primaten
- Bipedie (Zweibeiner)
 - Erklärung
 - Vorteile
- Anatomische Veränderungen
- Laetoli
- Hypothesen
 - Savannenübersicht
 - Kühlerhypothese
 - Energieeffizienzhypothese
 - Wasserhypothese
 - Nahrungstransport-Sozial-Hypothese
 - Werkzeughypothese
 - Hohe Beeren Hypothese
- Schluss/ Quellenangaben

Der Menschen

Es gibt viele Hypothesen, wie und warum sich bei Menschen die Bipedie entwickelt hat und auch eine gewisse Auseinandersetzung zum Wann. Die Hinweise deuten darauf, dass sich die Bipedie vor dem Anwachsen der menschlichen Gehirngröße entwickelt hat. Die verschiedenen Hypothesen schließen sich nicht notwendigerweise gegenseitig aus und eine gewisse Anzahl von selektiven Triebkräften könnte zusammen gewirkt haben, um zur menschlichen Bipedie zu führen. Die Fähigkeit zur fakultativen Bipedie (Zweibeiner) bei einigen Primaten lässt darauf schließen, dass die menschliche Bipedie eine Weiterentwicklung derselben ist.

(Zitate von: <http://intern.csg-germering.de/faecher/biologie/Mensch/werdung/gang.htm>;

<http://de.wikipedia.org/wiki/Bipedie#Vorteile>; <http://www.willighp.de/evo/thema/bipedie/bipedie.php#top>)

Alle Primaten sind Vierbeiner?

Alle Primaten, bis auf den Menschen, sind mehr oder weniger Vierbeiner, und das aus gutem Grund: Zweibeinigkeit macht langsamer, unbeweglicher und erheblich ungeschickter beim Klettern auf Bäumen, auf denen wichtige Nahrung, wie Früchte und ähnliches wächst. Wie kam es, dass vor 7 bis 5 Millionen Jahren sich in unserem Stammbaum die Zweibeinigkeit als erstes menschliches Merkmal entwickelte? Vor etwa 5 bis 6 Millionen Jahren änderten sich die klimatischen Bedingungen. Es wurde kälter und trockener. Besonders im Osten Afrikas, jenseits des großen Grabenbruchs, verschwanden die großen Regenwälder und Savannen breiteten sich aus. Aus diesem Zeitraum stammen auch die ältesten Fossilien, die Merkmale eines aufrechten Ganges zeigen. War die Ausbreitung der Savanne und die damit neu entstandene Nische „Savanne“ die Ursache für die Evolution des aufrechten Ganges? Welche Vorteile bietet ein aufrechter Gang in der Savanne? Gab es auch schon Vorteile für Zweibeiner im Wald? Zur Klärung dieser Fragen wurden einige Vermutungen formuliert, die mehr oder weniger einleuchten.

(Zitate von: <http://intern.csg-germering.de/faecher/biologie/Mensch/werdung/gang.htm>;

<http://de.wikipedia.org/wiki/Bipedie#Vorteile>; <http://www.willighp.de/evo/thema/bipedie/bipedie.php#top>)

Bipedie (zweifüßiger Gang, lat. bis "doppelt" + pes, pedis "Fuß")

Bipedie beschreibt die veränderte Fortbewegungsart vom gebückten vierfüßigen hin zum aufrechten zweifüßigen Gang. Hierbei unterscheidet man allerdings noch zwischen habitueller (gewohnheitsmäßiger) Bipedie, was für alle Tiere und den Menschen zutrifft, der sich vollständig dem aufrechten, zweifüßigen Gang angepasst hat (morphologische Anpassung) und der fakultativen (gelegentlicher) Bipedie, hierbei handelt es sich um Tiere, die sich nur begrenzt aufrichten und über kurze Strecken auf zwei Beinen fortbewegen (nicht morphologisch angepasst).

Diese Veränderung der Fortbewegung verlangte eine starke Anpassung der Anatomie der vormenschlichen Lebewesen. Besonders Becken, Rumpf, Beine und die Füße, aber auch Knochen und Muskeln müssen sich verändert haben, um die neue schwierigere Gangart überhaupt erst möglich zu machen. Im Gegensatz zum vierfüßigen Gang ist der zweifüßige eine „wacklige“ Angelegenheit. Dem britischen Anthropologen John Napie zufolge besteht das Gehen aus einem rhythmischen Balanceakt, der aus sieben eng koordinierten Bewegungen besteht. Bis heute sind sich Forscher nicht darüber einig, wann genau es zum aufrechten Gang kam. Fußabdrücke beweisen, dass Hominiden schon vor 3,6 Millionen Jahren aufrecht gingen. Andere sind wiederum der Meinung, dass sie schon lange vorher auf zwei Beinen gingen. Die Theorien für die Gründe des aufrechten Ganges sind ebenso vielseitig und verschiedener Meinungen.

(Zitate von: <http://intern.csg-germering.de/faecher/biologie/Mensch/werdung/gang.htm>;

<http://de.wikipedia.org/wiki/Bipedie#Vorteile>; <http://www.willighp.de/evo/thema/bipedie/bipedie.php#top>)



(Abbildung 1; <http://intern.csg-germering.de/faecher/biologie/Mensch/werdung/gang.htm>)

Vorteile des aufrechten Ganges:

Auch bei den Vorteilen sind sich Forscher uneinig, welche nun die ausschlaggebenden für die Veränderung waren. Einige Evolutionsbiologen gehen davon aus, dass ein großer Vorteil die bessere Übersicht war. Durch das Aufrichten konnten die Hominiden einen größeren Bereich überblicken und somit Feinde aber auch Nahrungsquellen schneller erkennen. Die vorderen Gliedmaßen konnten nun noch besser als Werkzeuge, zum Transport, oder zu Verteidigung genutzt werden, da sie ständig frei waren. Dem Paläoanthropologe Owen Lovejoy zufolge, hat sich die durch die Entwicklung zum aufrechten Gang die gesamte Sozialstruktur von Menschenaffen geändert. Seiner Meinung nach hat dieser evolutionäre Schritt dazu beigetragen den Artbestand zu retten. Da sich von nun an die sehr spezielle Strategie der Vermehrung veränderte und sich die Paarbildung ausprägte. Hierbei versorgten nun die Männchen die Weibchen und Nachkommen mit Nahrung. Dies hatte zum Vorteil, dass die Weibchen mehr als ein Junges großziehen konnten. Somit liegt der Vorteil des aufrechten Ganges nach Owen Lovejoy darin, dass die Art überleben konnte.

(Zitate von: <http://intern.csg-germering.de/faecher/biologie/Mensch/werdung/gang.htm>;

<http://de.wikipedia.org/wiki/Bipedie#Vorteile>; <http://www.willighp.de/evo/thema/bipedie/bipedie.php#top>)

Anatomische Veränderung

Der Körper des Hominiden erforderte einige anatomische Veränderung, um die neue Fortbewegungsart erst zu ermöglichen:

Das Becken:

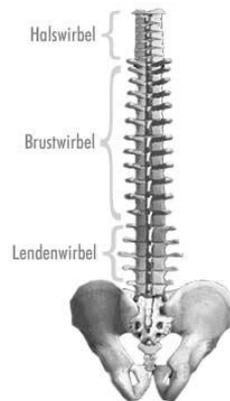
- Becken/Beckenschaufel verkürzt und verbreitert sich
- leicht nach vorne gedreht
- die inneren Organe mussten fortan nicht mehr aufgehängt werden, sondern wurden wie in einer Schüssel getragen



(Abbildung 2; http://www.planeten.ch/pages/terra/cwiki.php?page=Artikel:Die_Entwicklung_des_Menschen)

Die Wirbelsäule:

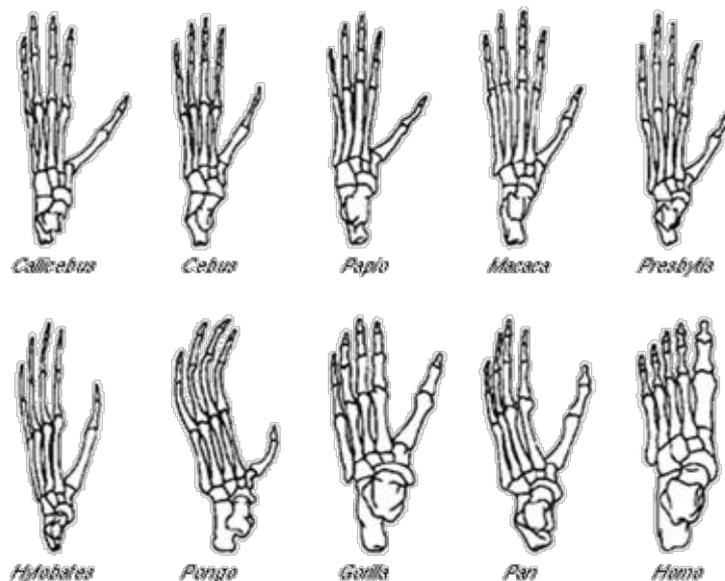
- Wirbelsäule wird doppelt S-förmig
- vorher war sie bei den Vierfüßlern gebogen und bei den Hänglern gestreckt
- die doppel S-förmige Wirbelsäule wirkt federnd , dies ist nötig für den aufrechten Gang



(Abbildung 3; <http://www.meinberlin.net/life/rs.jpgg>)

Der Fuß:

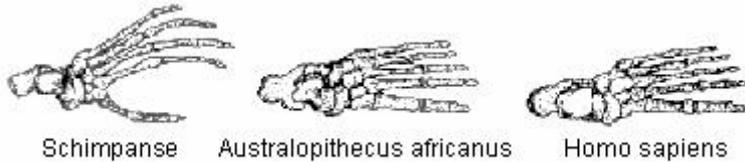
- er wird zum reinen Geh-, bzw. „Standwerkzeug“
- große Zehe ist nicht mehr abspreizbar
- Zehen sind verkürzen sich
- Hauptbelastungslinie verändert sich
- die Ferse verlagert und vergrößert sich nach hinten, um eine bessere Hebelwirkung beim Ausstrecken des Fußgelenkes zu erhalten.
- zudem wurde sie runder um beim Laufen ein besseres Abrollen zu gewährleisten
- Mittelfußknochen entwickelten sich zum Fußgewölbe, um das Gewicht des Körpers besser abfedern zu können,



(Abbildung 4; <http://www.gibbons.de/main/introduction/pics/1-5.gif>)

Die Hand:

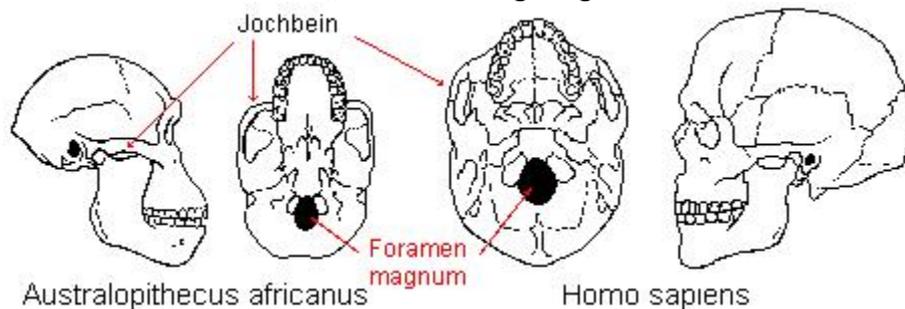
- Hand wird frei und ermöglicht den freien Werkzeuggebrauch
- Handflächen müssen sensibler werden, um die Hand präzise führen zu können
- Daumen wird stark ausgebildet, er ist in mehrere Richtungen drehbar



(Abbildung 5; http://www.planeten.ch/pages/terra/cwiki.php?page=Artikel:Die_Entwicklung_des_Menschen)

Der Schädel:

- die Ansatzstelle der Wirbelsäule am Kopf verlagert sich
- sie liegt fortan an in der Mitte der Schädelbasis (Hinterhauptloch)
- der Schädel wird „balancierend getragen“



(Abbildung 6; http://www.planeten.ch/pages/terra/cwiki.php?page=Artikel:Die_Entwicklung_des_Menschen)

(Foramen magnum: lat.: *großes Loch*; oder *großes Hinterhauptloch*)

(Zitat von: http://www.planeten.ch/pages/terra/cwiki.php?page=Artikel:Die_Entwicklung_des_Menschen)

Laetoli und die ersten Nachweise des aufrechten Ganges

Laetoli ist wohl eine der wichtigsten paläontologischen Ausgrabungstätten. Sie liegt im Norden Tansanias und gehört zum Ostafrikanischen Graben. Ab 1974 wurden hier bereits wissenschaftliche Ausgrabungen vorgenommen, doch erst 4 Jahre später fand man dann durch einen Zufall Fußspuren dreier Hominiden. Die Spuren müssen entstanden sein, als die Vormenschen über, durch Regen angefeuchtete, vulkanische Asche gelaufen sind. Hierbei hinterließen sie Spuren in der weichen Masse, die schließlich durch die Sonne getrocknet und schließlich hart wie Beton wurde. Mithilfe der K-Ar-Methode konnte man das Alter der Asche feststellen und kam zu dem Ergebnis, dass die Fußspuren älter als 3,6 Mio. Jahre sein mussten. Die Wissenschaftler ordneten die Fußspuren dem Australopithecus afarensis zu, da dieser zu jener Zeit hier gelebt haben soll.

Dieser Fußabdruck beweist, dass die „Vormenschen“ schon seit mindestens seit 3,6 Mio. Jahren aufrecht gehen, da sich die Fußabdrücke deutlich von denen der Menschenaffen unterscheiden ist auszuschließen, dass diese von ihnen stammen.

(Zitate von: <http://www.mnh.si.edu/anthro/humanorigins/ha/laetoli.htm>)



(Fußabdrücke des Australopithecus afarensis in Laetoli)
(Abbildung 7+8; <http://www.mnh.si.edu/anthro/humanorigins/ha/laetoli.htm>)

Theorien zur Evolution des aufrechten Ganges

Savannenhypothese

Die Hypothese ist ein Teil einer allgemeinen Theorie zur menschlichen Evolution, die auch als Turn-Over Pulse Hypothese bekannt ist.

Diese Theorie besagt, dass ein großer Klimawandel stattgefunden hat, der die Entstehung von trockeneren Klimabedingungen bewirkte.

Diese trockenen Bedingungen reduzierten schwerwiegend die Menge an bewaldeten Lebensräumen vor ungefähr 2,5 Millionen Jahren. Während dieser Zeitspanne, als die Wälder ausdünnten, mussten sich die Vormenschen entwickeln und ihren Lebensraum vom Wald ins Grasland verlegen.

Als z.B. in Afrika das Klima trockener wurde, dehnte sich die Savanne aus und drängte die Fläche der Regenwälder zurück.

In der Savanne dürfte ein aufrechter Gang von Vorteil gewesen sein, denn Feinde waren früher zu erkennen, die Hände waren frei zum Tragen von Gegenständen und zur Verteidigung.

Zudem verbraucht das aufrechte Gehen weniger Energie als die Fortbewegung auf allen Vieren.

Die Vormenschen (Australopithecinen) waren relativ klein. In einer Landschaft mit hohem Gras konnten sie ihre Feinde erst relativ spät sehen. Bei einer aufrechten, zweibeinigen Fortbewegung hatten sie bessere Chancen, sich rechtzeitig auf einen Baum zu retten oder sich anders in Sicherheit zu bringen.

Kühlerhypothese

Die Kühlerhypothese ist im allgemeinen auch als thermoregulatorisches Modell bekannt, welche eine der gängigsten Theorien ist und den Ursprung der Bipedie erklärt.

Ein weiteres Problem des Lebensraumes Savanne könnte im Vergleich zum Wald vermehrte Sonneneinstrahlung gewesen sein. Der Körper, insbesondere das Gehirn, darf nicht überhitzen. Um diesem Problem entgegenzuwirken, hilft der aufrechte Gang.

Der aufrechte Fortbewegungsweise dient dazu, dass die Angriffsfläche für die Sonne verringert wurde und somit eine kleine Körperfläche z.B. der Mittagshitze ausgesetzt wurde.

Dies führte zu einer Wärmereduktion durch bessere Wärmeabgabe.

Je weiter ein Hominide vom Boden entfernt ist, desto günstiger und einfacher ist die Abkühlung durch Wind und die Temperatur, was heißt, dass der Körper auch mehr Abstand



zum Wärme abstrahlenden Boden hat. Während Hitzezeiten bewirkt der stärkere Windstrom einen stärkeren Wärmeverlust, was für den Organismus gut ist.

In diesem Zusammenhang wurde vielleicht auch das Schwitzen "erfunden", was unseren Menschaffenenverwandte nicht möglich ist.

Fazit ist, dass eine aufrechte Haltung die direkte Sonneneinstrahlung minimiert, wohingegen Vierbeinigkeit den Körper mehr der direkten Einstrahlung aussetzt.

(Abbildung 9 und Zitate von:

<http://www.michelhepp.de/umaterial/humanevol/aufrechtergang/aufrechtergang.htm>)

Energieeffizienzhypothese



Die frühen Vormenschen waren wahrscheinlich, wie die heutigen Menschenaffen, in erster Linie Fruchtfresser mit einem vielfältigen Speiseplan. Früchte tragende Bäume und andere spezifische Nahrungsangebote waren aber in der entstehenden Savanne zunehmend großflächiger verstreut. Um beim Sammeln von Nahrung effektiv zu bleiben, müssten die Hominiden lange Strecken mit Nahrung oder Werkzeugen zurücklegen, wodurch Vierbeinigkeit extrem ineffizient würde. Eine verbesserte und energiesparende Fortbewegung war die Folge.

Messungen haben ergeben, dass Menschen mit dem zweibeinigen Gang bei nicht maximaler Geschwindigkeit

etwa doppelt so lange Strecken zurücklegen können wie vierfüßige Schimpansen. Der Mensch wurde zum Ausdauerläufer. Diese Ursache wird auch für die aufrechte Fortbewegung von Kängurus diskutiert.

Zweibeinige Säugetiere (wie Känguru und zeitweise Primaten) verwenden den aufrechten Gang zur Fortbewegung, zur Nahrungsaufnahme und um die Umgebung zu erkunden.

Die Hominiden entwickelten sich zu Zweibeinern, was ihre strapaziösen Reisen durch das Grasland viel effizienter machte.

(Abbildung 10 und Zitate von:

<http://www.michelhepp.de/umaterial/humanevol/aufrechtergang/aufrechtergang.htm>)

Wasserwathypothese

Diese Theorie ist Teil einer allgemeinen Theorie zur menschlichen Evolution, die oft unter dem Namen Wasseraffen-Theorie geführt wird. Diese Theorie schlägt vor, dass die Menschen die Bipedie als ein Ergebnis des zweibeinigen Watens entwickelten. Wenn sich Menschenaffen gezwungen sehen, in das Wasser zu gehen, dann richten sie sich in der Regel auf und gehen auf den Hinterbeinen. Zweibeiniges Waten bietet den Vorteil den Kopf zum Atmen über Wasser zu halten.

Ein weiterer Beleg für eine Hypothese ist die Umstrukturierung des Beckens. Bei einem Übergang zu einer halb-aquatischen Lebensweise boten dann Mutationen des Beckens und der unteren Extremitäten Selektionsvorteile, zugleich waren die Arme frei für Werkzeuggebrauch.

Am 13.3.2001 äußerte der Professor Carsten Niemitz aus Berlin im Schwäbischen Tageblatt Tübingen die Hypothese, dass die Uferzone von Flüssen die Hauptnahrungsquelle für tierische Proteine darstellte. "Für einen watenden Affen oder Vormenschen am Ufer sind lange Beine von großem Vorteil. Sie bieten weniger Fließwiderstand als der breite Körper und sie lassen mehr vom Körper aus dem Wasser herauschauen. Dadurch wird das Gewicht auf den Füßen erhöht und das sonst zu 'schwebende' Gehen erleichtert." Zweibeiniges Waten wird bei den teilweise zweibeinig watenden Verwandten des Menschen, den Bonobos, den Flachlandgorillas und den Nasenaffen beobachtet.



(Abbildung 11+12 und Zitate von:

<http://www.michelhepp.de/umaterial/humanevol/aufrechtergang/aufrechtergang.htm>;
http://de.wikipedia.org/wiki/Wasseraffen-Theorie#Der_aufrechte_Gang)

Nahrungstransport - Sozial – Hypothese

Diese Theorie ist eine der am stärksten konstruierten Theorien zum Ursprung der Bipedie. Das Verhaltensmodell von C. Owen Lovejoy besagt, dass es eine Antwort auf eine monogame Gesellschaft war.

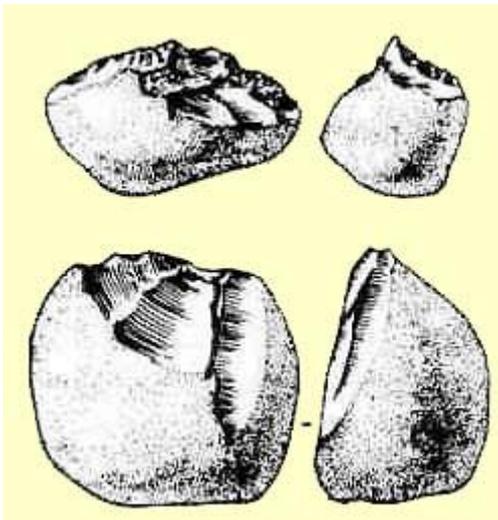
Bei zweibeiniger Fortbewegung werden die Vorderextremitäten funktionslos und können neue Aufgaben übernehmen. Es ist so z.B. wesentlich besser möglich, Nahrung zu sammeln, zu tragen und anderen Familienmitgliedern zu bringen. Bei Menschenaffen findet man dieses Verhalten nicht. C. O. Lovejoy stellt einen ganzen Komplex von angepassten Verhaltensänderungen als Folge der neuen Möglichkeiten des aufrechten Ganges auf. Familiäre Strukturen entstehen einhergehend mit weitgehender Monogamie beider Elternteile, die sich gemeinsam um den Nachwuchs kümmern. Der Mann schafft Nahrung aus einem weiteren Umkreis herbei, sodass die Mutter jeden Säugling besser nähren und beschützen kann und auch (insbesondere im Vergleich mit den großen Menschenaffen) mehr Kinder gebären kann.

Als die Hominidemannchen monogam wurden, hätten sie tagsüber ihre Familien alleingelassen, um nach Nahrung zu suchen, die sie zur Familie bringen mussten und der effektivste Weg dazu sei zweibeiniges Laufen gewesen

Die Frauen sind wegen der Kinder stärker ortsgebunden und sammeln Nahrung in der näheren Umgebung. (Abbildung 13 und Zitate von: <http://www.michelhepp.de/umaterial/humanevol/aufrechtergang/aufrechtergang.htm>)



Werkzeughypothese



Andere Erklärungen für den aufrechten Gang gehen davon aus, dass Schimpansen bei Waffengebrauch (Stöcke, Wurfsteine) sich öfters aufrichten. Zunehmende kriegerische Gruppenauseinandersetzungen hätten dann zum aufrechten Gang geführt. Wieder andere Erklärungen führen zunehmende Jagd als veränderte Selektionsbedingung an.

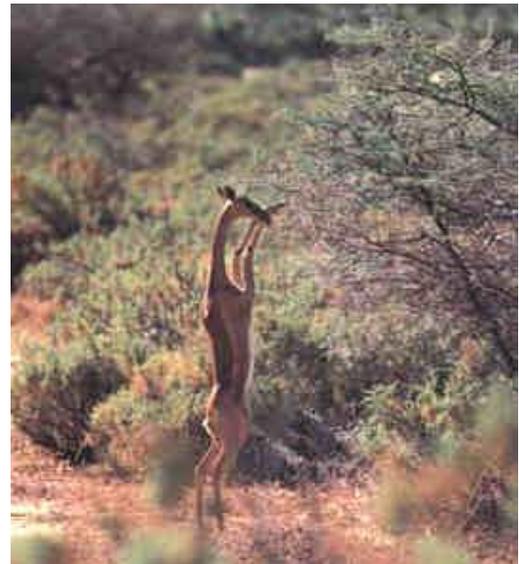
Die frei gewordenen Hände können besser Werkzeuge mittragen oder auch herstellen. Allerdings gibt es bis jetzt keine Anzeichen dafür, dass Australopithecinen im Vergleich zu Menschenaffen deutlich mehr Werkzeuge gebraucht oder gar hergestellt haben.

(Abbildung 14 und Zitate von: <http://www.michelhepp.de/umaterial/humanevol/aufrechtergang/aufrechtergang.htm>)

Hohe-Beeren-Hypothese

Meave Leaky vermutet eine andere Ursache für die Zweibeinigkeit. In der entstehenden Savanne waren Büsche und Bäume und damit die Futterquellen für "Früchteesser" weiter auseinander stehend. Beeren an höheren Büschen waren für Vierbeiner schlechter zu erreichen. Das ist auch der Grund, warum die Gerenuk-Gazelle sich beim Fressen auf die Hinterbeine stellen kann und damit auch höhere Beeren und Blätter erreicht. Vielleicht gab es für unsere Vorfahren ähnliche Gründe.

Die *Postural-Feeding-Hypothese* (Hypothese über Ernährung in einer bestimmten Haltung) wurde kürzlich durch Dr. Kevin Hunt, einen Professor an der Indiana University unterstützt. Diese Theorie macht geltend, dass Schimpansen nur beim Essen zweibeinig seien. Auf dem Boden würden sie nach oben greifen, um an Früchte zu gelangen, die von kleineren Bäumen hingen, und auf Bäumen würde die Bipedie beim Greifen nach einem obenliegenden Ast ausgenutzt. Diese zweibeinigen Bewegungen könnten sich zu regulären Gewohnheiten entwickelt haben, da sie so bequem bei der Beschaffung von Nahrung waren.



(Abbildung 15 und Zitate von:

<http://www.michelhepp.de/umaterial/humanevol/aufrechtergang/aufrechtergang.htm>;

<http://de.wikipedia.org/wiki/Bipedie#Menschen>)

Quellenangaben:

<http://www.michelhepp.de/umaterial/humanevol/aufrechtergang/aufrechtergang.htm> (Datum: 3.1.'07)

<http://www.willighp.de/evo/thema/bipedie/bipedie.php> (Datum: 3.1.'07)

http://de.wikipedia.org/wiki/Wasseraffen-Theorie#Der_aufrechte_Gang (Datum: 3.1.'07)

<http://de.wikipedia.org/wiki/Bipedie#Menschen> (Datum: 3.1.'07)

<http://de.wikipedia.org/wiki/Gehen> (Datum: 3.1.'07)

<http://de.wikipedia.org/wiki/Bipedie#Vorteile> (Datum: 3.1.'07)

<http://intern.csg-germering.de/faecher/biologie/Mensch/werdung/gang.htm> (Datum: 3.1.'07)

<http://www.willighp.de/evo/thema/bipedie/bipedie.php#top> (Datum: 3.1.'07)

<http://www.mnh.si.edu/anthro/humanorigins/ha/laetoli.htm> (Datum: 3.1.'07)

http://www.planeten.ch/pages/terra/cwiki.php?page=Artikel:Die_Entwicklung_des_Menschen
(Datum: 3.1.'07)

<http://www.meinberlin.net/life/rs.jpgg> (Datum: 20.4.'07)

<http://www.gibbons.de/main/introduction/pics/1-5.giff> (Datum: 20.4.'07)