



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Die Lebensdauer einer Art – untersucht an einer
Carnivorenfauna aus dem Miozän

und

-Der Zeitbegriff des Menschen und seine Bedeutung in der
Paläontologie“

Verfasserin

Susanne Sturm

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2012

Studienkennzahl lt. Studienblatt:
Studienrichtung lt. Studienblatt:

Betreuerin:

A 190 299 445
Lehramtstudium UF Psychologie und Philosophie
und UF Biologie und Umweltkunde
Univ.-Prof. Mag. Dr. Doris Nagel

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen Personen danken, die mich bei dieser Arbeit und während meines gesamten Studiums unterstützt haben.

Zunächst möchte ich meiner Betreuerin Univ.-Prof. Mag. Dr. Doris Nagel für die kompetente fachliche Betreuung danken. Während der gesamten Zeit, in der ich an dieser Diplomarbeit geschrieben habe, hat sie mir mit Rat und Tat zur Seite gestanden. Dank ihr konnte ich Erfahrungen im Bereich der wissenschaftlichen Praxis sammeln, indem ich am Institut für Paläontologie arbeiten durfte. Sie hat mir das Material für den praktischen Teil und die dazu nötigen Informationen sowie Literatur zur Verfügung gestellt. Mit viel Geduld, fachlicher Unterstützung und konstruktivem Feedback hat sie mir geholfen, eine für mich interessante Arbeit zu verfassen.

Ein besonderer Dank gilt meinen Kommilitoninnen und Kommilitonen, die in den fünf Jahre meines Studiums mit mir zusammen gearbeitet und mir oft geholfen haben.

Zum Schluss möchte ich meinen Freunden und meiner gesamten Familie danken, vor allem meinen Eltern Bettina und Franz sowie meinen Brüdern Dominik und Philipp, die mich all die Jahre unterstützt haben.

Klingenbach, 2012

Susanne Sturm

„Dreifach ist der Schritt der Zeit: Zögernd kommt die Zukunft herbeigezogen, pfeilschnell ist
das Jetzt entfliegen, ewig still steht die Vergangenheit.“

FRIEDRICH SCHILLER

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	6
2. Theoretischer Teil	10
2.1. Zeit in der Psychologie.....	10
2.1.1. Psychologische Zeitbegriffe	10
2.1.1.1. Der subjektive Zeitbegriff und das subjektive Zeitparadoxon.....	13
2.1.2. Das Gesetz zur subjektiven Zeitwahrnehmung	15
2.1.3. Unterschiedliche Zeitwahrnehmung im Alter	18
2.1.3.1. Zeitwahrnehmung im Kindesalter.....	19
2.1.3.2. Zeitwahrnehmung im höheren Erwachsenenalter.....	20
2.1.4. Soziologische Gründe.....	22
2.1.4.1. Beschleunigung des „Tempos des Lebens“	22
2.1.4.2. Objektive Komponenten: Die Steigerung der Handlungsgeschwindigkeit	24
2.1.4.3. Subjektive Komponenten: Zeitdruck und die Erfahrung der rasenden Zeit	26
2.2. Artbildung und Artbildungskonzepte.....	30
2.2.1. Die Bedeutung des Begriffs „Art“.....	30
2.2.2. Der ökologische Artbegriff.....	31
2.2.3. Der genealogische Artbegriff	31
2.2.4. Der biologische Artbegriff.....	31
2.2.5. Der morphologische Artbegriff	33
2.2.5.1. Homologien – Die Grundlage morphologischer Artbestimmung.....	36
2.2.6. Die Bildung der Arten	37
2.2.7. Geschwindigkeit der Artbildung – Punktualismus vs. Gradualismus	40
2.2.8. Die Geschichte des Lebens auf der Erde	41
2.2.9. Möglichkeiten der Zeitdarstellung der Erdgeschichte.....	45
2.2.9.1. Die geradlinige Zeitskala als Tabelle.....	46
2.2.9.2. Das Ziffernblatt der Uhr.....	48
3. Systematischer Teil.....	50
3.1. Einleitung	50
3.1.1. Das Untermiozän	50
3.1.2. Methode	53
3.1.3. Systematik und Taxonomie	54
3.1.4. Foto- und Zeittabellen	54
3.2. Materialliste Hambach	55

3.3. Faunenzusammenfassung	79
4. Ergebnisse und Diskussion	80
5. Worterklärungen und Abkürzungen.....	89
6. Literaturverzeichnis und Internetquellen	90
7. Anhang.....	93

1. Einleitung

Der Begriff „Zeit“ ist ebenso konkret wie abstrakt. Man kann Zeit mit Hilfe von Apparaturen wie z.B. Uhren, Computern etc. messen. Wir teilen den Tag in Stunden, Minuten sowie Sekunden ein. Ein Jahr besteht aus 365,25 Tage (deshalb gibt es auch alle vier Jahre ein Schaltjahr, das einen Tag mehr beinhaltet), das sind umgerechnet 8 766 Stunden, 525 960 Minuten und 31 557 600 Sekunden.

Die Jahreszeiten Frühling, Sommer, Herbst und Winter sind Zeitintervalle, die das Jahr in vier „Quartale“ teilen, wobei man zwischen den astronomischen sowie den kalendarischen Jahreszeiten unterscheiden muss. Während die kalendarische Jahreszeit zu einem bestimmten Datum wie z.B. Winterbeginn am 21. Dezember, festgelegt ist, wird die astronomische Jahreszeit von dem Abschnitt bestimmt, auf dem sich die Sonne im Laufe des Jahres auf ihrer Umlaufbahn befindet.

In der Wissenschaft gibt es eine konkrete Zeiteinheit t [s] (= *second*), die in vielen Formeln Verwendung findet. Allein in der Physik spielen z.B. Zeitmessung und das Arbeiten mit Zeitformaten wie der Lichtgeschwindigkeit eine wichtige Rolle. Die Relativitätstheorie ist ein Stichwort, das unmittelbar mit dem Begriff der Zeit in Verbindung gebracht wird. Sie liefert nämlich Hinweise bzw. Beweise, dass es keine einheitliche Zeit gibt, die messbar wäre, dass, wenn sich zwei Beobachter relativ zueinander bewegen, diese unterschiedliche Wahrnehmungen dieses Zeitabschnittes haben. Welcher der Beobachter in seiner Zeitbeschreibung recht hat, kann nicht ermittelt werden, wodurch man behaupten könnte, dass jeder eine Eigenzeit besitzt. Dieses Phänomen der Zeitdilatation widerspricht Newtons Theorie einer absoluten Zeit.

Die Messung der Zeit sowie die Einteilung in Intervalle bzw. Abschnitte hat seit jeher dem Menschen in vielen Lebensbereichen gedient. Der wohl wichtigste betraf die Ernte. Der Bauer musste mit den Jahreszeiten und den damit verbunden Klima-, sowie Wetterbedingungen arbeiten um im Frühjahr die Saat auszubringen und im Herbst die Ernte einzufahren. Diverse Gemüse-, und Obstsorten konnten nur zu bestimmten Zeiten im Jahr angebaut werden. Auch diverse Festtage richten sich nach den jahreszeitlichen Abschnitten.

Zeit spiegelt sich auch in Veränderungen biologischer Prozessen in Organismen wider (HILDEBRAND, bei HELLER 2006). „In vielen Fällen entsprechen diese rhythmischen Schwankungen den tages- oder jahreszeitlichen Veränderungen der natürlichen Umwelt. Wir müssen daher annehmen, dass diese als Folge von Adaptionsvorgängen während der Evolution von Lebewesen ‘inkorporiert‘ worden sind. Das heißt, eine Reihe periodischer Lebensäußerungen spiegelt rhythmische Veränderungen der Umwelt wider und gehört damit zur *a-priori*-Ausstattung der Organismen, die einem phylogenetischen ‘Lernprozess‘ erworben worden sind.“ (HELLER 2006: S. 82) Zu diesen Organismen zählt auch der Mensch.

Die Paläontologie sowie die Erdwissenschaften beschäftigen sich mit der Einteilung von Zeitabschnitten der Erdgeschichte und benennen diese. Von der Entstehung der Erde bis zum Jetzt wird die Geschichte der Erde eingeteilt, den einzelnen großen Abschnitten werden Namen gegeben und diese werden wieder in weitere Abschnitte unterteilt. All diese Abschnitte werden durch bestimmte Gesteine, eine bestimmte fossile Flora sowie Fauna charakterisiert, wie später in der Arbeit noch gezeigt wird. Das Begreifen dieser riesigen Zeitabschnitte ist für die Betrachtung evolutiver Vorgänge notwendig, stellt aber für den Menschen ein großes Problem da. Der Grund dafür liegt teils in der Psychologie und teils in der oben genannten, in uns "inkorporierten" Uhr.

Zeit ist auch ein abstrakter Begriff. Während sie für die Naturwissenschaften eine messbare Größe darstellt, wirft sie in der Psychologie nur Fragen auf. Die Psychologie beschäftigt sich mit den Fragen der Zeitwahrnehmung bzw. dem Zeitgefühl. Es geht um die Wahrnehmung von Zeitdauer sowie Gleichzeitigkeit. Warum erscheint uns die Hinfahrt in den Urlaub länger, als die Rückfahrt? Warum dauert eine für uns langweilige Oper gefühlte zehn Stunden, während die Vorstellung unseres Lieblings-Kabarettisten wie im Fluge vergeht? Warum empfinden wir, zwei schnell aufeinander folgende Lichtpunkte als eine Bewegung, als wäre das Licht gewandert? Warum dauert eine Stunde für Kinder so lange, während diese für Erwachsene kaum wahrgenommen wird? Weshalb hat die heutige Generation von Jugendlichen keinen Bezug zum Ersten und Zweiten Weltkrieg mehr, obwohl der erste noch nicht einmal vor einhundert Jahren begonnen hat und der zweite erst vor sechsundsiebzig Jahren geendet hat?

Mit diesem Phänomen der Zeitwahrnehmung beschäftigt sich der erste Teil dieser Diplomarbeit. Aus Sicht der Psychologie wird versucht zu erörtern, warum wir heute das Gefühl haben, dass die Zeit „rennt“, besser noch „davon rennt.“ Wie verhält sich das heutige Zeitmanagement zur Aussage „Ich habe keine Zeit“?

Es ist auffällig, wie viele Ratgeber heute existieren, die sich mit Zeitmanagement, mit dem Sich-Zeit-Nehmen, dem Zeit-Haben, dem Wie-teile-ich-meine-Zeit-ein beschäftigen.

Vor allem der Ausdruck „Wir leben in einer schnelllebigen Zeit“ hat zu einer Veränderung der Zeitwahrnehmung geführt. Die vielen Dinge, die wir alltäglich meistern müssen, führen u.a. zu dem Gefühl des Zeitverlustes.

Der theoretische Teil soll mir dabei helfen, meine Hypothese zu überprüfen, dass Menschen eine ambivalente Einstellung zur Zeit haben. Meine These ist, dass er Zeit nicht „begreifen“ kann im Sinne von „anfassen“. Er kann sich immer nur selbst zu einer Sache in Bezug stellen. Im Falle der Zeit wäre dies ein Grund, warum z.B. Jugendliche das Thema Weltkriege weniger intensiv erleben können, wie jene, die sie überlebt haben. Für sie ist das Thema ein „weit zurückliegendes“ Kapitel in der Weltgeschichte. Jemand, der in dieser Zeit gelebt hat, hat dazu einen ganz anderen Bezug, kann sich an viel Schreckliches erinnern und bis heute leiden sie an den Erinnerungen. Meine Urgroßmutter war eine der sogenannten Trümmerfrauen und sie konnte einem ihre Erlebnisse so genau schildern, dass man glauben konnte, es wäre erst vor einem halben Jahr passiert. Sie war immer geschockt, dass die jungen Menschen von heute nicht mehr an diese Zeit denken, weil sie diese Situation nicht kennen und es auch hoffentlich niemals müssen.

Diese psychologische Betrachtung der Zeitwahrnehmung wird umgemünzt auf die paläontologische Sichtweise. Sie beschäftigt sich mit weitaus größeren Zeitintervallen als der Lebensdauer eines Menschen und betrachtet sie differenzierter. Die einzelnen Abschnitte der Erdgeschichte werden auf unterschiedliche Weise, geostratigraphisch, biostratigraphisch etc. eingeteilt. Typische Gesteine, fossilisierte Floren und Faunen helfen bei der Einteilung, in dem sie dabei selbst Einteilungskriterien darstellen. Dieser Aspekt wird im zweiten Theorieteil genauer ausgeführt.

Das Thema dieser Arbeit beschäftigt sich mit der Frage, wie lange eine Art „leben“ kann, bis sie entweder durch einen Nachfolger abgelöst wird oder ausstirbt. Wie lange dauert es, bis eine neue Art entsteht? Welche Merkmalsveränderungen definieren eine neue Art und wie

lange dauert es, bis diese Merkmale entstehen? Wo bzw. ab wann wird in der Paläoontologie abgegrenzt? Was ist der paläontologische Artbegriff und welche typologischen Probleme treten bei der Abgrenzung auf? Wie könnte ich dies meinen zukünftigen Schülerinnen und Schülern „begreifbar“ machen?

Um dieser Frage nachzugehen wurde im praktischen Teil meiner Arbeit die Raubtierfauna aus Hambach (Deutschland, Untermiozän) untersucht und bestimmt und die Problematik der paläontologischen Artdifferenzierung dabei selbst erlebt. An Hand von Raubtierzähnen und Kieferfragmenten aus dem Untermiozän habe ich eine Artdifferenzierung vorgenommen, dazu die jeweiligen Vor- sowie Nachfahren angeführt und ihre Lebensdauer auf der Erde tabellarisch darstellen.

Die Diskussion der Ergebnisse zeigen auf, welche Antworten ich auf meine Fragen bzgl. des Themas erhalten habe. Als angehende Lehrerin ist es für mich besonders wichtig, wie ich meine Ergebnisse auf den Schulunterricht ummünzen kann. Wie könnte ich das Thema „Lebensdauer einer Art“ praktisch darstellen, um es den Schülerinnen und Schülern „begreifbar“ zu machen? Die Antwort auf diese Frage findet sich dann im letzten Teil.

2. Theoretischer Teil

2.1. Zeit in der Psychologie

Die Psychologie beschäftigt sich mit dem Phänomen der Zeit unter den Gesichtspunkten Zeitwahrnehmung, Zeitgefühl und Gleichzeitigkeit. Einsteins Aussage, dass Zeit relativ ist, kann auf den psychologischen Zeitbegriff durchaus angewandt werden, da Personen Zeit tatsächlich unterschiedlich wahrnehmen können. Eine Stunde kann in einer für die Person langweiligen Oper zu fünf Stunden werden, während derselbe Zeitrahmen bei einem spannenden Thriller wie „im Fluge“ vergeht.

Zeiterleben, engl. *psychological time*, ist eine „Bezeichnung für die subjektive Zeiteinschätzung aufgrund der *Dauer* oder der Anzahl der während eines Zeitraumes gemachten Erfahrungen.“ (FRAISSE 1963, in FRÖHLICH 2008, S. 527)

Um den psychologischen Zeitbegriff genauer zu klären, dienen die nächsten Kapitel dieser Diplomarbeit.

Zunächst beginne ich mit einer Definition verschiedener psychologischer Zeitbegriffe. Unter diesen Zeitbegriffen finden sich, mehr auf das psychologische bezogen, der subjektive Zeitbegriff sowie das subjektive Paradoxon. Auf diese wird dann im Detail eingegangen.

Danach folgt das „Gesetz zur subjektiven Zeitwahrnehmung“ nach MARQUARDT (2005), der die Zeitwahrnehmung durch eine mathematische Formel veranschaulicht.

Des Weiteren erfolgt eine Erklärung zur altersabhängigen Zeitwahrnehmung. Genauer beleuchtet werden hierbei das Kindes- sowie das höhere Erwachsenenalter.

Als letzter Punkt erfolgt der Versuch einer Begründung für die unterschiedliche Wahrnehmung von Zeitabschnitten. Dabei stütze ich mich auf die Thesen von ROSA HARTMUT (2005), der sich mit der Beschleunigung des „Tempos des Lebens“ und den Paradoxien der Zeiterfahrung auseinander gesetzt hat.

2.1.1. Psychologische Zeitbegriffe

In der Psychologie zählt die Zeit zur Kategorie der Wahrnehmung bzw. des Erlebens. Zeitliche Abschnitte sind gefüllt mit Ereignissen, die unser Gefühl bzw. unsere

Wahrnehmung von Zeit beeinflussen. Die Psychologie beschäftigt sich daher mit dem Phänomen des „Zeiterlebens“ und postuliert, dass der Mensch den Ablauf der Zeit subjektiv erlebt (BOGACKI 1998). Ein wichtiger Faktor ist hierbei das Verhältnis von Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft. „Seine Erinnerungen sind mit der Vergangenheit, momentane Gedanken und Handlungen mit der Gegenwart und Erwartungen mit der Zukunft assoziiert.“ (DORSCH 1987, in BOGACKI 1998)

Zunächst unterscheidet die Psychologie zwischen der subjektiven und der objektiven Zeit, welche BERGSON (1889/1994, in HINZ 2000) populär gemacht hat. Objektive Zeit, auch „*temps*“ genannt, ist jene Zeit, die durch Uhren gemessen werden kann, während die subjektive Zeit, „*durée*“ genannt, das Zeitgefühl des Menschen beschreibt.

Für den Menschen läuft die objektive Zeit kontinuierlich ab, wodurch sie mit Hilfe chronologischer Zeitmesser gemessen werden kann. Sie ist auch diejenige, die mit Hilfe der Relativitätstheorie widerlegt wird, die das Postulat einer absoluten Zeit zunichtemacht. Die Gegenwart spielt im objektiven Zeitbegriff nur eine „kleine“ Rolle, da sie vergleichsweise als ein winziger Punkt zwischen Vergangenheit und Zukunft gesehen wird (Internetquelle 1).

Der subjektive Zeitbegriff umfasst bei HINZ (2000) „[...] eine verwirrende begriffliche Vielfalt: Man redet von Zeiterfahrung, Zeiterleben, Zeitgefühl, Zeitgedächtnis, Zeitsinn, Zeitwahrnehmung, Zeitschätzung, Zeitvorstellung, Zeitorientierung, Zeithorizont, Zeitperspektive, Zeitbewußtsein etc.“ Zusammenfassend haben sich die Begriffe „Zeitwahrnehmung“, die kurze Perioden beschreibt, sowie die „Zeitschätzung“ für längere Perioden, manifestiert. Dabei spielen bei der Zeitwahrnehmung die Erfahrungen der Gegenwart eine Rolle (HINZ 2000) sowie Ereignisse, die wir erleben (Internetquelle 1). Bei der Zeitschätzung sind es hingegen Gedächtnisprozesse, die die Hauptrolle spielen (HINZ 2000).

Der Weiteren unterscheidet die Psychologie die Begriffe Zeitverhalten sowie Zeitordnung (Internetquelle 1). Jene Ereignisse, die wir erleben, können wir auch bewirken bzw. beeinflussen, was durch das Zeitverhalten beschrieben wird. Die Zeitordnung beschreibt hingegen unsere Orientierung auf diese Ereignisse.

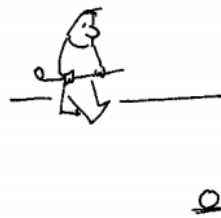
Die Psychologie der Zeit ist untrennbar mit den Begriffen Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft verknüpft. Der Mensch bewegt sich unumkehrbar auf einem sogenannten „Zeitpfeil“

voran, der nur in eine Richtung, nämlich in die Zukunft, zeigt (DIEHL 1993). DIEHL (1993) zeigt in seinem Werk „Die Zeit, die wir nicht haben“ auf, dass jener Zeitpfeil unterschiedlich dargestellt werden kann (S. 15-17). Er kann z.B. als Tagespfeil (Abb. 1) oder Lebenspfeil (Abb. 2), als gedehnt, gebogen, vergrößert oder übersprungen dargestellt werden. Wie der Mensch kann er geformt und verändert werden, doch bleibt seine Richtung immer die gleiche.

... so können wir das NACHEINANDER der Ereignisse aufzeichnen ...

EREIGNIS 1

EREIGNIS 2



EREIGNIS 3

EREIGNIS 4



... und auf Zeitpfeilen mit entsprechender Skala alle Ereignisse, wie sie sich nacheinander ereignen, genau markieren.

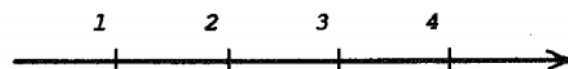


Abb.1: Darstellung des Zeitpfeils als Ereignisskala (entnommen aus DIEHL 1993: S. 14)

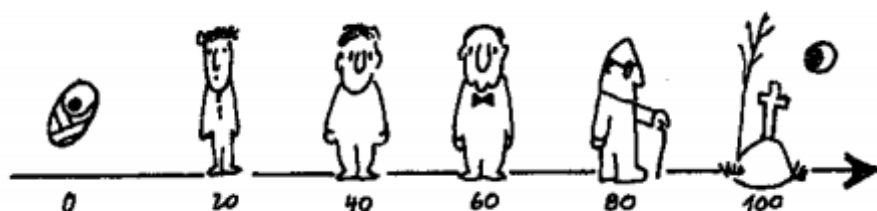


Abb.2: Darstellung des Zeitpfeils als „Lebenspfeil“ (entnommen aus DIEHL 1993: S. 15)

Das Verhältnis des Menschen zu Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft wird von HINZ (2000) als „Zeitperspektive“ bezeichnet. Wichtig hierfür ist das „Zeiterleben“. Es meint das

Empfinden der Zeit, was einem Subjekt bewusst ist oder vollkommen vergessen werden kann. Beim Bewusstsein von Zeit kann einem diese, je nachdem, welche Parameter vorherrschen, schnell oder kurz vorkommen. Man kann sich in der Zeit wohl fühlen, oder sich nervös fühlen, wenn man es z.B. eilig hat. Man kann aber auch der Welt-Zeit, d.h. jener Zeit, die allen gemeinsam ist, was auch als „Zeittempo der Gesellschaft“ bezeichnet werden könnte, hinterherhinken (HINZ 2000).

HINZ (2000) führt vier Hauptqualitäten des Zeiterlebens an:

- **Das Vergehen der Zeit kommt einem langsam oder schnell vor.** Hierbei wird auf die individuelle Zeitempfindung Bezug genommen. „Unterschieden werden muß dabei zwischen der Retrospektive (die Zeit verging schnell oder langsam) und dem Zeitempfinden in der Gegenwärtigkeit (die Zeit zieht sich oder sie flieht).“ (HINZ 2000, S. 10)
- **In-der-Zeit-Sein und Zeit-Haben werden als angenehm oder unangenehm erlebt.** „Das In-der-Zeit-Sein kann leicht oder schwer erlebt werden, als bedrohlich oder als chancenreich, als ausgefüllt oder als leer. Das Zeit-Haben kann als knapp oder als reich erlebt werden.“ (HINZ 2000, S. 10)
- **Zeit kann bewusst oder nicht bewusst sein.**
- **Das eigene Zeittempo stimmt mit der Weltzeit überein bzw. nicht überein,** d.h. schneller oder langsamer. Dabei spielt die soziale Bezugsnorm die wesentliche Rolle.

Als letzter Punkt sei der Begriff des „Zeitmanagements“ angeführt, der den Umgang mit Zeitressourcen darstellt. Wie plane ich meinen Tag, diese Stunde, diese Unterrichtseinheit etc. sind Fragen, die ich mir stelle, wenn ich mir meine Zeit „einplane“. Zeit wird somit zu einer Ressource, der ich mich bedienen kann, die mir zur freien Verfügung steht, die ich nutzen, planen, aufteilen, zusammenfassen oder einfach nur fließen lassen kann. Besonders in der heutigen Zeit, in der die Menschen immer mehr von Zeitdruck und dem daraus resultierenden Stressgefühl klagen, ist Zeit eine wichtige und gefühlt rare Ressource geworden. Nicht umsonst beschäftigt sich daher die Psychologie auch mit dem Problem des Zeitmanagements.

2.1.1.1. Der subjektive Zeitbegriff und das subjektive Zeitparadoxon

Die Zeitwahrnehmung des Menschen ist ein subjektiver Prozess, in dem Zeit gedehnt oder verkürzt erscheint, je nachdem, welche Ereignisse bzw. Erlebnisse in diesem Zeitraum

stattfinden. Wodurch zeigt sich diese Subjektivität? Um dies bildlich darzustellen benötigt es ein paar Beispiele.

Als Angstpatient kann einem das Ausharren im Wartezimmer des Zahnarztes sehr lange vorkommen, weil man sich wünscht, dass es endlich vorbei wäre und man die Praxis verlassen könnte. Dann liegt man endlich auf dem Behandlungsstuhl, die Hände schwitzen, das Licht blendet und der Arzt beginnt mit der Untersuchung. Eine gefühlte Ewigkeit untersucht er die Zähne. Man ist sich sicher, heute wird er bohren. Der Arzt macht einem Komplimente, die Zähne sehen sehr gepflegt aus, doch als Patient denkt man sich, er will mich nur beruhigen. Wenn alles in Ordnung wäre, wäre ich schon längst fertig. Ein wenig Zahnstein hat sich gebildet, der weggeschliffen wird. Das Geräusch der Bohrers lässt die Nerven flattern, der Arzt gibt der Assistentin Anweisungen. Warum dauert das nur so lange? Endlich ist es vorbei. Der Arzt erinnert an die nächste Kontrolle in einem halben Jahr. Endlich darf ich die Praxis verlassen. Ich blicke auf die Uhr. Alles hat insgesamt nur fünfzehn Minuten gedauert. Mir kam es wie eine Ewigkeit vor.

Dieses Beispiel ist aus meinem Leben gegriffen, denn jedes Mal, wenn ich beim Zahnarzt bin, kommt es mir wie Stunden vor, bis ich endlich fertig bin. Besonders das Warten ist für mich manchmal unerträglich, da mich die Angst vor dem Bohrer und eventuellen Schmerzen nicht los lässt.

Ein anderes Beispiel wäre eine Prüfungssituation. Die Zeit vor der Prüfung kommt einem unendlich lange vor, während die zwanzig Minuten der Prüfung selbst in Windeseile vergehen und man sich im Nachhinein vielleicht gar nicht mehr an die Prüfungsfragen bzw. das Prüfungsgespräch erinnern kann.

Ein Kinobesuch kann zeitmäßig gedehnt oder verkürzt erscheinen, je nachdem, wie spannend der Film war. Eine zweistündige Kabarett – Vorstellung kann ganz plötzlich vorbei sein, weil ständig die Lachmuskeln angestrengt wurden.

Als Kind musste ich jeden Sonntag die Messe besuchen und die ca. fünfzehnminütige Predigt war für mich jedes Mal eine nicht enden wollende Qual. Besonders, wenn man stillsitzen muss und nichts tun darf, will die Zeit einfach nicht vergehen. Wenn ich heute die Messe besuche, verfliegen die Minuten der Predigt sehr schnell, besonders, wenn ich dabei in meinen eigenen Gedanken versunken bin.

All diese Beispiele zeigen, wie abhängig die Zeitwahrnehmung von den Emotionen, den Situationen, den Ereignissen und unseren Erlebnissen, die in ihnen stattgefunden haben, ist.

Doch nicht nur Stunden können gedehnt oder verkürzt erscheinen. Auch Tage, Wochen, Monate, Jahre zerrinnen. Für mich als Studentin vergeht das Semester sehr schnell, weil ich ständig mit Prüfungen, Übungen, dem Schreiben von Protokollen, dem Planen von Präsentationen usw. beschäftigt bin. Und wenn dann erst einmal die Ferien anfangen und ich mir zwei Wochen Pause gönne, ziehen sich die Tage wie zäher Kaugummi und ich suche regelrecht nach einer Beschäftigung, um die Stunden vergehen zu lassen.

Das **subjektive Zeitparadoxon** zählt nach ROSA (2005) zu den subjektiven Parametern, nach denen die Zeit gedehnt bzw. verkürzt erscheint. Das Paradoxe zeigt sich in der Tatsache, dass sich Erinnerungen gegenüber dem Erleben umkehren. Interessant empfundene Erlebnisse prägen sich als prägnantere Gedächtnisspuren ein als langweilige. Dies führt dazu, dass die Zeit, in der dieses Erlebnis stattgefunden hat, in der Erinnerung gedehnt erscheint. Man erinnert sich zum Beispiel an jedes Detail am Tage der eigenen Hochzeit, da dieser Zeitpunkt eine wichtige Wende darstellt und man vielleicht als Frau schon immer von diesem Tag geträumt hat und man sich präzise darauf vorbereitet hat. Andere Tage hingegen, die durch alltägliche Dinge gekennzeichnet sind, ziehen an uns vorüber, ohne dass wir sie bemerken und uns daran erinnern können. Ein kurzes Ereignis (in diesem Falle die eintägige Hochzeitsfeier) kann zu einem gedehnten Erlebnisinhalt in unserem Gedächtnis führen.

Die sozialen Strukturen dieses Paradoxons werden in einem anderen Teil der Diplomarbeit noch weiter ausgeführt.

2.1.2. Das Gesetz zur subjektiven Zeitwahrnehmung

MARQUARDT (2005) stellte die subjektive Zeitwahrnehmung mit Hilfe einer Logarithmus-Funktion dar. Ausgangssituation war die Tatsache, dass sich die Zeitwahrnehmung im Alter zwischen 20 und 30 Jahren durch eine markante Zunahme des Verrinnens der Zeit kennzeichnet. Menschen besitzen physiologische Uhren, sogenannte „Innere Uhren“, durch die Zeitspannen wahrgenommen werden können, z.B. der Wach – Schlaf – Rhythmus. Wichtig für diese Form der Wahrnehmung sind die Zeitgeber, auch „Oszillatoren“ genannt.

Wo sich diese Oszillatoren befinden, ist bis heute umstritten. Die gängige Theorie weist ihnen ihren Sitz im Zentralnervensystem zu, wobei verschiedene Strukturen eine Rolle spielen. Laut dem Artikel der Berliner Morgenpost, der in MARQUARDTS Artikel (2005) erwähnt wird, erfahren diese biochemischen Prozesse eine gravierende Beschleunigung, die sich u.a. auch in der Zunahme freier Radikaler zeigt (MARQUARDT 2005). Die Zirbeldrüse scheint hierbei der Haupt – Zeittaktgeber zu sein.

Um das Gesetz zur subjektiven Zeitwahrnehmung in Form einer mathematischen Formel näher zu betrachten, geht MARQUARDT (2005) zunächst davon aus, dass die Zeitwahrnehmung bei Kindern im Alter von 5 ± 1 Jahren beginnt und sich ein erstes Zeitverständnis ausbildet.

Parameter der mathematischen Formel sind der subjektive Zeitverlauf (v_{ts}), der objektive Zeitverlauf sowie das objektive Lebensalter (t_{lA}).

$$\Delta v_{ts} = \Delta t : t_{lA}$$

Daraus entsteht folgende Differentialgleichung:

$$d v_{ts} = d t : t_{lA}$$

Nun folgt eine Integration auf beiden Seiten:

$$\int d v_{ts} = \int d t : t_{lA}$$

Die Lösung der Differentialgleichung lautet wie folgt:

$$v_{ts} = k \ln t_{lA} : t_0$$

v_{ts} ... subjektiver Zeitverlauf

t_{lA} ... objektives Lebensalter

t_0 ... Variable, bei der Zeitverständnis und Zeitwahrnehmung zum ersten Mal im Lebens eines Kindes auftreten, d.h. 5 ± 1 Jahr

k ... Konstante, die einen Wert von rund 1 annimmt

Mit Hilfe dieser Funktion erstellte MARQUARDT (2005) folgende Tabelle (Tab. 1):

$t_{LA} (a)$	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
$t_{LA} : t_0 (t_0 = 5)$	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
$\ln t_{LA} : t_0$	0	0,7	1,4	1,8	2,1	2,3	2,5	2,6	2,8	2,9	3	3,1

Tab. 1: Darstellung der mathematischen Relation zur subjektiven Zeitwahrnehmung. Für ein Kind mit 10 Jahren vergeht die Zeit nur 0,7 Mal so schnell, wie eine Stunde, wodurch die Zeit gedehnt erscheint und Langeweile entsteht. Für einen 80 – jährigen hingegen vergeht die eine Stunde 2,8 Mal so schnell, wodurch die Zeit zu „rasen“ scheint. (entnommen aus MARQUARDT 2005: S. 5)

MARQUARDT konnte somit folgende Grafik (Abb. 3) erstellen:

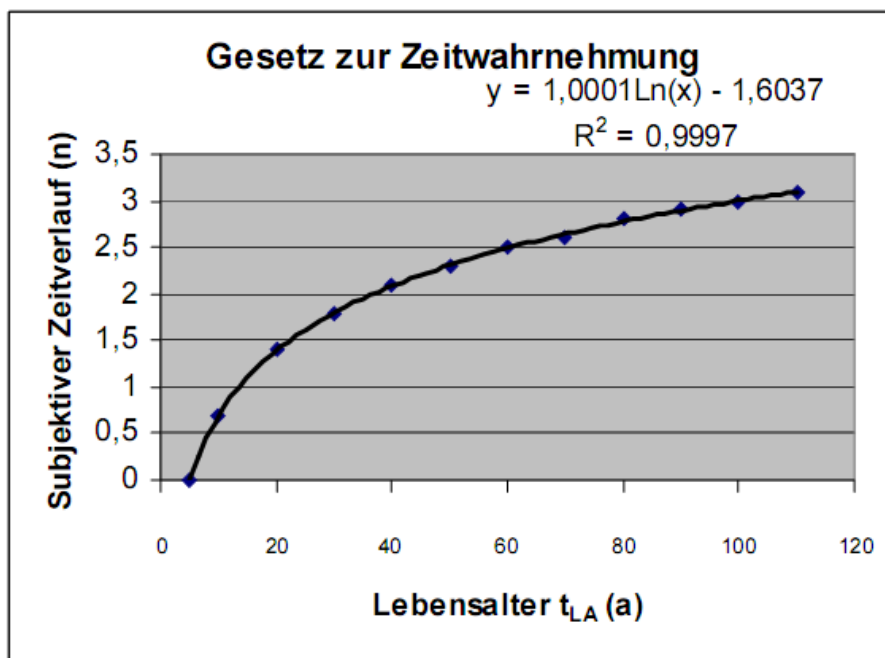


Abb.3: Zeigt die funktionelle Beziehung des Lebensalters $t_{LA} (a)$ und dem subjektiven Zeitempfinden (entnommen aus MARQUARDT 2005: S 5)

MARQUARDT (2005) führt an, dass mit dieser Grafik die Geschwindigkeit des Zeitempfindens reflektiert werden kann. Es zeigt sich, dass diese Geschwindigkeit nicht konstant über die Lebensspanne hinweg verläuft, sondern die Unterschiede mit zunehmendem Alter weniger werden. In Bezugnahme auf die oben erwähnte Veränderung der Zeitwahrnehmung zwischen 20 und 30 Jahren zeigt sich hier ein Unterschied von 0,4 ($1,8 - 1,4 = 0,4$; siehe Tab. 1 und Abb. 3). Dieses Zeitphänomen in diesem Alter nimmt man aufgrund des Zeitsprungs wahrscheinlich sehr bewusst war. Man beginnt die „rasende“ Zeit

zu reflektieren. Im höheren Alter nimmt man dieses Phänomen nicht mehr so stark wahr, zwischen dem 80. und 90. Lebensjahr beträgt der Unterschied gerade einmal 0,1, obwohl auch hier die Zeit zu rasen scheint.

Den größten Sprung erfahren hingegen Jugendliche im Alter zwischen 10 und 20 Jahren mit einer Differenz von 0,7. Als Grund für die immer früher einsetzende bzw. reflektierende bewusste Wahrnehmung des Zeitsprunges, führt MARQUARDT (2005) Umweltreize, Informationsflut, die Beeinflussung durch Medien und die zunehmende Intelligenz der Jugendlichen an.

2.1.3. Unterschiedliche Zeitwahrnehmung im Alter

Es ist auffällig, wie viele Menschen mit zunehmendem Alter über die „rasende“ Zeit klagen. Objektiv ändert sich nichts an einer Stunde, aber subjektiv erfährt ihre Wahrnehmung einen Wandel. Kinder empfinden die Zeitspanne von einer Stunde als lang, während ältere Personen seufzen und sich die Frage stellen: „Diese Stunde ist so schnell vergangen, wo ist die Zeit nur hin?“

Betrachten wir die großen Unterschiede zwischen Kindern und Erwachsenen, zeigt sich, dass letztere wesentlich mehr, meist verpflichtende und daher oft unangenehme Ereignisse in einer gewissen Zeitspanne unterbringen müssen. Nehmen wir als Beispiel die letzte Woche vor der einwöchigen Urlaubsreise nach Italien. Jeden Tag fragt das vierjährige Kind seine Eltern, wie oft es noch schlafen muss, bis sie auf Urlaub fahren. Das Kind hat in dieser Zeit keinerlei Verpflichtungen, der Tag besteht aus Spielen, Fernsehen, etc. Die letzten Tage kommen ihm entsetzlich lange vor, weshalb es immer wieder fragt, wie oft es noch schlafen gehen muss. Für die Eltern hingegen bedeutet die letzte Woche Stress, denn eine Liste muss aufgestellt werden, auf der vermerkt wird, was alles mitzunehmen ist. Verwandte müssen darum gebeten werden, sich um Haus und Garten zu kümmern. Das Kind wird zu Freunden oder Verwandten gefahren und abgeholt. Vor dem Urlaubsantritt müssen noch alle Aufgaben in der Arbeit erledigt werden. Die Kolleginnen und Kollegen erhalten letzte Anweisungen. Kleidung, Reisepässe, Hygieneartikel etc. müssen eingepackt werden usw. Für die Eltern vergeht die letzte Woche wie im Fluge.

Die zwei nachfolgenden Unterkapitel beschäftigen sich mit der Zeitwahrnehmung im Kindesalter sowie dem Erwachsenenalter. Zu diesem Phänomen gibt es diverse Literatur sowie Studien, wobei ich mich zusammenfassend vorwiegend an den „klassischen“ Ansätzen der emotionalen sowie kognitiven Entwicklung nach HINZ (2000) orientieren werde.

2.1.3.1. Zeitwahrnehmung im Kindesalter

Das primäre Zeiterleben beginnt nach der psychoanalytischen Entwicklungstheorie vor dem Phänomen der Zeitwahrnehmung im Alter von ca. einem Jahr (HINZ 2000). Zu dieser Zeit befindet sich das Kind in der oralen Phase und erlebt Zeit zunächst als etwas Negatives. Negativ deshalb, weil Zeit als Spanne erlebt wird, in der das Kind Hunger hat. Die erste Zeitperspektive, die nach ORGEL (1965, bei HINZ 2000) beim Kind dadurch entsteht, ist die Vergangenheit. Das Hungergefühl zeigt dem Kind, dass ihm etwas fehlt, was es schon einmal hatte. Erst mit dem Gefühl einer positiven Befriedigung in Verbindung mit Zeit, entsteht die Zeitperspektive der Zukunft. Das Kind erkennt, dass es nach einer gewissen Zeit die Flasche bekommt und somit sein Hungergefühl befriedigen kann. Die gesunde Frustrationstoleranz, das Warten-Können, ist nach GUTWINSKI-JEGGLE (1992, in HINZ 2000) die erste positive Zeiterfahrung, wobei man nicht davon ausgehen sollte, dass das Kind bereits die Zukunft antizipiert hat, denn es könnte sich auch um eine Form der Konditionierung handeln.

Im zweiten Lebensjahr, das durch die anale Phase geprägt ist, bekommt das Kind einen Eindruck von Zeitordnung und Intervallen (HINZ 2000). Geprägt ist diese Phase durch Machtkämpfe mit den Eltern, die sich auch auf zeitlicher Ebene zeigen. „Entscheidet das Kind diesen Machtkampf für sich, kann dies der Grundstein sein für lustvolles Aufschieben, für Spontaneität, Unpünktlichkeit, sowie narzistisch geprägten Forderungen nach Pünktlichkeit bei anderen.“ (HINZ 2000: S. 42)

In der phallischen Phase, welche zwischen dem dritten und fünften Lebensjahr eintritt, wird vor allem der Altersunterschied zwischen den Eltern und dem Selbst registriert (HINZ 2000). Geprägt ist diese Phase durch den sogenannten Ödipuskomplex sowie dem kognitiven Aspekt eines noch nicht vorhandenem Zeitbegriffs. Kinder können zwar Vorstellungen über ihre Zukunft haben, jedoch keine Vorstellungen von der Zukunft eines Erwachsenen. Das Kind registriert, dass es älter wird, sich verändert, während Erwachsene immer gleich bleiben und sich nicht verändern. Dies führt im Bezug auf den Ödipuskomplex zu Heiratsphantasien der

Kinder. Nach PIAGET (1955, in HINZ 2000) verwechseln Kinder in dieser Phase der kognitiven Entwicklung die Größe mit dem Alter. Da sie nur sich als größer und somit älter werdend betrachten, jedoch nicht ihre Eltern, führt dies zu der Annahme, dass sie sie heiraten könnten. Dieses Beispiel spiegelt den kindlichen Egozentrismus wider, der dadurch gekennzeichnet ist, dass Kinder nicht in der Lage sind, die Perspektiven anderer zu übernehmen.

Für PIAGET (1955, in HINZ 2000) ist die Kategorie der Zeit nicht angeboren, sondern wird im Laufe des Lebens erworben. Die Bildung des Zeitbegriffs beginnt erst am Ende der als „präoperativ“ bezeichneten Phase.

Im ersten Stadium (4. bis 6. Lebensjahr) definiert das Kind Alter durch den Begriff der Körpergröße. Der ältere Bruder bzw. die ältere Schwester wird als größerer Bruder bzw. größere Schwester wahrgenommen. Des Weiteren glauben Kinder, dass sie ihre Geschwister vom Alter her noch überholen können. Kennzeichnend ist auch die Tatsache, dass die Zeit scheinbar als unbegrenzt angesehen wird, dass das Kind sozusagen keine Ahnung von der Lebensrestzeit besitzt. Im zweiten Stadium (7. und 8. Lebensjahr) verhält es sich so ähnlich. Im dritten Stadium (ab dem 9. Lebensjahr) verstehen Kinder das Konstantbleiben von Altersunterschieden. Trotzdem treten noch Schwierigkeiten auf, einzusehen, dass die Zeit auf Konventionen beruht. Erst im letzten Stadium nach PIAGET (1955, in HINZ 2000), dem Stadium der „formalen Operationen“ (ab dem 12. Lebensjahr), erkennen Kinder die Konventionen der Zeit an, in dem sie z.B. einsehen, „[...] daß sie nicht älter oder jünger werden, wenn die Zeit umgestellt wird.“ (HINZ 2000: S. 45)

Für PIAGET (1955, in HINZ 2000) entstehen Zeittäuschungen, d.h. das falsche Einschätzen von Zeitspannen, aufgrund des unausgebildeten Entwicklungsstandes des Kindes.

2.1.3.2. Zeitwahrnehmung im höheren Erwachsenenalter

Das Phänomen des Zeiterlebens im höheren Erwachsenenalter ist wesentlich besser und öfter beschrieben worden, als im Kindesalter. Vorherrschend ist dabei die Hypothese, dass die Zeit mit zunehmendem Alter zu „fliegen“ scheint. Zeitintervalle werden viel kürzer wahrgenommen als sie eigentlich sind.

Für diese verkürzte Wahrnehmung werden hauptsächlich zwei Gründe angeführt, das biologische Alter und gedächtnispsychologische Veränderungen (HINZ 2000).

Schon FRAISSE (1966, bei HINZ 2000) sieht die veränderte Zweitwahrnehmung in Korrelation zur biologischen Entwicklung des Alters. „Die Verlangsamung der Körperfunktionen im Alter trage dazu bei, daß das eigene Lebenstempo im Vergleich zur Außenwelt langsamer werde und daß einem die Zeit deshalb immer zu kurz sei.“ (HINZ 2000: S.49)

KRIEGLER (1998) fasst diese Veränderungen in ihrer Diplomarbeit „Psychologische und biologische Aspekte altersabhängiger Zeitschätzung“ kurz zusammen. Vor allem zeichnet sich das Altern durch Leistungsminderung auf vielen Ebenen aus. Sei es das Herz-, Kreislaufsystem (Verlangsamung der Herzfrequenz, zunehmendes Erstarren der Blutgefäße), der Bewegungsapparat (Abbau der Muskulatur, steigende Porosität der Knochen), Veränderungen der Sinneswahrnehmung (schlechter hören, anders schmecken), neuronale Veränderungen (Absterben von Nervenzellen, Abbau im Gangliensystem, das Auflösen von Verknüpfungen der Nervenzellen untereinander)... all diese Veränderungen können zu einer Veränderung der Zeitwahrnehmung führen.

Intellektuelle Veränderungen lassen sich ebenfalls feststellen. Sprachlich gebundenes Denken weist auch im hohen Alter eine noch hohe Stabilität auf, unter der Voraussetzung, dass es sich um die Reaktivierung früh erworbenen Wissens handelt. „Umstellung, Umstrukturierung von erworbenem Erfahrungsgut, Übertragung von Erfahrungen aus bestimmten Zusammenhängen auf mehr oder minder andersartige - dies alles sind Leistungsvarianten, welche dem älteren Menschen schwerer werden.“ (KRIEGLER 1998: S. 47)

Persönlichkeitsänderungen (erhöhte Kompromissbereitschaft, die im Jugendalter nicht derart häufig vorkommt) sowie soziale Veränderungen (Einsamkeit, Isolation), Erkrankungen, sowie die Pensionierung sind ebenfalls Parameter, die zu Veränderungen der Zeitwahrnehmung führen (KRIEGLER 1998).

Die gedächtnispsychologische Erklärung findet sich u.a. bei JAMES (1909, bei HINZ 2000) wieder. Mit zunehmendem Alter werden Erlebnisse immer vertrauter, d.h. sie verlieren an Aktualität. Dies führt dazu, dass diese Erlebnisse im Gedächtnis nicht mehr haften bleiben. Die nähere Vergangenheit zeichnet sich daher durch weniger Erlebnisse aus, als die späte. Man erinnert sich retrospektiv an seine frühen Jahre, in denen man alle neuen Erlebnisse noch wie ein Schwamm aufgesogen hat. Doch mit zunehmendem Alter kommt nichts Neues hinzu,

an das es sich zu erinnern wert wäre. „Dies führt dazu, daß im Alter die gerade verflossene Zeit im Rückblick als schnell erlebt wird.“ (HINZ 2000: S. 49)

Daneben fungiert auch die Reflexion auf die Gesamtlebenszeit als Erklärung für verändertes Zeiterleben. WALLACH und GREEN (1961, in HINZ 2000) führten an, dass ältere Menschen ihrer noch vorhandenen Lebenszeit eine höhere Bedeutsamkeit beimessen und somit die Zeit schneller vergeht. Für diese Theorie fungieren die Symptome der sogenannten *Midlife Crisis*. Hierbei wird von FISSENI (1995, in HINZ 2000) postuliert, dass bis zum 40. Lebensjahr die Spanne, die seit der Geburt gemessen wird, von Bedeutung ist. Ab dem 40. Lebensjahr hingegen wendet man sich der Spanne zu, die bis zum Tod reicht. „Erst im Alter von über 50 Jahren erfolge eine Bilanzierung und eine Hinwendung zum Realismus in der Berufslaufbahn.“ (HINZ 2000: S. 50)

„Festzuhalten ist, daß das Zeiterleben im höheren Erwachsenenalter in erster Linie von den jeweiligen Aktivitäten, Kognitionen und Emotionen abhängt.“ (HINZ 2000: S. 51)

2.1.4. Soziologische Gründe

2.1.4.1. Beschleunigung des „Tempos des Lebens“

Für viele Menschen der westlichen Welt vergeht die Zeit wie im Fluge. Sie fragen sich, wo die Zeit hin ist, denn sie haben den Eindruck, für heute viel zu wenig getan zu haben. Sie benötigen mehr Zeit, d.h. der Tag bräuchte mehr als vierundzwanzig Stunden, um alles schaffen zu können, was man sich vorgenommen hat. Doch wäre der Mensch tatsächlich mit mehr Stunden zufrieden? Wahrscheinlich nicht, denn selbst dann würde einem immer noch etwas einfallen, dass man noch schnell erledigen muss und übrig bleibt ein unbefriedigendes Gefühl.

Die vielen Aufgaben, die wir uns selbst stellen, müssen wir auf die Zeit verteilen, die wir zur Verfügung haben. Wir haben den Eindruck, nicht mithalten zu können, zu „altern“, wenn wir nicht so viel wie möglich schaffen können. Die Angst, auf der Strecke zu bleiben, ist unser ständiger Begleiter. Denn das, was wir jetzt nicht schaffen, müssen wir auf einen anderen

Zeitpunkt verlegen und uns zum eigentlichen Pensum noch dazu auflasten. Somit entsteht das Gefühl von Zeitdruck, der schließlich in Stress resultiert.

Laut ROSA (2005) erhöhte sich das Tempo des Lebens beständig, jede Epoche kann von sich behaupten, in einem historisch beispiellosen Rekordtempo gelebt zu haben. Es stellt sich nur die Frage, wie kann diese Beschleunigung empirisch nachgewiesen werden? Zur Beantwortung dieser Frage führt er eine preisgekrönte sozialpsychologische Untersuchung des kalifornischen Soziologen ROBERT LEVINE (1999, in ROSA 2005: S. 195-197) an, die das Lebenstempo in 31 größeren Städten verteilt auf vier Erdteile untersuchte „Danach lässt sich das je kulturell bestimmte Lebenstempo anhand dreier Indikatoren ermitteln: ,Erstens die Gehgeschwindigkeit – die Geschwindigkeit, mit der Fußgänger im Bereich der Innenstadt eine Strecke von 20 Metern zurücklegen; zweitens die Arbeitsgeschwindigkeit – wie lange Postangestellte brauchen, um jemanden eine Standardbriefmarke zu kaufen, und drittens die Genauigkeit öffentlicher Uhren.“ (ROSA 2005: S. 196)

Diese Einteilungskriterien werden jedoch von ROSA (2005) kritisiert. Die einzelnen Indikatoren können seiner Meinung nach nicht als Messinstrumente herangenommen werden. Erstens haben Menschen ein unterschiedliches Geh – Tempo, zweitens arbeiten Postämter unterschiedlich schnell, je nachdem welchen Status (meist finanziell) sie in der Stadt innehaben und drittens, stellt er sich die Frage nach der Wichtigkeit von Uhren, da diese in wichtigen Bereichen der Städte, wie modernen Flughäfen, immer mehr verschwinden, sie somit ein Festhalten an Rückständigkeit darstellen.

Aus diesen Gründen verfasste ROSA (2005) seine eigene Definition. Nach ihm ist die „[...] Beschleunigung des Lebenstempos als *Steigerung der Handlungs- und/oder Erlebnisepisoden pro Zeiteinheit infolge einer Verknappung von Zeitressourcen* zu definieren und in eine objektive und eine subjektive Komponente zu unterscheiden.“ (ROSA 2005: S. 198) Objektiv meint er hierbei die Verdichtung von Handlungs- bzw. Erlebnisepisoden, die mit Hilfe von Zeitbudgetstudien gemessen werden. Subjektiv hingegen sind die Erfahrungen von Stress, Zeitdruck sowie dem Phänomen der „rasenden“ Zeit, die zu dem Gefühl der Zeitverknappung führen. Die Beschleunigung des Lebenstempos bedeutet „[...] daher eine *Zunahme der aggregierten Handlungsgeschwindigkeit* ebenso wie die *Veränderung der Zeiterfahrung* des Alltagslebens.“ (ROSA 2005: S.198)

2.1.4.2. Objektive Komponenten: Die Steigerung der Handlungsgeschwindigkeit

Bei ROSA (2005) gibt es vier Strategien der Steigerung der Handlungsgeschwindigkeit, die zur Zeitverdichtung führen:

1. **das Handeln selbst wird beschleunigt** → z.B. wir gehen schneller
2. **Pausen und Leerzeiten werden reduziert oder eliminiert**
3. **mehrere Handlungen werden gleichzeitig durchgeführt** → *Multitasking*
4. **Ersetzen von langsamen Aktivitäten durch schnellere** → z.B. statt Essen kochen, den Lieferservice anrufen

Im Alltag selbst lassen sich viele Beispiele für diese Strategien finden:

- „*Power Nap*“: nur wenige Minuten dauernder, kräftiger Kurzschlaf
- „*quality time*“: verkürzte, verdichtete abendliche Zeit, die man mit Kindern verbringt
- „*Speed reading*“: schnelles Lesen
- „*Speed Dating*“: eine Form der Partnervermittlung, bei der sich im Minutentakt potentielle Dates begegnen
- „*Drive-Through-Funeral*“: schnelle Beerdigung
- Verdichtungen im Bereich der Medien
- schnellere Sprechgeschwindigkeit
- usw.

Des Weiteren führt ROSA (2005) nicht nur eine Handlungsverdichtung an, die zur Zeitverdichtung führt, sondern es kam auch zu einer Erlebnisverdichtung, in der die Erlebnisepisoden pro Zeiteinheit zunehmen. Als Beispiel für diese Erlebnisverdichtung gibt er die Verkürzung der Dauer von CNN-Werbespots im Jahr 1971 an. Diese dauerten damals ca. 30 Sekunden, heute dauern sie nur noch 5 Sekunden.

Die Handlungen sowie Erlebnisse werden laut ROSA (2005) in immer kleiner werdende Sequenzen unterteilt. Um diese Aussage zu begründen nutzt er ERIKSENS These (2001 in ROSA 2005), die die „Tyrannie des Augenblicks“ durch „[...] permanente Erreichbarkeit, [...] durch Flexibilisierung und De-Institutionalisierung von Praktiken sowie durch Informationsüberschuss und Güterüberfluss [...]“ (ROSA 2005: S. 203) verursacht sieht. Als

Beispiel dient hier der Begriff des *Multitaskings*, einer Form der Zeitznutzung, bei der in einem gewissen Zeitrahmen, mehrere Handlungen bzw. Erlebnisse überlappt werden um ein Maximum an Handlungen bzw. Erlebnissen aus diesem Rahmen heraus zu holen.

Weitere Gründe der Beschleunigung stellen für ROSA (2005) die wachsende Zahl an Gütern und Informationen. Je mehr wir von einem Gegenstand besitzen, desto knapper wird die Zeit, die wir mit ihm verbringen z.B. je mehr Zeitschriften ich besitze bzw. kaufen kann, desto weniger Zeit verbringe ich mit dem Lesen der einzelnen. Ich möchte auf dem aktuellsten Stand sein, also muss ich so viel wie möglich lesen. Aber, da ich so viele Zeitschriften habe, kann ich diese nur kurz „überfliegen“. Somit entsteht ein Gefühl des Zeitdrucks. ROSA (2005) führt im diesem Zuge folgendes an: „Weil die Steigerungsraten über den Beschleunigungsraten liegen, kommt es zu einer Verknappung der Zeitressourcen und damit zu einer Erhöhung des Lebenstempos.“ (ROSA 2005: S.204)

Die Organisation von Handlungen bzw. Erlebnissen führen ebenfalls zu einer Beschleunigung des Lebenstempos. Dafür verantwortlich sind die steigenden, immer komplexer werdenden Waren- und Dienstleistungsangebote, De-Regulierung, Flexibilisierung sowie Ent-Routinisierung von Handlungspraktiken (ROSA 2005). Gemeinsam führen sie zu einer Steigerung der Komplexität von Entscheidungsprozessen, die zunehmend unüberschaubar zu werden drohen und daher mehr Zeit in Anspruch nehmen. Nach ROSA (2005) tritt daher ein Gefühl des Unbefriedigtseins auf. „Man trifft letztlich entweder 1) eine wenigstens teilweise kontingente Entscheidung auf der Grundlage unbefriedigter Informationen [...] oder aber 2), man informiert sich sehr ausführlich und lange und hat danach das Gefühl, viel zu viel Zeit auf diese eine Entscheidung verschwendet zu haben, oder 3) man verzichtet auf eine Entscheidung und bleibt beim vorhandenen Computermodell, bei der bestehenden Krankenversicherung, beim altmodischen Sparbuch etc.“ (ROSA 2005: S. 205)

Aufgrund des Mangels an direkten Untersuchungen im Bereich der Zeitbudgetforschung, die genau diese angeführten Punkte anspricht, lassen sich diese laut ROSA (2005) nur indirekt durch die Identifizierung von Handlungsepisoden wie z.B. persönlicher Regenerationsphasen darstellen. Hier gibt es genügend Studien, wobei sich ROSA (2005) auf die große, landesweite US-amerikanische Zeitverbrauchstudie (*Americans' Use of Time Project*) von 1985 und 1995 stützt. In diesem Zeitraum ging vor allem bei Männern die Zeit für Körperpflege um 2,2 Stunden, die Essenszeit um 1,8 Stunden und die Schlafenszeit um eine halbe Stunde zurück.

Eine europäische Analyse von Zeitverbrauchsdaten durch GARHAMMER (1999), die von ROSA (2005) angeführt wird, wird durch die amerikanische Untersuchung bestätigt. Er führt an, dass die Schlafdauer seit den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts um ca. eine halbe Stunde, und im letzten Jahrhundert gar um zwei Stunden zurückgegangen ist. Allerdings warnt ROSA (2005) davor, diese Zahlen nicht kritisch zu betrachten, denn selbst Forscher sind sich dieser nicht sicher. Ein Grund für dieses Phänomen könnte das zunehmende Lebensalter und das damit einhergehende Sinken des objektiven Schlafbedürfnisses der heutigen Zeit sein.

ROSA (2005) befindet die aktuellen Zeitbudgetstudien von ROBINSON und GODBEY (1999, bei ROSA 2005) sowie GARHAMMER (1999, in ROSA 2005) als Bestätigung der Beschleunigung des Lebenstempos. Für ihn gibt es keinen Zweifel an den Schlussfolgerungen von ROBINSON und GODBEY (1999, in ROSA 2005): *„Die quantitative Erhöhung des objektiven Lebenstempos scheint zu einer qualitativen Veränderung der subjektiven Zeiterfahrung zu führen.“* (ROSA 2005: S. 213)

2.1.4.3. Subjektive Komponenten: Zeitdruck und die Erfahrung der rasenden Zeit

Seit den 1960er Jahren herrscht eine kontinuierliche Steigerung des Empfindens von Zeitdruck vor. ROSA (2005) stützt sich auf die amerikanische Zeiterhebung von ROBINSON und GODBEY (1999, in ROSA 2005), nach der die Zahl der 18- bis 64-jährigen Amerikaner, die angaben, sich ständig unter Zeitdruck zu fühlen, in den Jahren 1965 und 1992 etappenweise von 24% auf 38% gestiegen ist, während im gleichen Zeitraum, die Menschen, die angaben, sich fast nie unter Zeitdruck zu fühlen, von 27% auf 18% zurückgefallen ist. Zwischen 1965 und 1994 hat sich die Zahl an Beteiligten, die recht oft über freie Zeitrressourcen verfügten, von 15% auf 5% mehr als halbiert, während diejenigen, die dieselbe Frage mit fast nie beantworteten, von 48% auf 61% stieg. Dennoch erkannten sie, dass seit Mitte der 90er Jahre eine Trendwende zu erkennen ist. Weniger Menschen befinden sich immer in Eile und mehr können angeben, dass sie mehr Freizeit besitzen, als noch vor fünf Jahren. Dies hat jedoch nicht mit einem Stocken der Beschleunigung des Lebenstempos zu tun. Für ROSA (2005) resultieren diese Zahlen lediglich aus dem Grund, dass die Beschleunigungsgeschwindigkeit nur abnimmt, sie aber dennoch vorhanden ist.

ROSA (2005) sieht die technische Beschleunigung nicht als Faktor, der zu einer Beschleunigung des Lebenstempos führt. Im Gegenteil, sie führt dazu, dass mehr

Zeitressourcen frei werden, der Mensch jedoch keine Ahnung hat, wie er diese freie Zeit vernünftig nutzen soll. Somit stehen wir vor einem Paradoxon. Die Beschleunigung des Lebenstempos ist eine Reaktion auf die Verknappung von Zeitressourcen, doch die technischen Parameter führen zu mehr verfügbarer Zeit. Das Problem liegt laut ROSA (2005) darin, dass in den Zeitspannen mehr Handlungen die Bewältigungsgeschwindigkeit übersteigen. „Subjektiv, d.h. im Zeiterleben handelnder Subjekte, schlägt sich eine solche Verknappung von Zeitressourcen in einem Gefühl der *schneller vergehenden Zeit*,⁵⁶ vor allem aber in der Erfahrung von *Zeitnot* und *Stress* und dem Gefühl, *keine Zeit zu »haben«*, nieder [...]“. (ROSA 2005: S. 214) Obwohl die freien Zeitressourcen nachweislich seit den 1960er Jahren gestiegen sind, haben Menschen dennoch das Gefühl, noch nie unter so immensen Zeitdruck gelebt zu haben.

Die Zeitbudgetforschung versteht unter dem Begriff Freizeit, jene Zeit, die frei ist von verpflichtenden Tätigkeiten, wie Erwerbs-, Familien-, Haushalts- sowie Eigenzeit (ROSA, 2005). Für ROSA (2005) liegt diese Wahrnehmungsproblematik an der Hypothese, dass Subjekte die Freizeit nicht per oben genannter Definition sehen, „[...] sondern als eine rasch verfließende und in Handlungen (und Erlebnissen) gebundene Zeitmenge erfahren wird.“ (ROSA 2005: S. 218)

Das Konzept der Freizeit ist nach ROSA (2005) stark von einer Müssens-Semantik geprägt: Ich muss dringend noch das und das erledigen. Somit ist selbst die Freizeit gespickt mit Verpflichtungen. ROSA (2005) benutzt hierfür die Metapher des „Stehens auf einem rutschenden Abhang“. Man bewegt sich zwar hangaufwärts, kommt aber dennoch nicht voran, weil der Hang kontinuierlich abrutscht. Somit tritt man immer an derselben Stelle.

ROSA (2005) gibt zwei Gründe für die Empfindung des Zeitdrucks an, die Verpassensangst und den Anpassungszwang. Die Angst, etwas zu verpassen, führt zu einer Steigerung der Handlungs- bzw. Erlebnisrate. Der Wunsch, so viel wie möglich zu erleben, um ein „gutes“ Leben zu leben, ist ein ständiger Begleiter.

Der Anpassungszwang ist ein Resultat der Beschleunigung objektiver Parameter. Die materiellen Strukturen der Umwelt, soziale Beziehungen, Assoziationsstrukturen, Praxisformen und Handlungsorientierungen verändern sich. Diese raschen objektiven Veränderungen übersteigen die Verarbeitungsmöglichkeiten durch Handeln und Erleben, wodurch sich das Subjekt anpassen muss.

Dieser Anpassungszwang führt nach ROSA (2005) zu dem Phänomen, dass für das Subjekt wichtige Ziele immer mehr in den Hintergrund geraten, während Anpassungen auf neue Situationen steigen. Damit ist gemeint, dass langfristige Ziele für das schnell noch zu Erledigende aufgegeben werden und somit das Gefühl des „Nicht-Weiter-Kommens“ entsteht.

Wichtig für die Wahrnehmung von Zeitressourcen ist für ROSA (2005) dessen Qualität. Als Beispiel führt er das Fernsehen an, eine Tätigkeit, die einen Großteil der Freizeit eines Menschen einnimmt, ihn jedoch am wenigsten befriedigt. Das Subjekt muss nicht viel tun, das „Input-Output“ – Verhältnis ist durchaus positiv, da man einerseits nicht viel machen muss, um fern zu sehen, andererseits aber mehr Informationen vom Fernsehen erhält. Dennoch empfinden Subjekte das Fernsehen als unbefriedigend, weil es eine „einfache“ Tätigkeit ist und man meist viel von dem, was man gesehen hat, auch wieder schnell vergisst. Um langfristige Befriedigung zu erhalten, benötigt es nach ROSA (2005) sogenannte „Flow“-Erlebnisse. „Danach stellen sich die intensivsten (und nachhaltigsten) Glücksgefühle bei jenen selbstzweckhaften und nicht durch schwierige Kontextbedingungen belasteten Tätigkeiten ein, bei denen sich Fähigkeiten und Herausforderungen auf einem hohen Niveau die Waage halten: Werden wir nicht herausgefordert, d.h. übersteigen die Fähigkeiten deutlich die Herausforderungen, droht Langeweile, werden wir dagegen überfordert, reagieren wir mit Stress und Angst. Je größer das Balanceniveau, desto größer scheint die Chance eines *Flow*-Erlebnisses zu sein.“ (ROSA 2005: S. 228)

Bei den subjektiven Parametern darf nach ROSA (2005) nicht das sogenannte „subjektive Zeitparadoxon“ fehlen, das bereits im oberen Teil der Arbeit erwähnt wurde. Er stützt sich hierbei auf Erkenntnisse von u.a. JAMES (1890, in ROSA 2005), der herausfand, dass sich Erinnerungen gegenüber dem Erleben umkehren. Interessant empfundene Erlebnisse bleiben als prägnantere Gedächtnis Spuren erhalten als langweilige. Dies führt dazu, dass die Zeit, in der dieses Erlebnis stattgefunden hat, in der Erinnerung gedehnt erscheint. Die Zeiterfahrung zeigt sich entweder durch ein Kurz-Lang-Muster (kurze Erlebniszeit, lange Erinnerungszeit) oder einem Lang-Kurz-Muster (lange Erlebniszeit, kurze Erinnerungszeit). ROSA (2005) bemerkt jedoch noch ein Lang-Lang-Muster sowie Kurz-Kurz-Muster, wobei für letzteres das Beispiel Fernsehen fungiert.

Das Kurz-Kurz-Muster könnte laut ROSA (2005) mit ein Grund für die Erfahrung der rasenden Zeit sein. Charakterisierend für dieses Muster ist die Dekontextuierung, d.h. das Geschehen steht nicht mit unseren Gefühlen, Stimmungen, Bedürfnissen und Erlebnissen in

einem zusammenhängenden Kontext. ROSA (2005) postuliert, dass dieses Kurz-Kurz-Muster immer häufiger im sozialen Leben vorkommt und zu Dekontextuierungen führt. Diese resultiert vermutlich aus der steigenden Entstrukturierung des Alltags. „Kurze, stimulationsreiche, aber gegeneinander isolierte, d.h. ohne innere Verbindung bleibende Erlebnisepisoden lösen einander im raschen Wechsel ab, sodass die Zeit gewissermaßen »an beiden Enden« zu rasen beginnt: Während der als kurzweilig (und oft als stresshaft) empfundenen Aktivitäten vergeht sie sehr rasch, doch zugleich scheint sie im Rückblick zu »schrumpfen«, sodass die Tage und Jahre wie im Flug dahineilen und wir am Ende das Gefühl haben, kaum gelebt zu haben, obwohl wir an Jahren alt sein mögen. Wir lebten dann sozusagen (objektiv) länger und (subjektiv) kürzer.“ (ROSA 2005: S.233)

Dies führt nach ROSA (2005) wiederum zu einem Erfahrungsverlust. Die Menschen sind nicht mehr in der Lage, die Masse an Erlebnissen des Alltags in Erfahrungen zu transformieren. Das Kurz-Kurz-Muster führt daher zu einer erlebnisreichen, aber erfahrungslosen Gesellschaft.

2.2. Artbildung und Artbildungskonzepte

Im zweiten theoretischen Teil erkläre ich die gängigen Artbegriffe, verschiedene Formen der Artbildung und welche Zeitparameter hier eine Rolle spielen. Diese Definitionen helfen bei der Beantwortung der Fragen, wie lange eine Art lebt und von welchen Zeitausmaßen gesprochen wird. Eine Art kann nach Jahrtausenden der Existenz plötzlich verschwinden, oder sich zu einer neuen Art entwickeln. Dadurch können u.a. Evolutionsbiologinnen und -biologen Verwandtschaftsgrade unterschiedlicher Arten feststellen, Vor- sowie Nachfahren bestimmen und somit Stammbäume erstellen. Welche Unterscheidungskriterien hierbei herangezogen werden, werden nun im Weiteren erklärt. Dabei stütze ich mich im Wesentlichen auf die Definitionen von CAMPBELL & REECE (2006).

Dieser Teil stellt das Basiswissen zum praktischen Teil, der sich mit morphologischen Merkmalen einzelner Arten und der zeitlichen Einteilung ihrer Lebensdauer beschäftigt.

2.2.1. Die Bedeutung des Begriffs „Art“

Der Begriff „Art“ oder auch „Spezies“ lässt sich vom lateinischen Wort „*species*“ ableiten, welches „Form“ bedeutet (CAMPBELL & REECE 2006). In der Biologie versteht man darunter die kleinste systematische Einheit. Jeder Artname besteht aus der sogenannten „binären Nomenklatur“ nach Carl von Linné, der wie der Begriff schon verrät, aus zwei Teilen besteht, einem Gattungs- und einem Artnamen. Letzterer steht für die Art innerhalb der Gattung (KUTSCHERA 2008).

Ein Beispiel:

***Ursavus isorei*, Ginsburg & Morales 1998**

Ursavus steht hier für die Gattung *Ursavus* von Schlosser 1899 erstmals beschrieben, aus der Familie der Ursidae Fischer von Waldheim, 1817 und wird immer großgeschrieben. *Isorei* bezeichnet die Art innerhalb der Gattung *Ursavus* und wird immer kleingeschrieben. Die Personen stehen für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die diese Arten beschrieben und ihnen ihren Namen gegeben haben.

2.2.2. Der ökologische Artbegriff

Der ökologische Artbegriff definiert eine Art „... anhand ihrer ökologischen Nische, also der von dieser Spezies genutzten Umweltressourcen. Anders ausgedrückt, die Nische einer Art hängt von ihren einzigartigen Anpassungen an ihre spezielle Rolle in der Lebensgemeinschaft ab.“ (CAMPBELL & REECE 2006: S. 550). Ein einfaches Beispiel wären dafür wirtsspezifische Parasiten, die nur in bestimmten Wirten vorkommen und sich daher mit Arten anderer Wirtsorganismen nicht verpaaren können.

2.2.3. Der genealogische Artbegriff

Der von Evolutionsbiologinnen und – biologen benutzte genealogische Artbegriff, definiert nach CAMPBELL & REECE (2006) die Art als eine Gruppe von Organismen mit einer einzigartigen genetischen Vergangenheit. Mit Hilfe dieses Konzepts können Stammbäume angefertigt werden und somit Verwandtschaftsverhältnisse aufgezeigt werden. Unterschieden werden hierbei für Arten spezifische genetische Marker, die sich durch Sequenzierung von Nucleinsäuren und Proteinen finden lassen. Wie der morphologische Artbegriff wird auch der genealogische zur Unterscheidung unterschiedlicher Spezies herangezogen (CAMPBELL & REECE 2006).

2.2.4. Der biologische Artbegriff

Der biologische Artbegriff ist der wohl bekannteste. Bei CAMPBELL & REECE (2006) lässt sich dafür folgende Definition finden: „Der **biologische Artbegriff** definiert eine Art als eine Population oder eine Gruppe von Populationen, deren Mitglieder sich unter natürlichen Bedingungen kreuzen können und dabei lebensfähige, fruchtbare Nachkommen hervorbringen können, während mit Mitgliedern anderer Arten keine Kreuzung möglich ist. [...] Mit anderen Worten, eine biologische Art (**Biospezies**) stellt die größte Einheit von Populationen dar, in der genetischer Austausch möglich ist und die genetisch von anderen solchen Populationen getrennt ist.“ (CAMPBELL & REECE 2006: S. 546) Das bedeutet nur Mitglieder einer biologischen Art können sich fortpflanzen und lebensfähige, fruchtbare Nachkommen zur Welt bringen. Dies bedeutet jedoch nicht, dass sich Mitglieder anderer Arten nicht kreuzen

können, die dann sogenannte „Hybride“, auch „Mischlinge“ oder „Bastarde“ genannt, zur Welt bringen, die jedoch meistens eine niedrigere Lebenserwartung besitzen und unfruchtbar sind (DOBZHANSKY 1939).

Doch wie werden diese Mechanismen gesteuert? Was verhindert den Austausch genetischen Materials innerhalb unterschiedlicher Arten?

Es werden zwei große Mechanismen unterschieden, die **präzygotischen** und die **postzygotischen Fortpflanzungsbarrieren**.

Unter der **präzygotischen Fortpflanzungsbarriere** versteht man nach CAMPBELL & REECE (2006) Mechanismen, die die Paarung der Arten oder die Befruchtung der Eizelle verhindern.

Dazu zählen:

- **Habitatisolation:** die Arten können sich untereinander nicht verpaaren, da sie zwar im gleichen Gebiet, aber in unterschiedlichen Habitaten leben z.B. Wasser – Land
- **Verhaltensisolation:** Fortpflanzungspartner reagieren nur auf die für ihre Art spezifischen Balzrituale
- **Zeitliche Isolation:** Arten paaren sich zu unterschiedlichen Tageszeiten, Jahreszeiten oder in unterschiedlichen Jahren
- **Mechanische Isolation:** der Bau der Geschlechtsorgane macht eine Kopulation unmöglich, da sie anatomisch nicht zusammenpassen
- **Gametische Isolation:** eine Kopulation ist zwar möglich, aber bestimmte Makromoleküle auf der Plasmamembran der Sperma- bzw. der Eizelle, die normalerweise nach dem „Schlüssel-Schloss-Prinzip“ funktionieren, verhindern eine Verschmelzung und nachfolgende Zygotenbildung

Die **postzygotische Fortpflanzungsbarriere** zeigt ihre Wirkung nach der Zygotenbildung, das heißt nach erfolgreicher Paarung und Verschmelzung von Ei- und Samenzelle, und verhindert somit die Entwicklung zu einem lebensfähigen, fertilen Erwachsenen (CAMPBELL & REECE 2006). Diese Barrieren sind sehr vielfältig. „Bei Bastardisierung sehr entfernter Formen (Echinodermen x Mollusken, Echinodermen x Anneliden usw.) wird häufig der Spermienkern während der ersten Furchungsteilung ausgestoßen, oder es werden die väterlichen und manchmal auch einige der mütterlichen Chromosomen in das Cytoplasma ausgestoßen und gehen zugrunde. [...] In Bastarden verschiedener Fische [...] können alle

Arten von Störungen auftreten, angefangen von Chromosomenelimination während der Furchung und Unterbrechung von Gastrulation und Organbildung bis zum Tod des beinahe fertig entwickelten Embryos.“ (DOBZHANSKY 1939: S. 177)

Zu den postzygotischen Fortpflanzungsbarrieren zählen:

- **Verminderte Lebensfähigkeit der Hybriden – „Bastardsterblichkeit“:** die Entwicklung der Hybride zwischen zwei Arten wird durch genetische Inkompatibilität in irgendeinem Embryonalstadium abgebrochen. Dies führt zu einer hohen Rate an im Mutterleib toten Nachkommen (CAMPBELL & REECE 2006) oder zu einer erhöhten Sterblichkeit lebender Nachkommen (WILLMANN 1985).
- **Verminderte Fruchtbarkeit der Hybriden – „Bastardsterilität“:** die Gameten der Hybride sind meist nicht zu normalen Gameten entwickelt, wodurch sie keine Nachkommen zeugen können (CAMPBELL & REECE, 2006). „Der Bastard ist voll lebensstauglich, aber steril oder erzeugt eine unfruchtbare F_2 – Generation.“ (WILLMANN 1985: S. 44)
- **Hybridenzusammenbruch – „Bastardzusammenbruch“:** Hybride können sich untereinander paaren und fertile, widerstandskräftige Nachkommen zeugen, die jedoch in der nächsten Generation wieder schwache und sterile Nachkommen zeugen (CAMPBELL & REECE 2006).

Der biologische Artbegriff hat einen bedeutenden Einfluss auf die Evolutionstheorie und unser Verständnis von Arten, jedoch kann er nicht für die tatsächliche Unterscheidung von Arten verwendet werden. Zusammen mit dem ökologischen Artbegriff hat er nur eine erklärende Funktion inne, jedoch keine unterscheidende (CAMPBELL & REECE 2006).

2.2.5. Der morphologische Artbegriff

Um eine Art zu bestimmen und diese von einer anderen zu unterscheiden, wird neben dem genealogischen auch der morphologische Artbegriff verwendet. Dabei werden Unterscheidungsmerkmale anhand charakteristischer Körperbaumerkmale aufgezeigt, die für eine bestimmte Art spezifisch sind (KUTSCHERA 2008). Aus dem morphologischen Artbegriff entspringt der Begriff der „Morphospezies“. „Arten sind Gruppen von Tieren oder

Pflanzen, die ähnlich sind und sich von anderen Gruppen durch morphologische Merkmale unterscheiden.“ (KUTSCHERA 2008: S. 74) Morphologische Merkmale, die zwei Arten voneinander unterscheiden, finden sich im praktischen Teil der Diplomarbeit. Mit Hilfe dieser Merkmalsunterscheidung können auch Aussagen über die Evolution einer bestimmten Familie, Gattung oder Art getroffen werden.

Evolutionäre Neuerungen, die zur Unterscheidung einer neuen Art herangezogen werden können, stellen dabei meistens abgeänderte Versionen veränderter Strukturen dar. Bestehende, funktionierende Organe können mit der Zeit den Gegebenheiten angepasst und verbessert werden. Vor allem komplexe Strukturen wie z.B. Augen entstanden zunächst aus einfachen Strukturen, die nur grundlegende Funktionen hatten wie z.B. die Unterscheidung zwischen Hell und Dunkel (CAMPBELL & REECE 2006).

Ein wohl sehr bekanntes Beispiel wäre die Entwicklung des modernen Pferdes *Equus*. Aus dem kleinen Urpferdchen, dem „*Hyracotherium*“, einem Blattfresser mit 4 Zehen, entwickelt sich über mehrere Zwischenstadien das moderne Pferd, ein Grasfresser mit nur einem dominanten Zeh, dem Huf (Abb. 4, FRANZEN 2007).

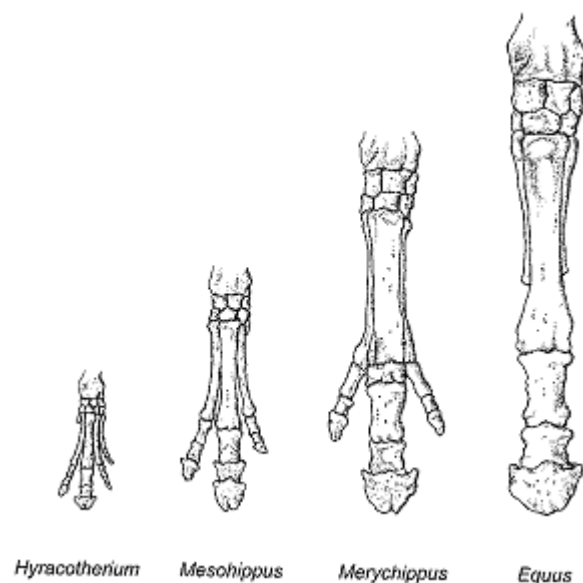


Abb.4: Entwicklung des Pferdefußes von *Hyracotherium*, *Mesohippus*, *Merychippus* und *Equus* zur Einzehigkeit im Laufe von etwa 55 Millionen Jahren (entnommen aus FRANZEN 2007: S. 82)

An diesem kurzen Beispiel lässt sich nicht nur aufzeigen, wie sich bestehende Strukturen veränderten, sondern wie sie sich auch aufgrund der Bedingungen der Umwelt veränderten. FRANZEN (2007) führt an, dass vor allem Kauapparate, die Endglieder der Fortbewegungsapparate sowie die Sinnesorgane auf die Veränderungen in der Umwelt angepasst werden. Der 4 - zehige Beinapparat des *Hyracotherium* hatte den Vorteil, dass die kleinen Tiere in den Sumpflandschaften des Eozäns nicht einsanken, da die 4 Zehen eine bessere Verteilung des Gewichts bedeuteten. Im Laufe der Zeit wurde es zunehmend trockener, die Wälder gingen zurück und machten einer weiten Savannenlandschaft Platz, auf denen Raubtiere leichtes Spiel hatten, Beute zu fangen. Die veränderte Landschaft sowie das Räuber – Beute – Verhältnis führten zu Veränderungen im Bauplan der Pferde. Dabei änderte sich nicht nur das Skelett, sondern der gesamte Fortbewegungsapparat mit seinen Muskeln und Sehnen war davon betroffen (FRANZEN 2007). Die Beine wurden länger, was der physikalischen Wirksamkeit eines Pendels nachempfunden werden kann. Je länger das Pendel, desto größer die Kraft. Doch je länger das Pendel, desto schwerer wird es und somit größer der Trägheitsmoment. Daher konzentriert sich die Muskulatur auf den Körperrumpf, während die Sehnen und Bänder am Ende der Extremitäten stärker ausgeprägt sind, was den Gliedmaßen mehr Leichtigkeit verleiht und für ihre Bewegung weniger Energie benötigt wird (FRANZEN 2007). „In diesem Sinne bedeutet der Wechsel vom Sohlen- zum Zehenspitzengang eine Zunahme der Länge des von den Beinen gebildeten Pendels, also eine Verlängerung der Schrittweite. Entwicklungsgeschichtlich sind demnach verlängerte, aber möglichst leicht gebaute Extremitäten von Vorteil, wenn es um die Ökonomisierung der Fortbewegung geht. Und zwar sind bei gegebener Grundgeschwindigkeit die Verringerung des Kraftaufwandes und damit die Steigerung der Ausdauer für Fluchttiere, wie es Pferde sind, von größerer Bedeutung als für verfolgende Raubtiere. [...] Die Strategie der Beutetiere aber ist darauf ausgerichtet, die verfolgenden Raubtiere durch größere Ausdauer zu erschöpfen und letztendlich abzuschütteln.“ (FRANZEN 2007: S. 81)

Der morphologische Artbegriff ist jener, den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler für die systematische Einteilung von Fossilien verwenden. Diese Einteilung wird auch im praktischen Teil der Diplomarbeit angewendet.

2.2.5.1. Homologien – Die Grundlage morphologischer Artbestimmung

Um ein Kladogramm, ein auf der Kladistik beruhendes phylogenetisches Diagramm zu erstellen, beziehen sich Systematikerinnen und Systematiker auf morphologische Merkmale, die eine Art von ihrem Vorfahr unterscheiden (CAMPBELL & REECE 2006). Dadurch entstehen Verzweigungen, wobei jeder Zweig eine neue Art, sich absplattend vom Vorfahr, darstellt. Wichtig für die morphologische Unterscheidung zwischen Vor- und Nachfahre sind das Auftreten von Homologien. Als Homologien bezeichnet man „[...] Ähnlichkeiten aufgrund gemeinsamer Abstammung [...]“ (CAMPBELL & REECE 2006: S. 583).

Als Beispiel hierfür fungieren die Vordergliedmaßen der Säugetiere. Der ähnliche Skelettaufbau basiert auf einer gemeinsamen Abstammung (Abb. 5, KUTSCHERA 2008).

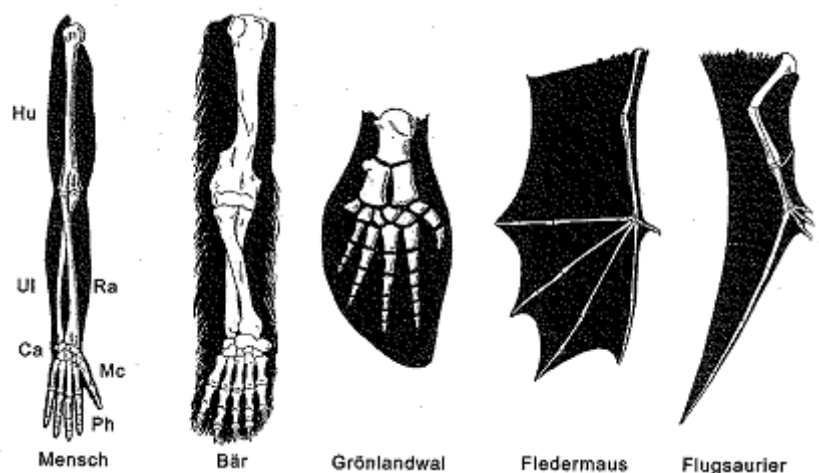


Abb.5: Vorderextremitäten von Mensch, Bär, Grönlandwal, Fledermaus und einem Flugsaurier. Die gleiche Anordnung einzelnen Skelett – Teile Oberarmknochen (Humerus), Elle (Ulna), Speiche (Radius), Handwurzelknochen (Carpalen), Mittelhandknochen (Metacarpalen) und Fingerknochen (Phalangen) beweisen, dass es sich hierbei um homologe Strukturen handelt, die jedoch unterschiedliche Aufgaben erfüllen, nämlich greifen, gehen, rudern, fliegen und gleiten (entnommen aus KUTSCHERA 2008: S. 41).

Um eine Homologie zu bestimmen, benötigt es nach CAMPBELL & REECE (2006) die drei klassischen Homologiekriterien:

- **„Kriterium der Lage“:** „Zwei Organe sind homolog, wenn sie im Bauplan einer Organismenreihe die gleiche Lage einnehmen.“ (CAMPBELL & REECE 2006: S. 584)
- **„Kriterium der Kontinuität“:** Organe können auch durch Zwischenformen homologisiert werden z.B. bestimmte Merkmale in der Embryonalentwicklung werden miteinander verglichen, die in der Erwachsenenform nicht mehr vorkommen
- **„Kriterium der spezifischen Qualität“:** Je komplexer sich zwei Strukturen sind, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie eine gemeinsame Abstammung haben

Bei der Darstellung von Verwandtschaften ist es auch nötig, zwischen **primitiven** und **abgeleiteten Merkmalen** zu unterscheiden (CAMPBELL & REECE 2006). Primitive Merkmale, auch **Plesiomorphien** genannt, sind Merkmale, die bereits vor einer Abspaltung vorhanden sind, wie z.B. die Wirbelsäule. Sie stellt ein Merkmal aller Wirbeltiere dar, ist somit ein gemeinsam primitives Merkmal, auch **Symplesiomorphie** genannt (CAMPBELL & REECE 2006). Haare hingegen sind ein Merkmal, das für Säugetiere typisch ist und somit eine **Synapomorphie** darstellt, ein gemeinsam abgeleitetes Merkmal (CAMPBELL & REECE 2006). Generell gilt, je mehr Homologien auftreten, desto näher der Verwandtschaftsgrad zwischen den Arten.

2.2.6. Die Bildung der Arten

Grundsätzlich unterscheidet man bei der Artbildung zwei Möglichkeiten, die den Genfluss von Populationen so verhindern, dass dadurch eine neue Art entstehen kann. Diese Möglichkeiten bezeichnet man als **allopatrische** und **sympatrische Artbildung** (CAMPBELL & REECE 2006).

„Bei **Allopatrie** bewohnen die einzelnen Populationen Areale, die einander nicht berühren [...]. Im Raum zwischen ihnen kommen keinerlei vermittelnde Formen oder Hybriden vor. Allopatrische Speziation kann durch Unterteilung einer zuvor zusammenhängenden

Population oder durch einige Individuen, die eine neue Kolonie gründen, erfolgen [...]“ (WILLMANN 1985: S. 63f). Diese Trennung kann z.B. durch einen Graben, einen Berg oder das Meer zwischen dem Festland und einer Insel bestehen. Geologische Prozesse führen zu einer Aufteilung der Ausgangspopulation in mehrere Teilpopulationen, die über die Generationen hinweg Fortpflanzungsbarrieren entwickeln, die einen Genfluss verhindern. Man bezeichnet diesen Vorgang auch als „**reproduktive Isolation**“ (CAMPBELL & REECE 2006). Je kleiner und isolierter die Ausgangspopulation, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit einer Aufspaltung und damit der allopatrischen Artbildung (CAMPBELL & REECE 2006).

Ein Paradebeispiel für allopatrische Artbildung ist die „**adaptive Radiation**“ auf Inselketten (BĂNĂRESCU & BOȘCAIU 1973). Als Beispiel dafür geben BĂNĂRESCU & BOȘCAIU (1973) zwei Vogelfamilien auf Inseln an: die Drepaniidae des Hawaiischen Archipels und der auf den Galapagosinseln lebenden Geospizinae. Ihre Anpassungen beziehen sich auf das Nahrungsangebot der jeweiligen Insel, welche die Form des Schnabels beeinflusst. Bei beiden Arten gibt es körnerfressende, fruchtfressende und insektenfressende Arten, wobei die Mehrzahl übriger Vogelfamilien hauptsächlich aus Körnerfressern, Fruchtfressern etc. bestehen.

Doch wie kommt es zu einer solchen Variabilität? Die Inseln sind jeweils durch das Meer getrennt. Vom Festland aus kann eine beliebige Population X aufgrund eines Ereignisses, z.B. eines Sturms auf die benachbarten Inseln verdriftet werden. In der Isolation gründet sich eine neue Population, die sich mehr und mehr den Gegebenheiten der Umgebung anpasst. Einige wenige dieser Populationen können auf die nächstgelegenen Inseln gelangen und dort neue Populationen gründen. Es kann aber auch der Fall sein, dass die jüngeren Populationen Inseln wiederbesiedeln, auf denen die Ahnen leben, wodurch sie dort mit der Ausgangsart in Koexistenz leben oder wieder eine neue Art gebildet wird (Abb. 6, CAMPBELL & REECE 2006). „Schließlich führt eine Vielzahl von Einwanderungen von Arten benachbarter Inseln auf jedem Eiland zu Koexistenz mehrerer Arten. Die Inseln sind weit genug voneinander entfernt, dass Populationen in Isolation evolvieren können, aber nahe genug beieinander, dass es gelegentlich zu Ausbreitungsereignissen kommen kann. Eine solche Evolution vieler unterschiedlich angepasster Arten aus einem gemeinsamen Vorfahren bezeichnet man als **adaptive Radiation**.“ (CAMPBELL & REECE 2006: S. 553)

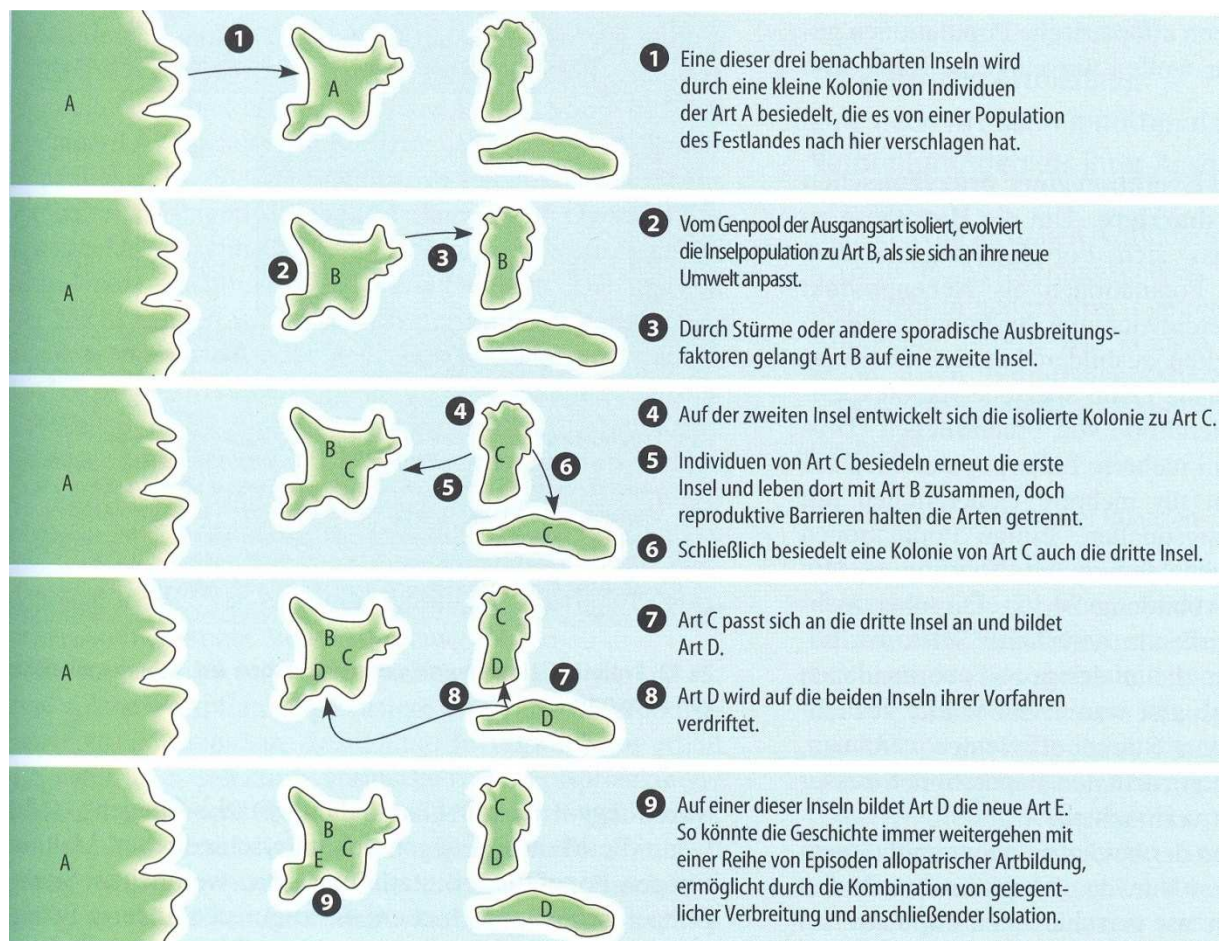


Abb.6: Ein Modell für die adaptive Radiation auf Inselketten (entnommen aus CAMPBELL & REECE 2006: S. 553)

Die allopatrische Artbildung darf jedoch nicht verstanden werden als der Grund, warum sich Populationen reproduktionstechnisch voneinander entfernen. Die Isolation der Population und die darin stattfindenden Mechanismen, wie natürliche Selektion und genetischer Zufallsdrift führen zu Veränderungen in den Genpools (CAMPBELL & REECE 2006).

Bei der **sympatrischen Artbildung** findet die Bildung einer neuen Art innerhalb des Verbreitungsgebietes der Ausgangspopulation statt (CAMPBELL & REECE 2006). Im Verbreitungsgebiet einer Art werden Isolationsmechanismen aufgebaut, die die Entstehung zweier geschlossener Fortpflanzungsgemeinschaften hervorrufen (WILLMANN 1985). Diese Form der Artbildung tritt vor allem bei Pflanzen relativ häufig auf. Durch Mutation besitzt eine Pflanze einen zusätzlichen Chromosomensatz, was man auch als „Polyploidie“

bezeichnet. „Durch einen Fehler bei der Meiose während der Gametenbildung kann sich beispielsweise die Chromosomenanzahl von der diploiden Anzahl ($2n$) zu einer tetraploiden ($4n$) verdoppeln. [...] Die tetraploide Form kann sich nun selbst bestäuben oder sich mit anderen tetraploiden Individuen kreuzen. Die Mutanten vermögen sich jedoch nicht erfolgreich mit diploiden Pflanzen der Ausgangspopulation zu kreuzen. Triploide ($3n$) Nachkommen wären steril, weil ungepaarte Chromosomen zu einer abnormalen Meiose führen.“ (CAMPBELL UND REECE 2006: S. 555f)

Bei Tieren kommt Polyploidie nur selten vor. Jedoch können andere Mechanismen zu sympatrischer Artbildung führen, z.B. wenn die genetischen Faktoren die Tiere auf Ressourcen festlegen, die die Elternpopulation nicht nutzt (CAMPBELL & REECE 2006). Als Beispiel führen CAMPBELL & REECE (2006) zwei Arten von Buntbarschen an, die im Viktoriasee in Ostafrika leben, die sich in ihrer Färbung unterscheiden. *Pundamilia pundamilia* besitzt einen blau gefärbten Rücken, während *Pundamilia nyererei* rot gefärbt ist. Verhaltensforscher an der holländischen Universität Leiden veröffentlichten 1998 die Ergebnisse von Versuchen, mit der sie die Hypothese untersuchen wollten, dass die Weibchen der jeweiligen Art nur die Männchen mit artgleicher Färbung zur Fortpflanzung wählen (CAMPBELL & REECE 2006). Dafür wurde ein Aquarium mit natürlichem Licht bestrahlt und die Fische paarten sich nur innerhalb ihrer Art. Ein anderes Aquarium hingegen wurde mit künstlichem, orangenem Licht beleuchtet, das die Männchen farblich gleich aussehen ließ „[...] hier paarten sich die Weibchen beider Arten wahllos mit Männchen beider Spezies.“ (CAMPBELL & REECE 2006: S. 557) Damit war bewiesen, dass der Genpool eine artspezifische Partnerwahl impliziert und somit eine Fortpflanzungsbarriere auf Ebene des Verhaltens darstellt (CAMPBELL & REECE 2006).

2.2.7. Geschwindigkeit der Artbildung – Punktualismus vs. Gradualismus

Der Titel dieser Diplomarbeit beinhaltet die Worte „Lebensdauer einer Art“. Wie kann angegeben werden, wie lange eine Art lebt, bzw. gelebt hat? Wo beginnt, wo endet die Zeitskala?

Um der Beantwortung dieser Frage näher zu kommen ist es wichtig, sich mit den zwei grundlegenden Modellen zur Geschwindigkeit der Artbildung auseinander zu setzen, dem **Gradualismus** und dem **Punktualismus**.

Das Modell des Gradualismus geht davon aus, dass sich Arten Schritt für Schritt von einem gemeinsamen Ahnen abspalten, in dem sie mit jedem Schritt weitere spezifische Anpassungen entwickeln (KUTSCHERA 2008). Leider finden Paläontologinnen und Paläontologen nur selten graduelle Übergänge von fossilen Formen (CAMPBELL & REECE 2006). „Stattdessen beobachten sie oft das (in geologischem Zeitmaß) eher plötzliche Auftreten von neuen Arten in einer Gesteinsschicht, die dann während ihrer Existenzspanne im Wesentlichen unverändert erhalten bleiben und schließlich genau so unvermittelt wieder aus den Gesteinen verschwinden, wie sie darin auftauchten.“ (CAMPBELL & REECE 2006: S. 559) Dieses Phänomen zu beschreiben, versuchen die Vertreter des Punktualismus, bei dem davon ausgegangen wird, dass Arten nach einer langen Phase des Gleichgewichts plötzliche Entwicklungsschübe erfahren (KUTSCHERA 2007). Man spricht hier auch von „*punctuated equilibrium*“, einem „unterbrochenen Gleichgewicht“ (CAMPBELL & REECE 2006), welches sich von der Vorstellung ableitet, „[...] dass lange Perioden der Stasis (Gleichgewicht) punktuell von Episoden der Artbildung unterbrochen wurden.“ (CAMPBELL & REECE 2006: S. 559) Punktuell bedeutet hier jedoch immer noch eine Zeitspanne von mehreren tausend Jahren, die aufgerechnet auf das Dasein einer Art über mehrere Millionen Jahre als „plötzlich“ zu bezeichnen ist.

2.2.8. Die Geschichte des Lebens auf der Erde

Wenn wir uns die Geschichte der Erde und des Lebens auf ihr genauer betrachten, so erkennt man eines sehr schnell: die unvorstellbaren Zeitabschnitte, in denen sich das Leben auf der Erde entwickelte, können durch ein bloßes Aufzählen an Zahlen nicht erfasst werden. Zu einem Zeitraum von 2 Milliarden Jahre können wir nur schwer einen Bezug aufbauen, weil sich unser menschliches Leben und auch das menschliche Dasein auf der Erde nicht mit solchen Dimensionen messen kann. Sagen wir mal, ein Mensch wird 70 Jahre alt, diese sind nichts im Vergleich zum Zeitraum, in dem das Leben auf der Erde existiert. Vor allem weil

unsere Lebensspanne nur so kurz ist und wir eine ambivalente Beziehung zur Zeit haben, ist es schwer, solche Dimensionen dem Menschen begreiflich zu machen.

Ich als angehende Lehrerin muss mir in diesem Kontext auch die Frage stellen, wie ich die Geschichte der Erde und des Lebens auf der Erde meinen zukünftigen Schülerinnen und Schülern „begreifbar“, d.h. in gewisser Weise auch „anfassbar“ machen kann. Um diese Frage zu beantworten benötigt es zunächst einmal das Wissen 1. wie sich die Geschichte des Lebens aufbaut und 2. von welchen zeitlichen Parametern hier gesprochen wird. Der Versuch eine Chronologie der Erdgeschichte und ihrer möglichen Darstellungsform aufzuzeigen, wird nun von mir vorgenommen. Dabei nehme ich die chronologische Darstellung von CAMPBELL & REECE (2006) auf.

Die Erde entstand vor ca. 4,5 Milliarden Jahren und Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler gehen anhand der ältesten Funde davon aus, dass das Leben auf der Erde vor 4 – 3,5 Milliarden Jahren begonnen hat (CAMPBELL & REECE 2006). Es gilt als unwahrscheinlich, dass Leben davor schon möglich war, denn in ihrer Entstehungsphase gab es auf der Erde noch keine Seen oder Meere, die heute als Entstehungsorte des Lebens betrachtet werden. Erst nach der Abkühlung in der Atmosphäre kam es zu Wasseransammlungen und die ersten einzelligen Organismen konnten entstehen. Laut CAMPBELL & REECE (2006) wurden die ältesten Fossilien von Organismen in Gesteinen in West – Australien gefunden.

Die ersten Organismen waren Prokaryoten, die von der Entstehung des Lebens an, für ca. 1,5 Milliarden Jahre alleine die Evolutionsgeschichte bestimmten (CAMPBELL & REECE 2006). Schon früh zeichneten sich hier zwei Hauptlinien ab, die Bacteria und die Archea, die auch noch heute existieren.

Vor 2,7 Milliarden Jahren kann man nach CAMPBELL & REECE (2006) schon atmosphärischen Sauerstoff annehmen. Sauerstoff entsteht durch photosynthetische Aktivität, bei der Wasser gespalten und Sauerstoff produziert wird. Photosynthese, jedoch nicht in der Sauerstoff produzierenden Form, gab es vermutlich schon früh seit Entstehung der Prokaryoten. Cyanobakterien sind die einzigen unter ihnen, die Sauerstoff produzieren und an

ihre Umgebung, d.h. den Wasserkörper, abgeben. Somit sättigten sich im Laufe der Zeit Meere und Seen mit Sauerstoff an, bis der Sauerstoff schließlich aus diesen ausgasete (CAMPBELL & REECE 2006).

Eukaryoten bildeten sich vor 2,1 Milliarden Jahren, vermutlich durch die symbiontische Gemeinschaft von Prokaryoten, die sich mit dem plötzlichen Anstieg an Sauerstoff in der Atmosphäre konfrontiert sahen (CAMPBELL & REECE 2006). Hinweise darauf geben Zellorganellen wie Mitochondrien und Plastiden, die von diesen Endosymbionten abstammen (KUTSCHERA 2008). Komplexere Zellen, d.h. vielzellige Eukaryoten gibt es seit 1,2 Milliarden Jahren. Sie bildeten die Grundlage für die Diversifizierung eukaryotischen Lebens (CAMPBELL & REECE 2006). Erst aus ihnen konnten Algen, Pflanzen, Tiere und eben auch der Mensch entstehen. Die vielzelligen Eukaryoten kamen bis zum späten Präkambrium in nur geringer Vielfalt vor, was Geologinnen und Geologen mit der sogenannten **„Schneeball – Erde – Hypothese“** begründen. Nach dieser Hypothese waren die Landmassen und Meere der Erde von 750 – 570 Millionen Jahre aufgrund einer strengen Eiszeit vollständig vereist und zugefroren (CAMPBELL & REECE 2006). „So war das meiste Leben vielleicht beschränkt auf die Umgebung hydrothermaler Schlote in der Tiefsee, auf heiße Quellen sowie isolierte Stellen, an denen das Eis geschmolzen war und die Sonne die Oberfläche des Meereswassers erreichen konnte. Auch die zerklüftete Unterseite des Pack- und Treibeises bildet einen noch heute genutzten Lebensraum, solange etwas Licht bis dorthin durchdringt. Tatsächlich stimmen die Fossilienfunde aus der ersten Hauptphase der Diversifizierung der vielzelligen Eukaryoten zeitlich mit dem Abtauen der hypothetischen Schneeball-Erde überein.“ (CAMPBELL & REECE 2006: S. 612)

Mehrzellige Tiere treten stammesgeschichtlich bereits ab dem späten Präkambrium auf, ihre größere Diversität beginnt jedoch erst zu Beginn des Paläozokiums vor ca. 543 Millionen Jahren (CAMPBELL & REECE 2006). „Doch die meisten der Großgruppen (Stämme) des Tierreichs erschienen in den Fossilbelegen in der relativ kurzen Zeitspanne der ersten 20 Millionen Jahre des Kambriums [...]“ (CAMPBELL & REECE 2006: S. 613). Diese relativ kurze Phase der Evolutionsgeschichte wird auch als **„Kambrische Formenexplosion“** bezeichnet (KUTSCHERA 2008). „Vermutlich dauerte diese relative kurze Evolutionsepisode rund 40 Millionen Jahre und ereignete sich vor 565 bis 525 Millionen Jahren im späten Präkambrium und frühen Kambrium (das vor etwa 543 Millionen Jahren begann).“

(CAMPBELL & REECE 2006, S. 763). Die Funde aus dem Präkambrium zeigen eine relativ begrenzte Vielfalt in der sogenannten Ediacara – Fauna, während im Kambrium schon nahezu alle bedeutenden Körperbaupläne des Tierreichs zu finden sind (CAMPBELL & REECE 2006). „Im Pflanzenreich zeigt sich eine stufenweise Komplexitätszunahme von den aquatischen Algen (Eucyten) über Urlandpflanzen, Farne, Nadelgewächse bis zu den modernen Blütenpflanzen (Angiospermen). Die Wirbeltierreihe lässt sich in analoger Weise rekonstruieren: Fische, Amphibien, Reptilien und Ursäugetiere bis zu den hochentwickelten Primaten (Schimpanse, Mensch) bilden eine aufsteigende Linie [...]“ (KUTSCHERA 2008: S. 126)

Drei gängige Hypothesen, die CAMPBELL & REECE (2006) anführen, werden als Grund für die plötzliche, und auf der Zeitskala chronologisch kurze Phase der Kambrischen Formenexplosion angesehen:

1. **Ökologische Ursachen:** die Räuber-Beutebeziehung führt „[...] zu vielfältigen evolutionären Anpassungen; hierzu gehören vor allem die verschiedenen Schalen und Panzer sowie unterschiedliche Lokomotionstypen und Ernährungsweisen.“ (CAMPBELL & REECE 2006: S. 764)
2. **Geologische Ursachen:** der atmosphärische Sauerstoff bietet erst jetzt eine genug hohe Konzentration um großvolumige, aktiv bewegliche Körperkonstruktionen zu ermöglichen sowie Biomineralisation von Calciumcarbonat und das damit verbundene Abscheiden fester Schalen und Skelette (CAMPBELL & REECE 2006: S. 764)
3. **Genetische Ursachen:** Die Diversifikation der Tiere steht mit der Evolution des regulatorischen Hox-Genkomplexes in Zusammenhang. „Ein Großteil der Vielfalt an Körperformen, die bei den rund 35 Tierstämmen zu beobachten ist, ergibt sich aus einer unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Expression von *Hox*-Genen während der Embryonalentwicklung [...]“ (CAMPBELL & REECE 2006: S. 764)

Vor mehr als einer Milliarde Jahre besiedeln die ersten Cyanobakterien wasserbenetzte Landflächen. Ab dem frühen Paläozoikum vor ca. 500 Millionen Jahren ziehen die ersten Pflanzen (ab dem Obersilur), Pilze und Tiere in makroskopischer Form nach (CAMPBELL & REECE 2006). Wichtig dabei waren Anpassungen, die das Austrocknen an Land verhinderten wie z.B. eine schützende Wachsschicht auf Blättern. Pflanzen verändern Landschaften und

stellen die Grundlage für herbivore sowie carnivore Tiere. Die meisten Ordnungen der rezenten Säugetiere, einschließlich der Primaten, gibt es seit 60 – 50 Millionen Jahren, wobei sich der Mensch vor etwa 5 Millionen Jahren von der Entwicklungslinie seiner Vorfahren abzweigte (CAMPBELL & REECE 2006).

2.2.9. Möglichkeiten der Zeitdarstellung der Erdgeschichte

Diese kurze Zusammenfassung der Entstehung des Lebens auf der Erde ist gespickt mit Zeitangaben, zu denen ein Mensch nur schwer einen Bezug darstellen kann. Wie bereits im ersten Theorieteil ausgeführt, hat der Mensch eine ambivalente Einstellung zur Zeit, sie zerrinnt, dehnt oder dümpelt vor sich hin. Der Mensch kann immer nur sich selbst in Beziehung zu etwas setzen, so auch zur Zeit. Für ihn ist es nur schwer begreiflich, welche Zeitparameter bei der zusammengefassten Lebensgeschichte eine Rolle spielen. Er kann die Zahlen zwar lesen, doch wie kann er sie sich „begreiflicher“ machen?

Es gibt zwei bekannte Möglichkeiten, wie eine chronologische Auflistung möglich ist, durch eine **geradlinige Zeitskala**, auf der bestimmte Ereignisse aufgelistet werden und die **Darstellung in Form eines Ziffernblattes einer Uhr**. „Das Ziffernblatt einer Uhr verdeutlicht die Zeiträume von Schlüsselereignissen der Evolutionsgeschichte. Der Zeiger macht von der Entstehung der Erde bis zur Gegenwart einmal die Runde.“ ((CAMPBELL & REECE 2006: S. 610). Beide Darstellungsmöglichkeiten zielen auf die visuelle Verarbeitung sowie das Vorkommen im Alltag ab. Menschen sind Augenwesen, sie nehmen Sachverhalte durch visuelle Bilder besser wahr, als durch bloßes Hören und können mit diesen Bildern auch bessere Assoziationen erzielen. Besonders die Darstellung als Ziffernblatt eignet sich hervorragend um die Chronologie eines Ereignisses, in diesem Falle der Entstehungsgeschichte des Lebens, mit Hilfe eines alltäglichen Gegenstandes zu zeigen. Die Zeit wird durch ein Mittel zur Zeitmessung verbildlicht und durch den Bezug des Menschen zum Alltagsgegenstand Uhr, wird ein verbessertes „Begreifen“ ermöglicht.

Beide Formen der Zeitdarstellung werden nun beschrieben und kommen bei CAMPBELL & REECE (2006) vor, wobei der zusammengefasste Text bei ihnen durch das Modell des Ziffernblattes dargestellt wird.

2.2.9.1. Die geradlinige Zeitskala als Tabelle

Eine geradlinige Zeitskala, egal ob horizontal oder vertikal, kann die zeitlichen Ausmaße einer Sachlage chronologisch auflisten. Um eine solche Zeitskala zu beschreiben, verwende ich die in Tabellenform dargestellte „geologische Zeitskala“ bei CAMPBELL & REECE (Abb. 7, 2006).

Um diese Tabelle zu beschreiben, ist es nötig zu wissen, wie man sie lesen sollte. Begonnen wird mit der ältesten Zeiteinheit, dem Präkambrium, d.h. es wird von unten nach oben gelesen und von rechts nach links. Die erste Spalte der Tabelle gibt die relative Zeitspanne der Zeitalter Präkambrium, Paläozoikum, Mesozoikum und Känozoikum an, wobei erkenntlich wird, dass ersteres und ältestes die größte Spanne ausmacht. In den nächsten zwei Spalten werden die vier Zeitalter noch einmal aufgelistet und in ihre jeweiligen Perioden aufgeteilt. Das Präkambrium erfährt keine Einteilung. Das Paläozoikum wird eingeteilt in das Kambrium, Ordovizium, Silur, Devon, Karbon und Perm, das Mesozoikum in Trias, Jura und Kreide und das Känozoikum in Tertiär und Quartär. Die nächste Spalte zeigt die Epocheneinteilung des Tertiärs in Paläozän, Eozän, Oligozän, Miozän und Pliozän, sowie des Quartärs in Pleistozän und die Neuzeit. Die Altersangabe erfolgt in der nächsten Spalte durch Angaben in Millionen Jahren. Die äußerst rechte Spalte und somit die letzte, zeigt, was sich in diesen Epochen und in diesem zeitlichen Rahmen lebensgeschichtlich abgespielt hat. Zum Beispiel, am Ende der Kreidezeit, vor ca. 65 Millionen Jahren sterben die Dinosaurier und viele andere Organismengruppen auf der Erde aus. Man kann auch ablesen, dass das Präkambrium die relativ größte Zeitspanne unter den Zeitaltern einnimmt, jedoch relativ wenig biologische Diversität aufweist.

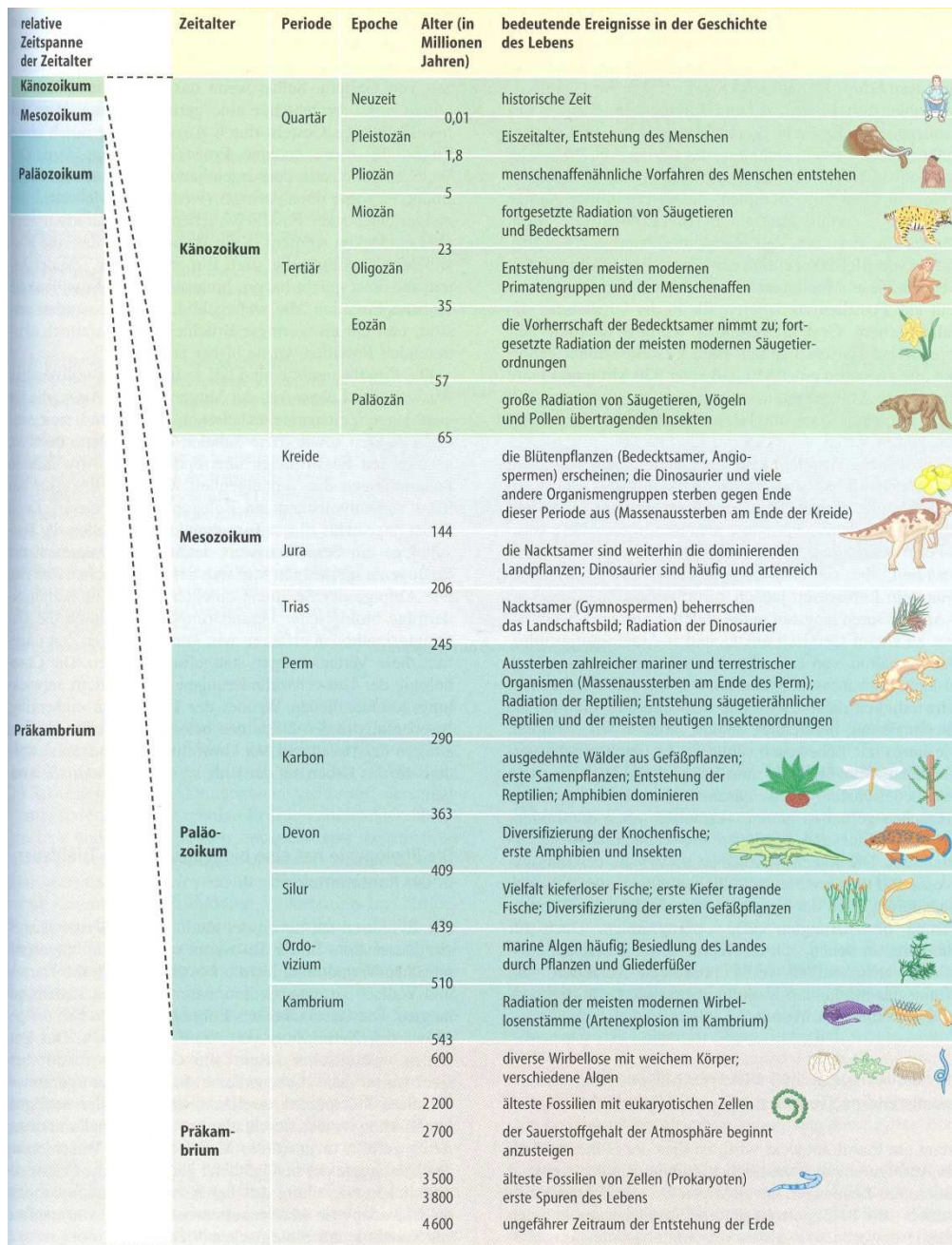


Abb.7: Die geologische Zeitskala (entnommen aus CAMPBELL & REECE 2006: S. 575)

Diese Form der Zeitdarstellung hilft einerseits relative Zeitmaßstäbe aufzuzeigen, andererseits auch, wie viel sich in diesen Etappen getan hat.

2.2.9.2. Das Ziffernblatt der Uhr

Die Methode der Darstellung der Entstehungsgeschichte des Lebens auf der Erde, welche ich zusammengefasst habe, wird bei CAMPBELL & REECE (2006) durch das Ziffernblatt einer Uhr verkörpert (Abb. 8, CAMPBELL & REECE 2006).

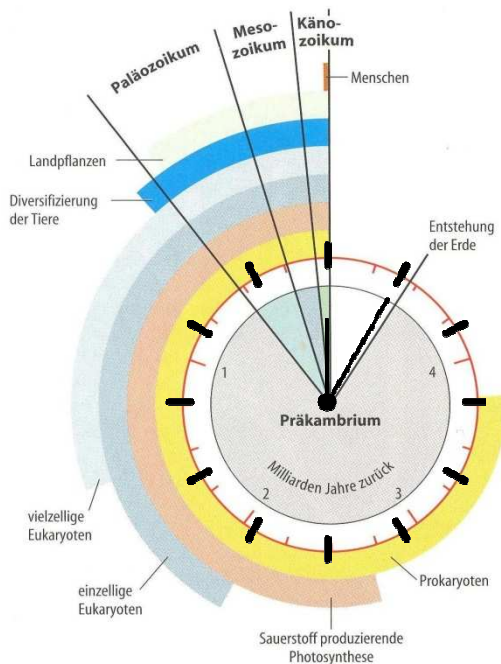


Abb.8: Schlüsselereignisse der Evolutionsgeschichte wird mit Hilfe eines Ziffernblattes einer Uhr dargestellt; vom mir mit Hilfe eines Cliparts (Internetquelle 3) bearbeitet (entnommen aus CAMPBELL & REECE 2006: S. 610)

Die wichtigsten Ereignisse werden dabei aufgeführt und können wie eine Uhr „gelesen“ werden. Von der Entstehung der Erde bis zur Gegenwart macht der Zeiger einmal die Runde. Stellen wir uns das wie eine Stunde vor:

- zwischen der 5. und 6. Minute: Entstehung der Erde
- ca. 15. Minute: die ersten Prokaryoten treten auf
- ca. 27. Minute: atmosphärischer Sauerstoff
- ca. 35. Minute: einzellige Eukaryoten bilden sich
- ca. 42. Minute: vielzellige Eukaryoten bilden sich
- zwischen 53. und 55. Minute: Diversifizierung der Tiere und Landpflanzen
- die letzten Sekunden: der Mensch

Diese kurze Aufzählung zeigt, wie lange das Präkambrium dauert, nämlich ca. 49 Minuten und wie wenig sich in dieser Zeit evolutionstechnisch tut. Erst am Ende des Präkambriums

und Anfang des Kambriums setzt die explosionsartige Diversifizierung der Arten ein, die gerade mal etwa 7 Minuten ausmachen. Der Mensch, nur um die Relation zu sehen, ist gerade einmal mit wenigen Sekunden vertreten und dadurch hochgerechnet auf die Milliarden von Jahren, einem Wimpernschlag gleich, relativ kurz auf der Erde.

Die Darstellung bei CAMPBELL & REECE (2006) ist im Vergleich zur Tabelle reduktionistisch, kann aber natürlich ebenso aufgefächert werden.

3. Systematischer Teil

3.1. Einleitung

3.1.1. Das Untermiozän

Das Material, das im systematischen Teil dieser Arbeit aufgelistet wird, stammt aus einer Kohlegrube in Hambach, Deutschland. Es besteht hauptsächlich aus Zähnen und Kieferfragmenten von Raubtieren. Aufgrund des Kohle – Vorkommens ist das Material überwiegend schwarz gefärbt, wie auch später auf den Fototabellen noch zu sehen sein wird. Chronologisch betrachtet befinden wir uns im Neogen, genauer gesagt im Untermiozän.

Das Miozän reicht 23 – 5 Millionen Jahren zurück (CAMPBELL & REECE 2006) und setzt sich geostratigraphisch nach STEINIGER (1999) im marinen folgendermaßen zusammen:

- **Messinium:** 7,2 – 5,25 Millionen Jahre
- **Tortonium:** 11,3 – 7,2 Millionen Jahre
- **Seravallium:** 15 – 11,3 Millionen Jahre
- **Langhianium:** 16,4 – 15 Millionen Jahre
- **Burdigalium:** 20,5 – 16,4 Millionen Jahre
- **Aquitonium:** 23,8 – 20,5 Millionen Jahre

Bei STEINIGER (bei RÖSSNER & HEISSIG 1999) findet sich auch die terrestrische Einteilung des europäischen Neogens. Diese biostratigraphische Einteilung beruht auf Resten von Landsäugetieren, engl. *mammals*, die in unterteilbaren, terrestrischen Sedimenten vorkommen. Deshalb bezeichnet man diese Art der Einteilung auch als „European Land Mammal Ages“, kurz **ELMA** (STEINIGER 1999).

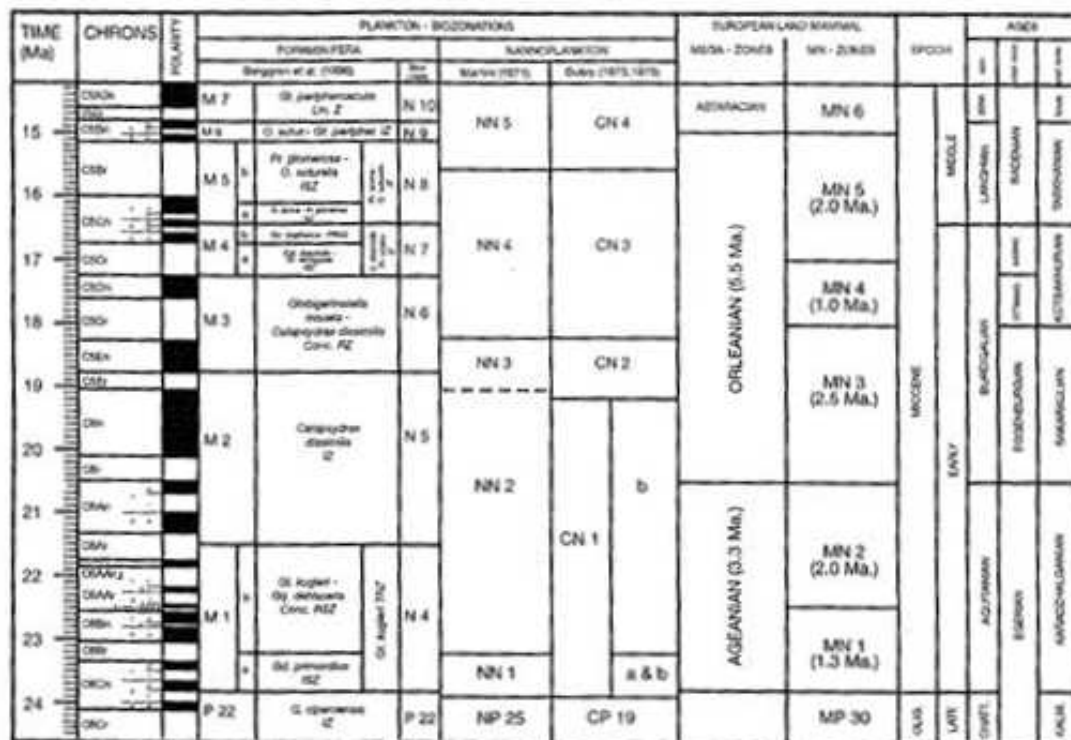
Die ELM – Ages für Miozän und Pliozän lauten:

- **Villafranchium:** 3,5 – 0,9 Millionen Jahre (Internetquelle 2)
- **Ruscinium:** 5 – 3,5 Millionen Jahre
- **Turolium:** 8,65 – 5 Millionen Jahre
- **Vallesium:** 11,15 – 8,65 Millionen Jahre
- **Astaracium:** 15,1 – 11,15 Millionen Jahre

- **Orleanium:** 20,5 – 15,1 Millionen Jahre
- **Agenium:** 23,8 – 20,5 Millionen Jahre

Diese ELM – Ages werden nochmals unterteilt in 17 sogenannte „Mammal Neogen-Zones“, kurz **MN** – Zonen (STEININGER 1999).

Bei STEININGER (1999) finden sich zwei Tabellen, die die Einteilung des Neogens genau aufzeigen (Tab. 2 & Tab. 3).



Tab.2: Einteilung des frühen und mittleren Miozäns in ELMA und MN – Zonen (entnommen aus STEININGER 1999: S 14)

TIME (Ma)	CHRONOS	POLARITY	PLANKTON - BIOSTRATIGRAPHY								EUROPEAN LAND MAMMAL		EPOCH	AGES								
			FORAMINIFERA				NANNOPLANKTON				MIOA - ZONES	ML - ZONES		MIO.	CENT. ASIA	EAST. ASIA						
			Berggren et al. (1990)		Berggren et al. (1990)	Martini (1977)		Bulky (1973, 1975)														
			PL 1	PL 2		N 10	N 11	CN 10	CN 11													
5	C5n		PL 1	PL 2	PL 3	N 10	N 11	CN 10		TURULIAN (3.8 Ma.)	MN 14	PLOSSE	EARLY	ZANCLIAN	DAGIAN	KUMI - ENIAN						
	C5r		PL 1	PL 2		N 11	N 12															
6	C6n		PL 1	PL 2														MN 13 (1.7 Ma.)	LATE	MESSIAN	PONTIAN	PONTIAN
	C6r		PL 1	PL 2														MN 12 (1.4 Ma.)				
7	C7n		PL 1	PL 2							MN 11 (0.7 Ma.)	MIOCENE	TORTONIAN	PANNONIAN	MAECOTIAN							
	C7r		PL 1	PL 2							MN 10 (1.0 Ma.)											
8	C8n		PL 1	PL 2							MN 9 (1.4 Ma.)					MIDDLE	SERAVALLIAN	BAGIAN	KUMI - ENIAN			
	C8r		PL 1	PL 2							MN 7+8 (2.4 Ma.)											
9	C9n		PL 1	PL 2								ORL	MN 5									
	C9r		PL 1	PL 2																		
10	C10n		PL 1	PL 2																		
	C10r		PL 1	PL 2																		
11	C11n		PL 1	PL 2																		
12	C12n		PL 1	PL 2																		
13	C13n		PL 1	PL 2																		
14	C14n		PL 1	PL 2																		
15	C15n		PL 1	PL 2																		

Tab.3: Einteilung des mittleren und späten Miozäns in ELMA und MN – Zonen (entnommen aus STEININGER 1999: S. 15)

Säugetiere gibt es schon seit Jura und Kreide mit Formen, die heute nicht mehr existieren. Am ehesten entsprechen diese Formen den heutigen Kloakentieren. Beutel- und Säugetiere spalteten sich in der Kreide voneinander ab (RICH et al 2005).

Die Vegetation in Europa war von Feuchthabitaten dominiert. Es gab viele Feuchtgebiete mit dichten Wäldern, die sich auch auf die Tierwelt auswirkten. Die meisten Tiere waren klein, um sich in den dichten Wäldern bewegen zu können. Dann wurde es zunehmend trockener, wodurch die Wälder zurück gingen und die Landschaften immer offener wurden. Savannengebieten entstanden, was zur Folge hatte, dass die Tiere immer größer wurden und sich den Gegebenheiten anpassten (FRANZEN 2007). Im Pleistozän kippte diese Entwicklung durch die beginnende Eiszeit und damit verbundene Vereisung der Landschaften. Diese Vereisung stellte einen Stressfaktor für die damalige Tierwelt dar (KUTSCHERA 2008).

Zu den Familien, die in Hambach gefunden wurden und auch in dieser Arbeit aufgelistet sind, zählen die Ursidaen Fischer von Waldheim, 1817, die Amphicyonidaen Haeckel, 1866, die Mustelidaen Fischer de Waldheim, 1817 und die Ailuridaen Gray, 1843. Vertreter aus der Familie der Katzen, der Felidae Fischer de Waldheim, 1817 fehlen im Material aus Hambach.

3.1.2. Methode

Das Material besteht aus Einzelzähnen und Kieferfragmenten von Raubtieren aus dem Untermiozän von Europa. Mit Hilfe eines Binokulars wurde das Material gesichtet und nach vorgegebenen Messstrecken gemessen.

Die Analyse umfasst folgende Komponenten:

- bei Einzelzähnen:
 - o um welchen Zahn handelt es sich → Caninus, Prämolare, Molare, Unterkiefer, Oberkiefer, sinister, dexter
 - o Beschaffenheit des Zahnschmelzes
 - o Analyse der Zahnhöcker und des Cingulums
 - o Vermessung der Zähne in Länge und Breite mit Hilfe einer Schiebelehre
- bei Kieferfragmenten:
 - o Analyse, welche Fragmente sichtbar sind z.B. Einzelzähne, Alveolen der Zahnwurzeln
 - o Analyse der Einzelzähne wie oben angeführt

Jeder Einzelzahn wurde von mir zwei Mal in Länge und Breite vermessen. Eine Einteilung, welchen Zahn es sich handelt, ob Caninus, Molare oder Prämolare, wurde bereits von meiner Betreuerin vorgenommen. Die Zähne wurden dem Ober- oder Unterkiefer dexter oder sinister zugeteilt. Danach folgte die genaue morphologische Beschreibung der Zähne, in dem die Höcker (ev. auf Trigonid und Talonid), das Cingulum, Schneidekanten und die Beschaffenheit des Zahnschmelzes genau betrachtet werden. Die Beschaffenheit des Zahnschmelzes lässt z.B. auf das Alter des Tieres schließen. Ein glatter Zahnschmelz mit offenen Dentinflächen zeugt bei Carnivoren von starker Abnutzung, was darauf schließen lässt, dass das Tier lange gelebt haben muss, um seine Zähne derart abzunutzen.

Kieferfragmente werden dem Ober- oder Unterkiefer zugeteilt. Danach beschrieb ich, welche Teile des Fragments noch erhalten sind, z.B. Einzelzähne oder die Alveolen von Zahnwurzeln.

Inventarnummern sind derzeit noch keine vergeben worden, da es sich um Material aus Deutschland handelt und später in die Sammlung des Instituts für Paläontologie der Universität Bonn eingearbeitet wird. Die angegebenen Nummern sind field numbers, die während der Aufsammlung vergeben wurden.

3.1.3. Systematik und Taxonomie

Das gesichtete Material wurde der jeweiligen Familie, Gattung und Art zugeteilt. Dabei helfen artspezifische Merkmale der Zähne, die auch in der Beschreibung zu finden sind. Die Systematik und Taxonomie habe ich von McKENNA & BELL (1997) übernommen. Da die Diplomarbeit sich mit der Lebensdauer einer Art befasst und versucht, Lebensspannen von Arten aufzuzeigen, habe ich Vor- sowie Nachfahren der identifizierten Arten in der Beschreibung hinzugefügt. Diese Zeitspannen werden nach STEININGER (1999) in MN – Zonen dargestellt.

3.1.4. Foto- und Zeittabellen

Jedes einzelne Stück des Materials wurde von mir occlusal fotografiert und in einer Fototabelle zur Art gehörend aufgelistet. Ein Maßstab in der Länge von 1 cm hilft, die Größenrelationen zu verdeutlichen. Zum Schluss habe ich versucht die Lebensdauer des Vor- und Nachfahren sowie der gefundene Art auf einer von mir veränderten, vereinfachten Tabelle nach Vorbild der Tabelle von STEININGER (Tab. 2 & Tab. 3, 1999) farblich darzustellen. Dies dient der Veranschaulichung der Lebensspanne der einzelnen Arten. Ich konnte nicht bei jeder Art eine solche Auflistung anfertigen, da z.B. Arten plötzlich aussterben und somit keine Nachfahren hinterlassen, wie bei *Amphicyon steinheimensis* Fraas, 1885.

Die Vorfahren sind dabei grün, die Nachfahren blau und die identifizierten Arten rot gefärbt.

3.2. Materialliste Hambach

Die Funde stammen aus den Ville-Schichten der niederrheinischen Bucht (Tagebau Hambach), Deutschland (Abb. 9). Die Karte zeigt die Braunkohle-Tagebauen der Rheinbraun AG. Der Tagebau Hambach liegt auf der Erft-Scholle. Das devonische Grundgebirge ist schraffiert dargestellt (MÖRS et al., 2000: Abb.9).

Diese dort gefundene Wirbeltierfauna ist mit 70 Taxa als artenreich zu bezeichnen und dürfte aus dem Spätorlean (MN5, siehe Tab. 3) stammen. Die bisher bekannten Wirbeltiere enthalten Knorpelfische, Knochenfische, Amphibien, Reptilien (Schildkröten, Krokodile und Squamaten), unbestimmte Vögel, sowie Säugetiere. Unter den Säugern sind seltene Formen wie Beuteltiere (*Amphiperatherium*), Primaten (*Pliopithecus*) und seltene Nagetiere (*Anchitheriomys*, *Orygotherium*) zu nennen. Auf Grund der biostratigraphischen Analyse der hambacher Säugetierfauna ist eine Stellung in MN 5 sehr wahrscheinlich (MÖRS et al., 2000).

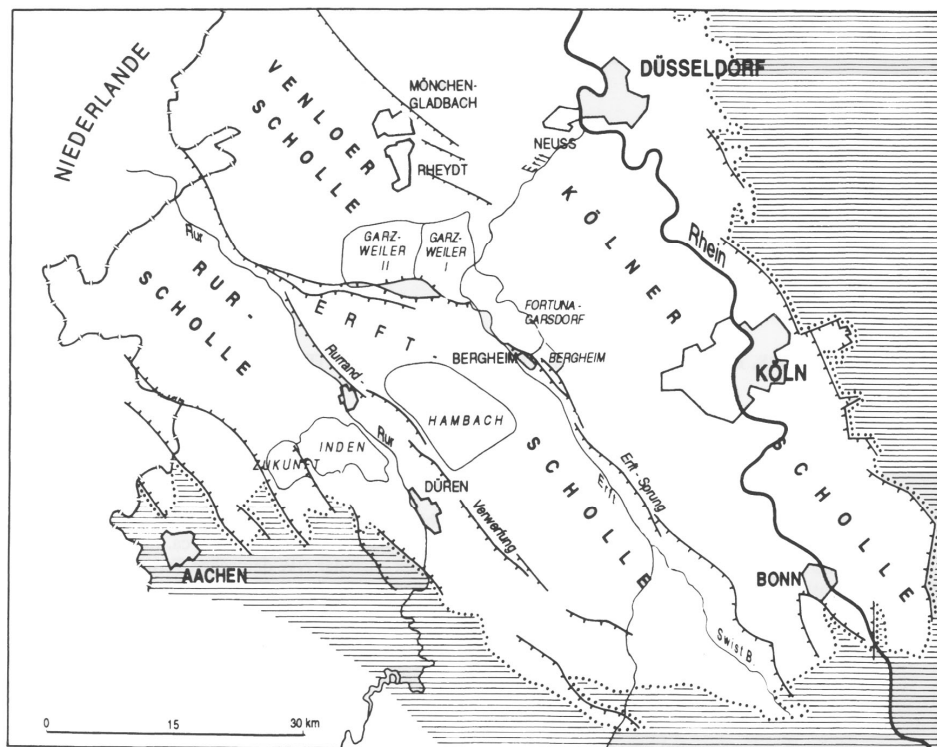


Abb. 9: Lage der Fundstelle Hambach in der Niederrheinischen Bucht (entnommen aus MÖRS et al.: Abb. 1)

Familie: Ursidae Fischer von Waldheim, 1817

Gattung: *Ursavus* Schlosser, 1899

Art: *Ursavus elmentis* Stehlin, 1917

Ursavus neigt zu rugosem Zahnschmelz. Die Zähne weisen niedrige Höcker auf und die oberen Molaren sind elliptisch. Im Laufe der Entwicklung von *Ursavus* werden diese zunehmend quadratischer. *Ursavus* ist seit MN3 belegt und dürfte sich von *Cephalogale* ableiten. Im Laufe der Evolution werden diese bärenartigen Tiere immer größer und omnivorere. Als Vorfahre des *Ursavus elmentis* Stehling, 1917(MN 5) kommt *Ursavus isorei* (Ginsburg & Morales, 1998) in Frage, der in MN 3 belegt ist und *Ursavus primaevus* (Gaillard, 1899) (von MN 7 – 9) könnte ein Nachfahre sein (Tab. 4.1.1).

Material:

- **5119:** Caninus sin des Unterkiefers
- **5083:** M 2 dexter, Oberkiefer
- **5118:** M1 dexter, Oberkiefer
- **5172:** M1 sinister, Oberkiefer
- **6358:** M1 sinister, Oberkiefer

Beschreibung:

C inf. sin., 5119: Der Zahnschmelz auf der lingualen Seite ist höher als auf der buccalen Seite. Der Zahnschmelz weist eine rugose Oberfläche auf (Tab. 4.1).

Maße:

max. Länge: 28,9 mm

Kronenhöhe: 12,8 mm

Breite des basalen Schmelzrandes: 6,2 mm

M2 dext., 5083: Es sind vier Höcker zu erkennen. Der Paracon ist der größte Höcker und spitz ausgebildet. Der zweigrößte ist der Metacon. Metacon und Paracon sind mittels einer Schneidekante verbunden. Gegenüber vom Metacon liegt der kleine Protocon, der mit dem Metacon über eine Schneidekante verbunden ist. Der Paraconolus ist nur sehr klein vorhanden und mit dem Paracon über eine Schmelzkante verbunden. Das Zentralbecken ist deutlich und glatt. Das Cingulum liegt lingual, ist deutlich vorhanden und besitzt Faltungen (Tab. 4.1).

Maße:

max. Länge: 9,6 mm

max. Breite: 8,5 mm

M1 dext., 5118: Der größte Höcker ist der Paracon. Der zweigrößte ist der Metacon. Metacon und Paracon sind mittels einer Schneidekante verbunden. Der Protocon ist etwas kleiner als der Metacon und ebenfalls mit einer Schneidekante mit dem Metacon verbunden. Der Paraconulus ist am kleinsten und über eine Schneidekante mit dem Paracon verbunden. Das Zentralbecken ist vorhanden und deutlich strukturiert. Das Cingulum ist sehr deutlich auf der Buccalseite ausgeprägt. Der Schmelz ist stark strukturiert (Tab. 4.1).

Maße:

max. Länge: 10,8 mm

max. Breite: 9,1 mm

M1 sin., 5172: Der größte Höcker ist der Paracon. Der zweigrößte ist der Metacon. Metacon und Paracon sind mittels einer Schneidekante verbunden, wobei sich eine Einschnürung zwischen den beiden Höckern zeigt. Der Protocon ist kleiner als der Metacon und ebenfalls über eine Schneidekante mit dem Metacon verbunden. Der Paraconulus ist am kleinsten und über eine Schneidekante mit dem Protocon verbunden. Das Zentralbecken ist deutlich vorhanden und glatt. Das Cingulum liegt lingual, ist deutlich vorhanden und weist Einfaltungen auf (Tab. 4.1).

Maße:

max. Länge: 10,5 mm

max. Breite: 9,0 mm

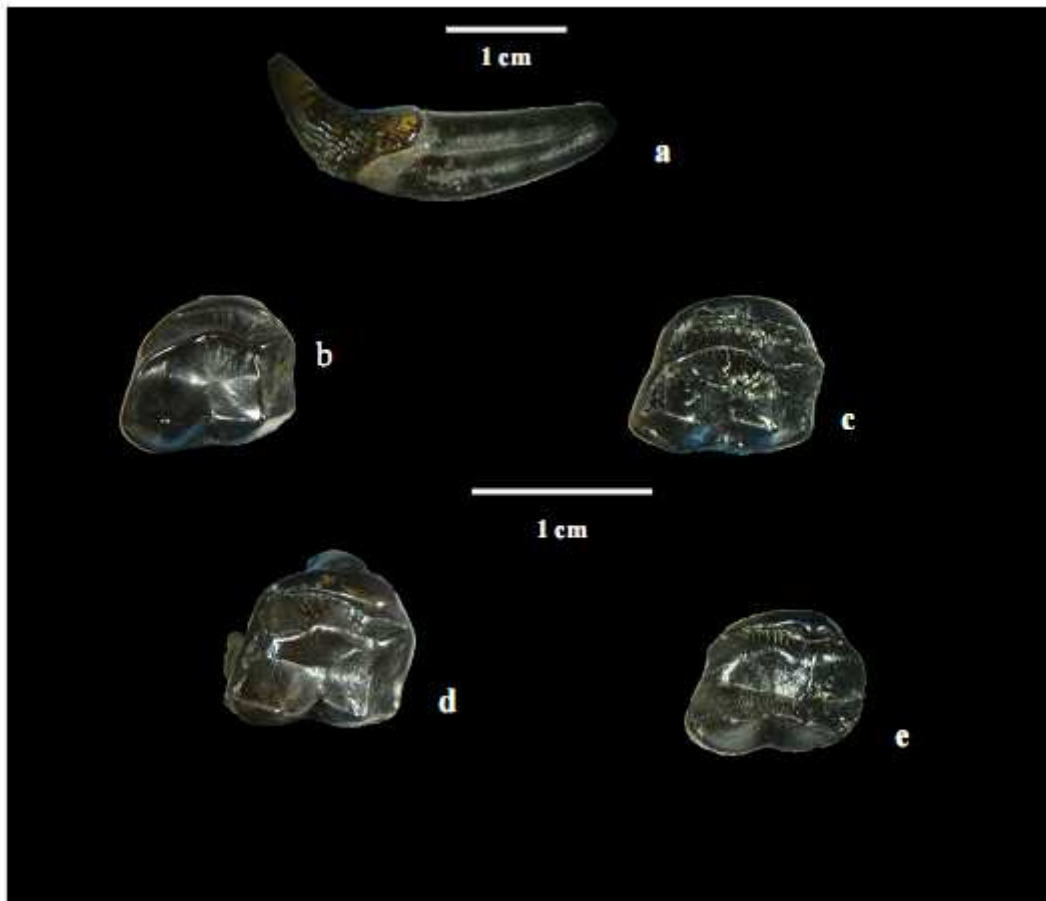
M1 sin., 6358: Der größte Höcker ist der Paracon. Der zweigrößte ist der Metacon. Metacon und Paracon sind mittels einer Schneidekante verbunden, wobei sich eine Einschnürung zwischen den beiden Höckern zeigt. Der Protocon ist kleiner als der Metacon und ebenfalls über eine Schneidekante mit dem Metacon verbunden. Der Paraconulus ist sehr niedrig und über eine Schneidekante mit dem Protocon verbunden, die Kante ist aber sehr schwach

ausgebildet. Das Zentralbecken ist deutlich ausgebildet und glatt. Das Cingulum liegt lingual, ist deutlich vorhanden und zeigt eine deutliche Faltung (Tab. 4.1).

Maße:

max. Länge: 10,0 mm

max. Breite: 8,4 mm



Tab.4.1: Occlusale Ansicht von *Ursavus elmensis*, Stehlin, 1917 aus Hambach (D): **a** 5119, **b** 5083, **c** 5118, **d** 5172, **e** 6358

Zeit in Millionen Jahren	Mega - Zonen	MN – Zonen
3,5 - 5	Ruscinium	MN 14
5 – 8,65	Turolium	MN 13 (1,7 M.J.)
		MN 12 (1,4 M.J.)
		MN 11 (0,7 M.J.)
8,65 – 11,15	Vallesium	MN 10 (1,0 M.J.)
		MN 9 (1,4 M.J.)
11,15 – 15,1	Astaracium	MN 7 + 8 (2,4 M.J.)
		MN 6 (1,5 M.J.)
15,1 – 20,5	Orleanium	MN 5 (2,0 M.J.)
		MN 4 (1 M.J.)
		MN 3 (2,5 M.J.)
20,5 – 23,8	Agenium	MN 2 (2,0 M.J.)
		MN 1 (1,3 M.J.)

Tab. 4..1.1: Zeitskala von *Ursavus elmensis*, Stehlin, 1917 (rot), *Ursavus isorei* (Ginsburg & Morales, 1998) (grün) und *Ursavus primaevus* (Gaillard, 1899) (blau)

Familie: Amphicyonidae Haeckel, 1866

Subfamilie: Amphicyoninae Trouessart, 1885

Gattung: *Amphicyon* Lartet, 1836

Art: *Amphicyon steinheimensis* (Fraas, 1885)

Amphicyon wurde so groß wie ein Bär und stellt somit das größte Raubtier in Hambach dar. Funde von *Amphicyon* Lartet, 1836 lassen sich im ganzen Miozän finden. Die *Amphicyon* – Linie beginnt in MN 1 mit *Amphicyon astrei* Kuss, 1962. Es dürfte mehrere evolutive Linien innerhalb der Gattung *Amphicyon* geben. Ein wahrscheinlicher Vorfahre von *Amphicyon steinheimensis* (Fraas, 1885) ist *Amphicyon bohemicus* (Schlosser, 1899). *Amphicyon bohemicus* (Schlosser, 1899) ist seit MN 3 belegt. Mit MN 5 folgen *Amphicyon major* Blainville, 1841 und *Amphicyon steinheimensis* (Fraas, 1885) (MN5-MN7/8) und hier endet auch die *Amphicyon*-Linie, ohne einen bis heute bekannten Nachfolger (Tab. 4.2.1).

Material:

- **5044:** m1 dexter, Unterkiefer
- **5051:** p3 dexter, Unterkiefer
- **5047:** p4 sinister, Unterkiefer

Beschreibung

m1 dext., 5044:

Trigonid: besteht aus einem sehr deutlichen Protoconid, welcher den größten Höcker darstellt. Das Paraconid befindet sich davor und ist kleiner als das Protoconid, aber niedriger als das Metaconid. Das Metaconid ist größer als das Paraconid und posterior sehr eng an den Protoconid gelehnt (Tab. 4.2).

Maße:

max. Länge: 18,9 mm

max. Breite: 12,4 mm

Talonid: Das Hypoconid stellt den größten Höcker dar. Der Entoconid befindet sich vis a vis vom Hypoconid und ist sehr schwach ausgeprägt. Über eine schwache Schmelzkante sind Hypoconid und Entoconid miteinander verbunden. Das Talonidbecken ist schwach eingetieft (Tab. 4.2).

Maße:

max. Länge: 11,3 mm

max. Breite: 12,7 mm

Das Cingulum mit einem schwachen Entoconid und einer weiteren Schmelzknospe befindet sich auf der Lingualseite. Es zeigt eine leichte Faltung (Tab. 4.3).

p3 dext., 5051: Der dritte untere Prämolare besitzt einen großen Haupthöcker. Posterior befindet sich ein weiterer Höcker, der deutlich kleiner ist als der Haupthöcker. Der anteriore Höcker ist am kleinsten. Das Cingulum ist deutlich ausgeprägt und umgibt den ganzen Zahn (Tab.4.2).

Maße:

max. Länge: 13,8 mm

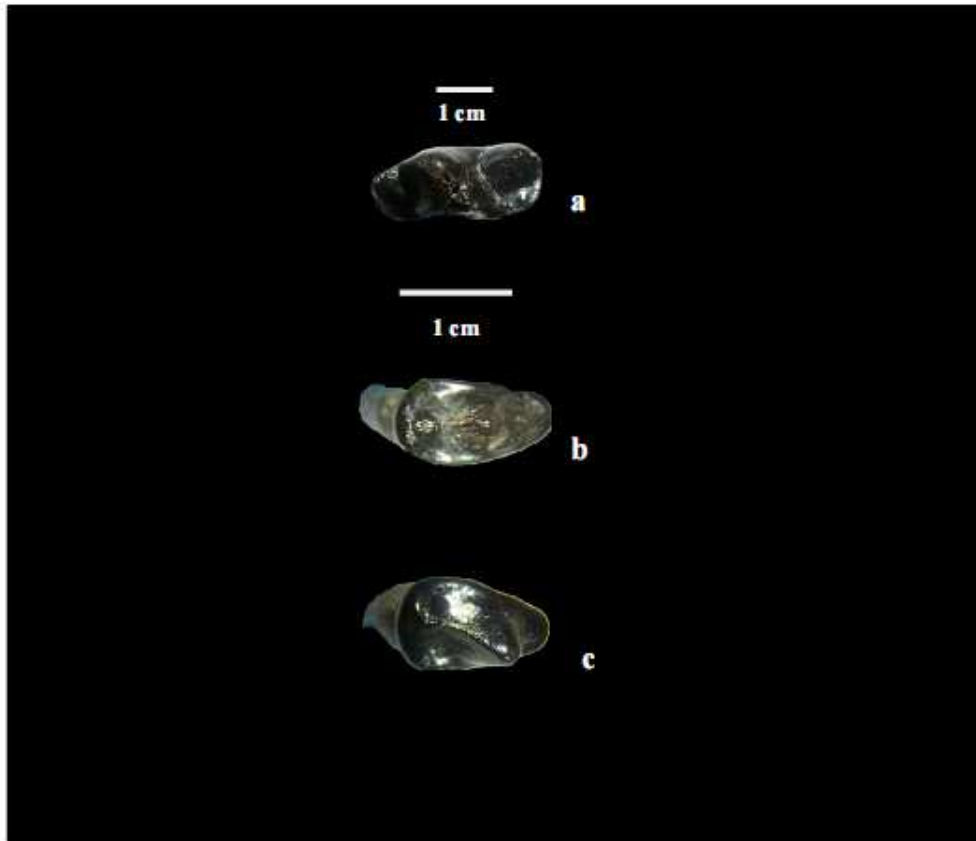
max. Breite: 7,2 mm

p4 sin., 5047: Der vierte untere Prämolare besitzt einen stark ausgeprägten Haupthöcker. Der posteriore Höcker ist nur schwach ausgebildet. Ein anteriorer Höcker ist nicht vorhanden. Das Cingulum ist deutlich ausgeprägt und umgibt den ganzen Zahn (Tab. 4.2).

Maße:

max. Länge: 13,6 mm

max. Breite: 7,8 mm



Tab.4.2.: Occlusale Ansicht von *Amphicyon steinheimensis* (Fraas, 1885) aus Hambach (D): **a** 5044, **b** 5051, **c** 5047

Zeit in Millionen Jahren	Mega - Zonen	MN – Zonen	
3,5 - 5	Ruscinium	MN 14	
5 – 8,65	Turolium	MN 13 (1,7 M.J.)	
		MN 12 (1,4 M.J.)	
		MN 11 (0,7 M.J.)	
8,65 – 11,15	Vallesium	MN 10 (1,0 M.J.)	
		MN 9 (1,4 M.J.)	
11,15 – 15,1	Astaracium	MN 7 + 8 (2,4 M.J.)	
		MN 6 (1,5 M.J.)	
15,1 – 20,5	Orleanium	MN 5 (2,0 M.J.)	MN 5 (2,0 M.J.)
		MN 4 (1 M.J.)	
		MN 3 (2,5 M.J.)	
20,5 – 23,8	Agenium	MN 2 (2,0 M.J.)	
		MN 1 (1,3 M.J.)	

Tab. 4.2.1.: Zeitskala *Amphicyon steinheimensis* Fraas, 1885 (rot), *Amphicyon bohemicus* (Schlosser, 1899) (dunkelgrün), *Amphicyon major* Blainville, 1841 (hellgrün)

Familie: *Mustelidae* Fischer de Waldheim, 1817

Gattung: *Potamotherium* Geoffroy Saint-Hillaire, 1833

Art: *Potamotherium miocenicum* (Petters, 1868)

Die *Mustelidae* Fischer de Waldheim, 1817 weisen einen sehr kleinen M1 auf, der auf der Lingualseite nicht stark ausgeprägt ist. Der P4 hingegen ist auf der Lingualseite stärker ausgeprägt. Schädel und Skelett sind otter – artig. Die Extremitäten sind zum Schwimmen adaptiert. *Potamotherium valletoni* (Geoffroy Saint-Hillaire, 1833) ist von MN1 bis MN2 aus Frankreich bis Deutschland bekannt. *Potamotherium miocenicum* (Petters, 1868) lebte von MN 3 bis MN 6. Möglicherweise sind Potamotherien der Vorfahre der Phociden (Morlo, 1996). Nach *Potamotherium miocenicum* (Petters, 1868) sind keine Nachkommen von *Potamotherium* mehr bekannt (Tab. 4.3.1).

Material:

- **5154:** m1 sinister, Unterkiefer
- **6361:** P4 dexter, Oberkiefer
- **5157:** P2 dexter, Oberkiefer

Beschreibung

m1 sin.; 5154:

Trigonid: Der Protoconid stellt den größten Höcker dar und ist deutlich vorhanden. Das Paraconid ist deutlich vorhanden und niedriger als Protoconid und Metaconid. Das Metaconid ist größer als das Paraconid, neigt sich lingual und ist nicht an den Protoconid angelehnt. Paraconid und Metaconid sind über eine Schneidekante miteinander verbunden. Dazwischen befinden sich Einfaltungen (Tab. 4.3).

Maße:

max. Länge: 8,5 mm

max. Breite: 5,9 mm

Talonid: Ist so hoch gezogen wie das Trigonid. Das Hypoconid ist sehr deutlich vorhanden. Das Talonidbecken ist vorhanden, klein und nach lingual abgeschrägt (Tab. 4.3).

Maße:

max. Länge: 4,0 mm

max. Breite: 5,3 mm

Protoconid, Paraconid und Hypoconid sind über eine Schmelzkante miteinander verbunden, welche dazwischen eine Faltung aufweist. Das Cingulum zeigt sich als kleiner Schmelzwulst und liegt anterior sowohl im buccalen wie auch lingualen Bereich (Tab. 4.3).

P4 dext., 6361: Der Paracon ist sehr deutlich vorhanden. Das Cingulum umgibt den ganzen Zahn und ist buccal sehr deutlich zu sehen. Der Protocon ist nur noch eine Verbreiterung im lingualen Bereich (Tab. 4.3.)

Maße:

max. Länge: 7,9 mm

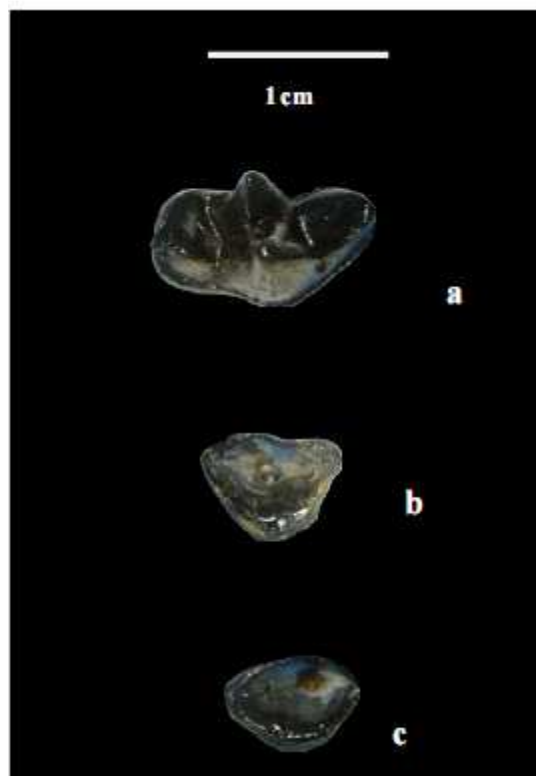
max. Breite: 5,9 mm

P2 dext., 5157: Der Haupthöcker ist sehr deutlich vorhanden. Die Schneidekante ist gefaltet. Der anteriore Höcker ist nicht vorhanden. Der posteriore Höcker ist vorhanden, aber sehr klein und an den Haupthöcker angelehnt. Das Cingulum umgibt den ganzen Zahn (Tab. 4.3).

Maße:

max. Länge: 7,5 mm

max. Breite: 4,9 mm



Tab.4.3.: Occlusale Ansicht von *Potamotherium miocenicum* (Petters, 1868) aus Hambach (D): **a** 5154, **b** 6361, **c** 5157

Zeit in Millionen Jahren	Mega - Zonen	MN – Zonen
3,5 - 5	Ruscinium	MN 14
5 – 8,65	Turolium	MN 13 (1,7 M.J.)
		MN 12 (1,4 M.J.)
		MN 11 (0,7 M.J.)
8,65 – 11,15	Vallesium	MN 10 (1,0 M.J.)
		MN 9 (1,4 M.J.)
11,15 – 15,1	Astaracium	MN 7 + 8 (2,4 M.J.)
		MN 6 (1,5 M.J.)
15,1 – 20,5	Orleanium	MN 5 (2,0 M.J.)
		MN 4 (1 M.J.)
		MN 3 (2,5 M.J.)
20,5 – 23,8	Agenium	MN 2 (2,0 M.J.)
		MN 1 (1,3 M.J.)

Tab. 4.3.1.: Zeitskala *Potamotherium miocenicum* (Petters, 1868) (rot), *Potamotherium valletoni* (Geoffroy Saint-Hillaire, 1833) (grün)

Unterfamilie: Leptarctinea Gazin, 1936

Gattung: *Trocharion* Major, 1903

Art: *Trocharion albanese* Forsyth-Major, 1903

Trocharion weist sich durch einen kaum fehlenden Einschnitt zwischen Paracon und Parastyl als Mustelidae aus. Dieser "carnassial notch" dürfte bei den Leptarctinen unabhängig verloren gegangen sein (Robles et al, 2010). Das Metastyl ist am P4 verkürzt. Der Metaconid am M1 ist reduziert. Der m1 besitzt ein kürzeres Trigonid und der m2 ist zwei – wurzelig. *Trocharion* dürfte sich aus *Plesictis* Pomel 1846 (Oberoligozän bis MN2 im Untermiozän), entwickelt haben (Wolsan 1993) und *Trocharion albanense* ist von MN 4 – MN 9 belegt. Ein Nachfahre ist nicht bekannt (Tab. 4.4).

Material:

- **5077:** Unterkiefer – Fragment sinister
- **5099:** P4 – Fragment dexter, Oberkiefer
- **6366:** P4 sinister, Oberkiefer
- **6364:** M1 dexter, Oberkiefer
- **5156:** P3 sinister, Oberkiefer

Beschreibung

5077: Das Unterkiefer – Fragment zeigt eine abgebrochene Wurzel des m1, die Alveole des m2 und die Alveole des p2, p4 und p3 sind noch erhalten.

Der p4 besitzt einen deutlichen Haupthöcker, der abgenützt ist. Posterior befindet sich befindet sich eine Basalwulst. Es gibt keinen anterioren Höcker.

Größe und Form des p4 machen eine Stellung zu *Trocharion* wahrscheinlich, aber kann nicht als gesichert angesehen werden (Tab. 4.4.1).

Maße:

max. Länge: 6,0 mm

max. Breite: 3,5 mm

Der P3 besitzt einen deutlichen Haupthöcker, der abgenützt ist. Posterior befindet sich eine Basalwulst. Andere Höcker sind nicht vorhanden (Tab. 4.4.1).

Maße:

max. Länge: 4,1 mm

max. Breite: 2,7 mm

P4 dext., 5099: Vom P4 ist nur ein abgebrochenes Fragment übrig (Tab. 4.4.1).

P4 sin., 6366: Der Paracon ist deutlich ausgebildet. Die Metastylklinge ist stark reduziert und gewölbt. Die Basis des Protocons ist sehr gut zu erkennen, aber an sich sind die Höcker eher niedrig. Es ist kein Cingulum vorhanden (Tab. 4.4.1).

Maße:

max. Länge: 6,7 mm

max. Breite: 7,3 mm

M1, dext., 6364: Der Paracon ist deutlich vorhanden. Der Metacon ist deutlich vorhanden. Der Protocon ist deutlich vorhanden. Paracon, Metacon und Procon sind fast gleich groß, wobei der Paracon am größten erscheint. Der Metaconolus ist vorhanden und am kleinsten. Das Zentralbecken ist deutlich vorhanden und glatt. Das Cingulum ist posterior vorhanden (Tab. 4.4.1).

Maße:

max. Länge: 7,0 mm

max. Breite: 6,2 mm

P3 sin., 5156: Der Haupthöcker ist deutlich vorhanden, aber keine anterioren Höcker. Der posteriore Höcker ist nur noch als Wulst erkennbar (Tab. 4.4.1).

Maße:

max. Länge: 5,8 mm

max. Breite: 3,5 mm



Tab.4.4.: Occlusale Ansicht von *Trocharion albanese* Major, 1903 aus Hambach (D): **a** 5077, **b** 5099, **c** 6366, **d** 6364, **e** 5156

Zeit in Millionen Jahren	Mega - Zonen	MN – Zonen
3,5 - 5	Ruscinium	MN 14
5 – 8,65	Turolium	MN 13 (1,7 M.J.)
		MN 12 (1,4 M.J.)
		MN 11 (0,7 M.J.)
8,65 – 11,15	Vallesium	MN 10 (1,0 M.J.)
		MN 9 (1,4 M.J.)
11,15 – 15,1	Astaracium	MN 7 + 8 (2,4 M.J.)
		MN 6 (1,5 M.J.)
15,1 – 20,5	Orleanium	MN 5 (2,0 M.J.)
		MN 4 (1 M.J.)
		MN 3 (2,5 M.J.)
20,5 – 23,8	Agenium	MN 2 (2,0 M.J.)
		MN 1 (1,3 M.J.)

Tab. 4.4.1: Zeitskala *Trocharion albanese* Forsyth-Major, 1903 (rot), *Plesictis* Pomel 1846 (grün)

Subfamilie: *Mustelinae* Fischer de Waldheim, 1817

Gattung: *Martes* Pinel, 1792

Art: *Martes aff. cadeoti* (?) Mein, 1958

Das Material zeigt deutliche Abnutzungerscheinungen und kann daher einem alten Tier zugewiesen werden. Mustelidae Fischer de Waldheim, 1817 weisen einen kleinen Paracon auf dem P4 auf, der M1 ist klein. Im Miozän zeigt sich der P4 ohne Eintiefung zwischen Paracon und Metastyl. Die Form und Größe legen die Zuordnung zu *Martes cadeoti* Mein, 1958 (MN 5) nahe, aber eine gesicherte Bestimmung ist anhand dieses Materials und des Erhaltungszustandes nicht möglich. Als Vorfahre kommt *Martes burdigaliensis* de Beaumont, 1974 (MN 4a-MN 5) in Frage und als Nachfahre ist *Martes munki* Roger, 1900 durch seine zeitliche Stellung (MN 7/8) wahrscheinlich) (Tab. 4.5).

Material:

- **o. Nr. 1:** M1 dexter, Oberkiefer
- **o. Nr. 2:** m1 sinister, Unterkiefer
- **5068:** P4 dexter, Oberkiefer

Beschreibung

M1 dext., o. Nr. 1: Paracon, Metacon und Protocon sind deutlich vorhanden. Das Zentralbecken ist gut ausgebildet. Das Cingulum liegt lingual und ist nur schmal vorhanden. Der Schmelz ist sehr glatt (Tab. 4.5.1).

Maße:

max. Länge: 6,5 mm

max. Breite: 7,9 mm

m1 sin., o. Nr. 2:

Trigonid: Proconid, Metaconid und Paraconid sind deutlich vorhanden und niedrig (Tab. 4.5.1).

Maße:

max. Länge: 3,8 mm

max. Breite: 5,3 mm

Talonid: Am Talonid sind keine Höcker ausgebildet. Das Talonidbecken ist deutlich ausgebildet. Das Cingulum umrahmt deutlich das Talonidbecken (Tab. 4.5.1).

Maße:

max. Länge: 3,4 mm

max. Breite: 2,4 mm

5068: Der Paracon ist deutlich vorhanden und am höchsten. Der Protocon ist vorhanden und sehr klein. Die Metastylklinge ist sehr deutlich vorhanden, aber es gibt keine Eintiefung zwischen der Metastylklinge und dem Paracon (kein "carnassial notch"). Das Cingulum befindet sich anterior und formt noch kein Parastyl (Tab. 4.5.1).

Maße:

max. Länge: 7,7 mm

max. Breite: 4,5 mm

Zeit in Millionen Jahren	Mega - Zonen	MN – Zonen	
3,5 - 5	Ruscinium	MN 14	
5 – 8,65	Turolium	MN 13 (1,7 M.J.)	
		MN 12 (1,4 M.J.)	
		MN 11 (0,7 M.J.)	
8,65 – 11,15	Vallesium	MN 10 (1,0 M.J.)	
		MN 9 (1,4 M.J.)	
11,15 – 15,1	Astaracium	MN 7 + 8 (2,4 M.J.)	
		MN 6 (1,5 M.J.)	
15,1 – 20,5	Orleanium	MN 5 (2,0 M.J.)	MN 5 (2,0 M.J.)
		MN 4 (1 M.J.)	
		MN 3 (2,5 M.J.)	
20,5 – 23,8	Agenium	MN 2 (2,0 M.J.)	
		MN 1 (1,3 M.J.)	

Tab.4.5.1: Zeitskala *Martes cadeoti* Mein, 1958 (rot), *Martes burdigaliensis* de Beaumont, 1974 (grün) und *Martes munki* Roger, 1900 (blau)

Gattung: *Martes* Pinel, 1792

Art: *Martes filholi* (Depéret, 1887)

Martes filholi (Depéret, 1887) ist in MN7/8 belegt. Den Vorfahren stellt wahrscheinlich *Martes sansaniensis* Lartet, 1851 dar, belegt in MN6. *Martes melibulla* Petter, 1963 stellt den Nachfahren dar und ist in MN9 belegt (Tab. 4.5).

Material:

- **6365:** M 1 oder 2 Oberkiefer dexter , stark abgenützt, stark fragmentiert, daher ist eine genaue Zuordnung nicht möglich

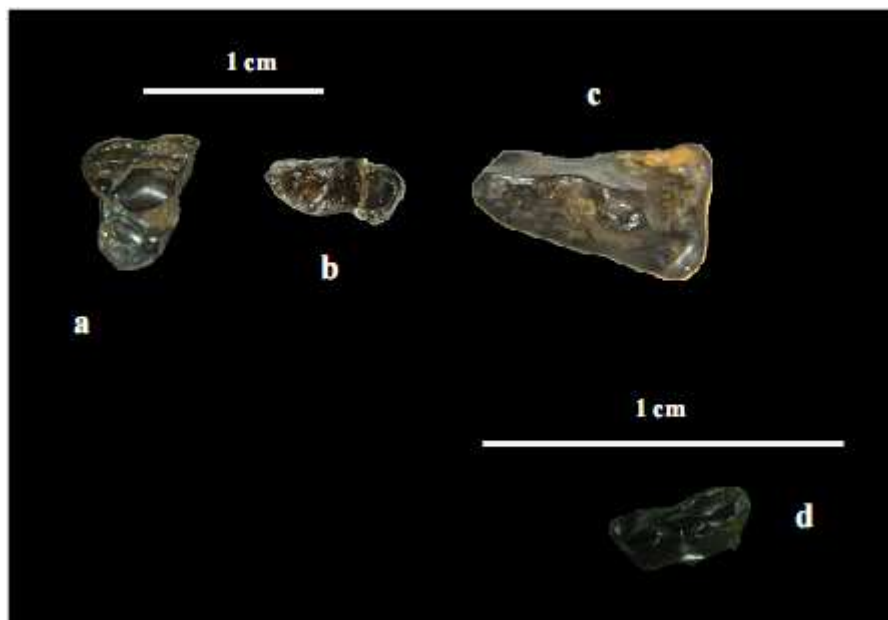
Beschreibung

M1 oder 2 dext., 6365: Der Paracon ist deutlich vorhanden und stark abgenützt. Der Metacon ist ebenfalls deutlich vorhanden, stark abgenützt und etwas kleiner als der Paracon. Das Cingulum liegt anterior, buccal und ist verbreitert. Der Zahnschmelz ist glatt (Tab. 4.5.2).

Maße:

max. Länge: 3,9 mm

max. Breite: abgebrochen, daher nicht messbar!



Tab.4.5.: Occlusale Ansicht *Martes aff. cadeoti* (?) Mein, 1958 und *Martes filholi* (Depéret, 1887) : **a** o. Nr. 1, **b** o. Nr. 2, **c** 5068, **d** 6365

Zeit in Millionen Jahren	Mega - Zonen	MN – Zonen
3,5 - 5	Ruscinium	MN 14
5 – 8,65	Turolium	MN 13 (1,7 M.J.)
		MN 12 (1,4 M.J.)
		MN 11 (0,7 M.J.)
8,65 – 11,15	Vallesium	MN 10 (1,0 M.J.)
		MN 9 (1,4 M.J.)
11,15 – 15,1	Astaracium	MN 7 + 8 (2,4 M.J.)
		MN 6 (1,5 M.J.)
15,1 – 20,5	Orleanium	MN 5 (2,0 M.J.)
		MN 4 (1 M.J.)
		MN 3 (2,5 M.J.)
20,5 – 23,8	Agenium	MN 2 (2,0 M.J.)
		MN 1 (1,3 M.J.)

Tab. 4.5.2.: Zeitskala *Martes filholi* (Depéret, 1887) (rot), *Martes sensaniensis* Lartet, 1851 (grün) und *Martes melibulla* Petter, 1963 (blau)

Familie: Ailuridae Gray, 1843

Gattung: Amphictis Pomel, 1853

Art: Amphictis sp.

Amphictis schlosseri Heizmann & Morlo, 1994 ist ein paraphyletischer, basaler *Ailuridae* (= *Amphictinae* Winge, 1895). Das zeitliche und geographische Verbreitungsareal lässt eher auf *Amphictis getti* (MN 5) schließen als auf *Amphictis schlosseri* (MN 1-2) Heizmann & Morlo, 1887. Eine genauere Zuordnung ist nicht möglich, da kein m2 vorhanden ist. Beim m2 sind Protoconid und Metaconid über eine Schneidekante verbunden. Der m2 an sich ist relativ lang. Es finden sich 2 Höcker + 1 Paracon und 2 Höcker + 2 Höckerchen. Zum ersten Mal haben wir eine zusätzliche Schneidekante, welche die Entwicklung in Richtung Ursidae zeigt. Vorfahre ist wahrscheinlich *Amphictis schlosseri* Heizmann & Morlo, 1994 (MN 1-2) zu nennen. *Amphictis goeriachensis* (Toula, 1884) stellt den Nachfahren dar und ist von MN6 bis MN7 belegt. Zurzeit wird *Amphictis* als der Vorfahre des Panda gesehen (Tab. 4.6).

Material:

- **5120:** m1 sinister, Unterkiefer
- **5155:** Fragment Oberkiefer dexter

Beschreibung

m1 sin. 5120:

Trigonid: Der Protoconid ist sehr deutlich und am höchsten. Das Metaconid ist deutlich, aber kleiner als der Protoconid und lehnt sich posterior ein wenig an den Protoconid. Das Paraconid ist deutlich vorhanden und liegt gegenüber dem Protoconid (Tab. 4.6.1).

Maße:

max. Länge: 7,9 mm

max. Breite: 4,5 mm

Talonid: Das Hypoconid ist deutlich vorhanden, aber niedrig. Das Talonidbecken ist deutlich vorhanden. Es ist kein Cingulum zu sehen. Das Talonid ist im Vergleich zum Trigonid viel kleiner (Tab. 4.6.1).

Maße:

max. Länge: 3,7 mm

max. Breite: 4,6 mm

5155: Das Oberkiefer – Fragment zeigt den P4, M1 und Alveole des P3

P4: Der Paracon ist deutlich vorhanden und am höchsten. Der Protocon ist deutlich vorhanden, liegt anterior und ist kleiner als der Paracon. Die Metastylklinge ist deutlich vorhanden und kurz. Das Cingulum ist ausgebildet, lingual deutlich vorhanden (Tab. 4.6.1).

Maße:

max. Länge: 7,1 mm

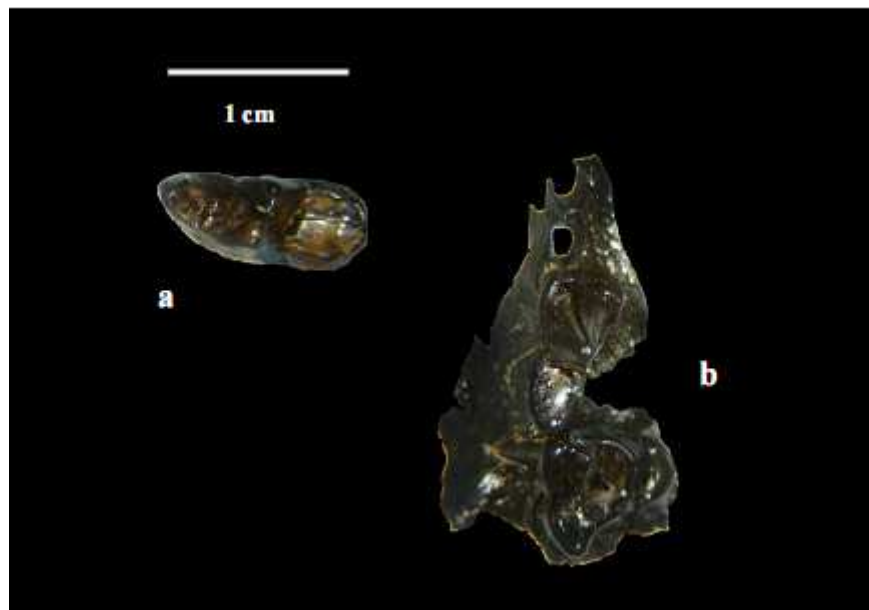
max. Breite: 4,0 mm

M1: Der Paracon ist deutlich vorhanden und ist der größte Höcker. Der Metacon ist deutlich vorhanden und leicht abgeflacht. Der Protocon ist vorhanden, aber niedrig mit Cristae, die lingual vom Protocon anterior und posterior verlaufen. Der Metacon ist vorhanden und sehr niedrig (Tab. 4.6.1).

Maße:

max. Länge: 5,9 mm

max. Breite: 7,3 mm



Tab.4.6: Occlusale Ansicht von *Amphictis* sp. Heizmann & Morlo, 1994 aus Hambach (D): **a** 5120, **b** 5155

Zeit in Millionen Jahren	Mega - Zonen	MN – Zonen	
3,5 - 5	Ruscinium	MN 14	
5 – 8,65	Turolium	MN 13 (1,7 M.J.)	
		MN 12 (1,4 M.J.)	
		MN 11 (0,7 M.J.)	
8,65 – 11,15	Vallesium	MN 10 (1,0 M.J.)	
		MN 9 (1,4 M.J.)	
11,15 – 15,1	Astaracium	MN 8	MN 7 + 8 (2,4 M.J.)
		MN 7	
		MN 6 (1,5 M.J.)	
15,1 – 20,5	Orleanium	MN 5 (2,0 M.J.)	
		MN 4 (1 M.J.)	
		MN 3 (2,5 M.J.)	
20,5 – 23,8	Agenium	MN 2 (2,0 M.J.)	
		MN 1 (1,3 M.J.)	

Tab. 4.6.1.: Zeitskala *Amphictis* sp. (rot), *Amphictis schlosseri* Heizmann & Morlo, 1994 (grün) und *Amphictis goeriachensis* (Toula, 1884) (blau)

3.3. Faunenszusammenfassung

Die untersuchte Raubtierfauna aus Hambach besteht aus Elementen, die typisch für die feuchten und dicht bewaldeten Gebiete Mitteleuropas im Untermiozän sind. Semiaquatische Formen wie *Potamotherium* und *Trocharion* sind nur in solchem Environment anzutreffen. Toppredator dürfte *Amphicyon* gewesen sein. Er stellt auf jeden Fall den größten Räuber in der Fundstelle dar. Alle anderen Taxa sind klein- bis mittelgroße Tiere mit einem Körpergewicht bis maximal fünf Kilogramm.

4. Ergebnisse und Diskussion

Das Thema der Diplomarbeit kreiste immer um drei zentrale Fragen: Welche Bedeutung hat der Begriff Zeit für den Menschen? Welche Zeitparameter spielen bei der Lebensdauer einer Art eine Rolle? Wie kann ich diese Zeitspannen für Schülerinnen und Schüler „begreiflich“ machen?

Für den Menschen stellt die Zeit schon immer einen zentralen Punkt im Leben dar. Man richtete seine Aktivitäten nach Tages- bzw. Jahreszeiten aus, man begann die Zeit zu einer messbaren Größe zu machen, die man berechnen und „anfassen“ konnte. Die Uhr stellt eine solche Möglichkeit des „Messens“ und „Anfassens“ dar. Sie misst die Zeit, gibt durch Stunden -, Minuten- und Sekundenzeiger an, in welcher Stunde, Minute, Sekunde des Tages wir uns befinden. Sie ist jedoch nicht nur ein Messinstrument, sondern auch etwas, dass man anfassen kann und somit impliziert sie dem Menschen ein gewisses Gefühl der Kontrolle. Die Kontrolle über eine Größe, die ständig präsent ist, unseren Alltag bestimmt, unsere Geschichte widerspiegelt, ihr Daten zu bestimmten Ereignissen liefert, die wir zwar erfühlen können, aber dessen Charakter wir trotzdem nie endgültig „begreifen“ können. Wie schon oft von mir erwähnt, haben wir eine ambivalente Beziehung zur Zeit, da wir uns nur von unserem Standpunkt aus zu ihr in Bezug setzen können. Zeitabschnitte können wir nur einschätzen und wahrnehmen, wenn sie im Bereich unserer Lebensspanne vorkommen. Zu etwas, das vor zwanzig Jahren passiert ist, kann ich einen größeren Bezug aufbauen, als vor etwas, das bereits 100 Jahre zurück liegt.

Das Verhältnis des Menschen zur Zeit zeigt sich vor allem in dessen Wahrnehmung und dem Erleben von Zeit. Der Mensch kann die Zeit nur subjektiv erleben (BOGACKI 1998). BERGSON (1889/1994, bei HINZ 2000) unterscheidet hier zwischen der objektiven Zeit, auch „*temps*“ genannt, die durch Uhren gemessen werden kann und der der subjektiven Zeit, „*durée*“ genannt, die das Zeitgefühl des Menschen beschreibt. Für mich war es im Zuge der Rechercharbeit besonders interessant, dass dieses subjektive Zeiterleben durch eine mathematische Formel berechnet und veranschaulicht werden kann (MARQUARDT 2005). MARQUARDT (2005) zeigte dadurch auf, dass z.B. Jugendliche den subjektiven Zeitverlauf stärker wahrnehmen als Menschen, die 80 oder 90 Jahre alt sind.

Dass Kinder und Erwachsene unterschiedliches Zeiterleben zeigen, hatte ich mir zu Beginn der Recherche bereits gedacht, da ich aus eigener Erfahrung sprechen kann. Die Quellen hatten mich in meiner Vermutung bestätigt, dass Kinder Zeit unter anderen Gesichtspunkten wahrnehmen als Erwachsenen, aufgrund ihrer kognitiven Leistungsfähigkeit. Ich nahm an, dass Kinder ab einem Alter von 3 – 4 Jahren beginnen, in zeitlichen Rahmen zu denken und zu handeln. ORGEL (1965, bei HINZ 2000) führte jedoch an, dass Kinder schon mit dem 1. Lebensjahr beginnen, einen Bezug zur Zeit, genauer gesagt, mit der Vergangenheit, herzustellen, z.B. wenn sie auf ihre nächste Flasche warten müssen. Des Weiteren überraschte es mich, dass Zeit nach PIAGET (1955, bei HINZ 2000) nicht angeboren ist, sondern im Laufe des Lebens erworben wird. Wenn ich Begriffe wie „innere“ oder „biologische“ Uhr höre, so hätte ich gedacht, dass das Zeitgefühl in gewisser Weise angeboren ist.

Im Erwachsenenalter spielen das biologische Alter sowie gedächtnispsychologische Veränderungen eine wichtige Rolle (HINZ 2000). Situationen des Alltags werden mit der Zeit vertrauter und daher lohnt es sich nicht, sie ständig in der Erinnerung präsent zu halten. Es kommt nichts Neues hinzu, wodurch das Gefühl der „fliegenden Zeit“ entsteht. Doch nicht nur Aktivitäten, die diese Zeitspannen füllen, führen zu einem subjektiven Erleben einer zerrinnenden Zeit. Auch die Kognitionen und die jeweiligen Emotionen, die ein Erlebnis begleiten, sind Ursachen für das unterschiedliche Empfinden von Zeitspannen.

Die Thesen von ROSA (2005) erweckten bei mir besonders großes Interesse, weil er genau aufschlüsselte, wie objektive und subjektive Komponenten des Zeiterlebens aufgeschlüsselt werden können. Entgegen meiner These, dass der technische Fortschritt uns immer mehr Zeit nimmt, führt er an, dass es sich genau umgekehrt verhält. Die technischen Neuerungen schenken uns mehr Zeit, doch es liegt an dem Menschen, diese frei gewordenen Zeitressourcen zu nutzen. Die meisten nutzen sie nicht sinnvoll, sondern füllen sie mit Aufgaben, die noch schnell zu erledigen sind und somit entsteht dann das Gefühl der rasenden Zeit (ROSA 2005). Nach der Recherche habe ich diesen Punkt noch einmal genau reflektiert. ROSA (2005) hat dabei meine These, dass der technische Fortschritt mehr Stress mit sich bringt, widerlegt.

Der zweite theoretische Teil beschäftigt sich mit Artbildung, Artkonzepten und welche Zeitspannen bei der Artbildung eine Rolle spielen. Meine Gedanken zu diesem Thema beschäftigen sich vor allem mit folgenden drei Fragen:

- Wie lange dauert es, bis eine neue Art entsteht?
- Wie lange dauert es, bis eine Art durch eine neue ersetzt wird oder ausstirbt?
- Wie kann man diese Zeitspannen visuell darstellen und „begreifbar“ machen?

Meine Hypothese zur ersten Frage lautete, dass Artbildung nur spontane, relativ kurze Ereignisse in der Evolutionsgeschichte ausmacht. Die Recherche hat mich in dieser Hypothese bestätigt. Tatsächlich gehen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler davon aus, dass Phasen des Gleichgewichts durch plötzliche Evolutionsschübe unterbrochen wurden (KUTSCHERA 2007), was man auch als „*punctuated equilibrium*“ bezeichnet (CAMPBELL & REECE 2006). Die „Kambrische Formenexplosion“ ist z.B. ein Zeitraum, in dem sich evolutionsgeschichtlich in einer relativ „kurzen Phase“ von 40 Millionen Jahren alle wesentlichen Baupläne des Pflanzen- und Tierreiches entwickelten. Wenn wir nach CAMPBELL & REECE (2006) davon ausgehen, dass die Erde vor 4,5 Milliarden Jahren entstand, so bedeuten 40 Millionen Jahre einen Prozentanteil von nur $\sim 0,89\%$, d.h. in nicht einmal 1% der Erdgeschichte entwickelten sich die heute wichtigsten Baupläne der Pflanzen- und Tierwelt.

Die zweite Frage lässt sich mit Hilfe der Ergebnisse des systematischen Teils beantworten. Anhand der tabellarischen Auflistung der Vor- sowie Nachfahren der gefundenen Arten lässt sich aufzeigen, wie lange die einzelnen Vertreter ihrer Art ca. gelebt haben.

Ursavus elmensis Stehlin, 1917 ist nur über eine Zeitspanne von 2 Millionen Jahren belegt, sein Vor- bzw. Nachfahre hingegen lebte länger. *Ursavus isorei* (Ginsburg & Morales, 1998) lebte 2,5 Millionen Jahre, während *Ursavus primaevus* (Gaillard, 1899) mit 3,8 Millionen Jahren am längsten vertreten war (Tab. 4.1.1).

Amphicyon steinheimensis Fraas, 1885 lebte 5,9 Millionen Jahre, sein Nachfahre *Amphicyon steinheimensis* Fraas, 1885 nur 2 Millionen Jahre. Für ca. 2 Millionen Jahre kam er gleichzeitig mit *Amphicyon major* Blainville, 1841 vor. Der vermutlich gemeinsame Vorfahre *Amphicyon bohemicus* (Schlosser, 1899) lebte ca. 3,5 Millionen Jahre (Tab. 4.2.1).

Potamotherium miocenicum (Petters, 1868) bevölkerte für ca. 7 Millionen Jahre die Erde und starb dann aus. Der Vorfahre *Potamotherium valletoni* (Geoffroy Saint-Hillaire, 1833) hingegen lebte nur 3,3 Millionen Jahre (Tab. 4.3.1) und damit nur halb so lange. Ein Nachfahre ist nicht bekannt.

Ähnlich wie bei *Potamotherium miocenicum* (Petters, 1868) verhält es sich auch bei *Trocharion albanese* Forsyth-Major, 1903, welches ca. 8,3 Millionen Jahre auf der Erde vertreten war. Der Vorfahre *Plesictis* Pomel, 1846 lebte mehr als 3,3 Millionen Jahre und ist seit dem Oligozän belegt. Ein Nachfahre ist zum derzeitigen Standpunkt nicht bekannt (Tab. 4.4.1).

Martes cadeoti Mein, 1958 trat zeitgleich mit seinem Vorfahren *Martes burdigaliensis* de Beaumont, 1974 auf. *Martes burdigaliensis* de Beaumont, 1974 lebte 3 Millionen Jahre, während *Martes cadeoti* Mein, 1958 mit 3,5 Millionen Jahre um eine halbe Millionen Jahre länger lebte, als sein Vorfahre. Für 2,4 Millionen Jahre bevölkerte der Nachfahre *Martes munki* Roger, 1900 die Erde (Tab. 4.5.1).

Bei *Martes filholi* (Depéret, 1887) und seinen Vor- sowie Nachfahren können im Vergleich zu den anderen hier genannten Arten relativ „kurze“ Lebensspannen angegeben werden. *Martes filholi* (Depéret, 1887) war mit 2,4 Millionen Jahren dabei am längsten Vertreten. Vor- sowie Nachfahre haben ca. gleich lange gelebt. Der Vorfahre *Martes sensaniensis* Lartet, 1851 lebte 1,5 Millionen Jahre, während der Nachfahre *Martes melibulla* Petter, 1963 für ca. 1,4 Millionen Jahre die Erde bevölkerte (Tab. 4.5.2).

Beim letzten Vertreter im systematischen Teil handelt es sich um *Amphictis* sp., welcher ca. 5,5 Millionen Jahre gelebt hat. Der Vorfahre *Amphictis schlosseri* Heizmann & Morlo, 1994 lebte wesentlich kürzer mit ca. 3,3 Millionen Jahre. Der Nachfahre *Amphictis goeriachensis* (Toula, 1884) war etwas mehr als 1,5 Millionen Jahre lang vertreten (Tab. 4.6.1).

Diese Millionen von Jahre klingen für uns viel, aber prozentual aufgerechnet auf die Erdgeschichte machen sie nur einen winzigen Bruchteil aus. Die größte hier vermerkte Zeitspanne bei *Trocharion albanese* Forsyth-Major, 1903 von 8,3 Millionen Jahren macht gerade einmal ~0,18% aus. Die kürzeste Zeitspanne liegt bei *Martes melibulla* Petter, 1963 bei 1,4 Millionen Jahre und macht umgerechnet ~0,03% der Erdgeschichte aus.

Und wie viel Prozent macht der Mensch aus? Vor 5 Millionen Jahren hat er sich von seinen Vorfahren abgezweigt (CAMPBELL & REECE), was gerade einmal 0,11% von 4,5 Milliarden Jahren ausmacht. Wenn man bedenkt, dass die aufstrebende, schnelle Entwicklung des Menschen nur ein paar tausend Jahre dauerte, so erkennt man schnell, dass dies nur ein Wimpernschlag in der Erdgeschichte darstellt.

Meine Hypothese, dass Arten nur wenige Millionen Jahre leben bevor sie sich zu einer neuen Art weiterentwickeln oder aussterben, hat sich durch den systematischen Teil bestätigt. Für mich war es anfangs sehr schwer, mir diese zeitlichen Parameter vorzustellen. Doch wenn ich die Millionen von Jahren prozentuell auf die lange Geschichte der Erde umrechnete, so wurde mir erst bewusst, wie kurz diese Abschnitte tatsächlich dauern und wie wenig sie im Vergleich zum Alter der Erde darstellen. Dieser Aspekt der Diplomarbeit war der für mich spannendste, weil es mich einerseits in meiner Hypothese bestätigte, mich andererseits dennoch überraschte, wenn man die Zeitdimensionen erst einmal genau reflektiert.

Wie bereits in der Einleitung erwähnt wollte ich mit dieser Diplomarbeit auch die Frage beantworten, wie ich als zukünftige Lehrerin Schülerinnen und Schülern das Thema „Lebensdauer einer Art“ genau darbringen könnte. Meine persönliche Erfahrung spielt dabei eine wesentliche Rolle, denn ich selbst konnte nie etwas mit den aufgezählten Millionen von Jahren anfangen. Durch die schulpraktische Erfahrung, die ich während meines Studiums sammeln konnte, habe ich gemerkt, dass Schülerinnen und Schüler einen besseren Bezug zu einem Thema aufbauen können, wenn sie visuell an Dinge aus dem Alltag angelehnt sind. In Bezug auf das Thema der Arbeit habe ich daher zwei Möglichkeiten der Zeitdarstellung der Erde angeführt.

Eine geradlinige Zeitskala kann mir dabei helfen, den Schülerinnen und Schülern aufzuzeigen, was sich den jeweiligen zeitlichen Abschnitten der Erde alles getan hat. Eine Möglichkeit dieser Darstellung wäre eine ausgelegte Küchenrolle (dargestellt im Kurs LV 300340 UE Experimente in LA-BU: Mineralogie&Rohstoffkunde - Experimente in LA-BU: Mineralogie und Rohstoffkunde bei GÖTZINGER & LIBOWITZKY 2012), die die Skala darstellt. Auf dieser sind zeitliche Abschnitte markiert. Die Schülerinnen und Schüler bekommen die Aufgabe Bilder von Pflanzen, Tieren oder falls in der Schulsammlung vorhanden, Fossilien auf dieser Skala einzuordnen. Somit kann ich ihnen Zeit in gewisser

Weise „anfassbar“ machen. Wünschenswert wäre hier die Einsicht, dass sich in den ersten Milliarden Jahren evolutionstechnisch fast gar nichts getan hat und erst später auf einem relativ kurzen Abschnitt die Speziation der wesentlichen Merkmale heutiger Pflanzen und Tiere einsetzte.

Dieses Konzept könnte man dann auch ummünzen auf die Darstellung in Form eines Ziffernblattes einer Uhr (CAMPBELL & REECE 2006). Dies würde ich mit Schülerinnen und Schülern der Unterstufe selbst vornehmen. Bei Schülerinnen und Schülern der Oberstufe oder in einer Wahlfach – Gruppe würde ich die geradlinige Zeitskala herannehmen und ihnen die Aufgabe erteilen, eigenständig an der Darstellung eines Ziffernblattes zu arbeiten, welches die jeweiligen Relationen der Entstehungsgeschichte des Lebens auf der Erde darstellt. Ich erhoffe mir dadurch, dass sich bei den Jugendlichen durch das selbstständige Auseinandersetzen und Arbeiten der Bezug zu diesem Thema erheblich verbessert.

Meiner Meinung nach ist es schwer einem Menschen Zeitspannen von Millionen von Jahren aufzuzeigen und begreifbar zu machen, weil er sich selbst nicht richtig dazu in Bezug stellen kann. Animationen können dabei eine Abhilfe schaffen, die oft in Dokumentationen angewendet werden um ein besseres Verständnis zu ermöglichen. Animationsbeispiele für Evolution finden sich z.B. in der BBC – Dokumentation „Walking with Monsters“ aus dem Jahre 2005 (Internetquelle 4). Die Dokumentation behandelt Flora und Fauna des Paläozoikums vom Kambrium vor 530 bis ins frühe Trias vor 248 Millionen Jahren (Internetquelle 5). In den ersten zehn Minuten des Films wird die Verwandlung von *Haikouichthys* (Internetquelle 5 und Internetquelle 6) dargestellt, einem der ersten Fische mit einer primitiven Wirbelsäule, der in der Dokumentation als unser Vorfahre bezeichnet wird. Die Animation zeigt, wie aus dem Daumennagel-großen Fisch über Millionen Jahre *Cephalaspis* entsteht (Internetquelle 7). Die Körpergröße nimmt zu, die Muskeln um die Wirbelsäule werden stärker und bilden einen kräftigen Schwanz. Flossen und ein knöchiger Kopfschild entstehen. Diese Animation hilft bei der visuellen Veranschaulichung der Veränderung körperlicher Merkmale. Dabei darf jedoch nie vergessen werden, dass solche Veränderungen in der Anatomie Millionen von Jahre dauern können und meist sind es nur Kleinigkeiten, wie z.B. eine veränderte Zahnstruktur, die ausschlaggebend sind, um eine neue Art zu bestimmen. Die Dauer dieser Veränderungen könnte man zum Beispiel mit Hilfe von einfachen Wegstrecken darstellen. Wie im praktischen Teil der Diplomarbeit könnte ich den Schülerinnen und Schülern eine Art sowie Vor- und Nachfahren vorgeben, wann und wie

lange sie gelebt haben und wodurch sie sich unterscheiden. Ihre Aufgabe könnte darin bestehen auf einen Zettel aufzuzeichnen, wie viele Zentimeter die Lebensspanne ausmacht. Eine Million Jahre entsprechen dabei zwei Zentimetern, einhunderttausend Jahre zwei Millimetern. Somit entstehen drei Wegstrecken, die die Schülerinnen und Schüler visuell vergleichen können. Dabei können sie nicht nur Art + Vor- und Nachfahre vergleichen, sondern auch Lebensspannen anderer, nicht verwandter Arten vergleichen.

Beispiel für wäre *Martes filholi* (Depéret, 1887) (Abb. 8):

Vorfahre: *Martes sensaniensis* Lartet, 1851 = 1,5 Millionen Jahre = 3 cm

Art: *Martes filholi* (Depéret, 1887) = 2,4 Millionen Jahre = 4,8 cm

Nachfahre: *Martes melibulla* Petter, 1963 = 1,4 Millionen Jahre = 2,8 cm

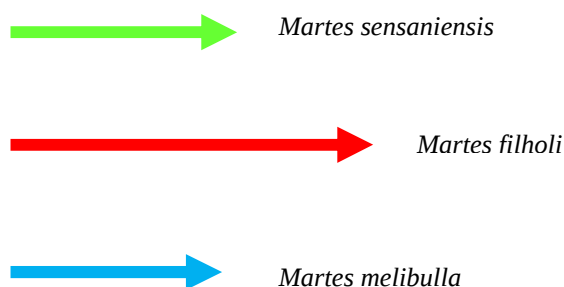


Abb.8: Möglichkeit der Darstellung der Lebensspannen von *Martes sensaniensis* Lartet, 1851 (grün), *Martes filholi* (Depéret, 1887) (rot) und *Martes melibulla* Petter, 1963 (blau) mit Hilfe von Pfeilen in Zentimetern.

Die Schülerinnen und Schüler könnten anhand dieser drei Pfeile z.B. erkennen, dass Vor- und Nachfahre ungefähr gleich lang gelebt haben, während die Hauptart am längsten gelebt hat. Diese Pfeile kann man auch für andere Arten herannehmen. Zum Beispiel würde ein Pfeil bei *Potamotherium miocenicum* (Peters, 1868), welches 7 Millionen Jahre lang lebte, 14 Zentimeter lang sein. Der Vorfahre *Potamotherium valletoni* (Geoffroy Saint-Hillaire, 1833) hingegen lebte nur 3,3 Millionen Jahre, was einer Pfeillänge von 6,6 Zentimetern entsprechen würde und damit nur halb so lang wäre. Einen Nachfahren gibt es nach derzeitigem Erkenntnisstand nicht, also kann kein dritter Pfeil gezeichnet werden. D.h. die Schülerinnen und Schüler könnten erkennen, dass Vor- und Nachfahren unterschiedlich lang leben, sondern auch, dass keine weiteren Nachfahren zu finden sind. Dies könnte zu einer Diskussion führen, warum kein Nachfahre bekannt ist. Hat man bis jetzt nur noch kein Material gefunden? Ist die

Art ausgestorben? Warum könnte sie dann ausgestorben sein? Warum lebte die eine Art doppelt so lang wie die andere? All diese Fragen könnten dann innerhalb der Klasse diskutiert werden.

Eine weitere Möglichkeit, wie man Zeitabschnitte in der Paläontologie darstellen könnte, wäre mit den Schülerinnen und Schülern eine Videosequenz zu erstellen, in denen auf drei Minuten die gesamte Erdgeschichte dargestellt werden könnte. Dazu benötigt es nur eine Kamera, die ich selbst zur Verfügung stellen könnte und „Darsteller“, d.h. z.B. kleine Plastik – Dinosaurier, kleine Plastik – Pflanzen, ausgeschnittene Graphiken oder eigene Zeichnungen von Tieren und Pflanzen, die innerhalb der drei Minuten so angeordnet werden, wie sie zeitlich aufgetreten sind.

Eine solche Anordnung mit Hilfe von Zeichnungen könnte folgender Maßen aussehen: Die Filmsequenz besteht aus 3 Minuten = 180 Sekunden.

- zwischen der 15. und 18. Sekunde: Entstehung der Erde → Aufzeichnen einer Erde
- 45. Sekunde: die ersten Prokaryoten treten auf → Zeichnen von Prokaryoten
- 81. Sekunde: atmosphärischer Sauerstoff → Symbol O_2 zeichnen
- zwischen der 105. Sekunde und 126. Sekunde: einzellige und vielzellige Eukaryoten bilden sich → Eukaryoten zeichnen
- 159. Sekunde: Diversifizierung der Tiere und Landpflanzen → Diverse Tiere und Pflanzen zeichnen, wie Dinosaurier, Insekten, Farne, Blütenpflanzen etc. Diese werden dabei evolutionsbiologisch korrekt angeordnet, wobei die geologische Zeitskala nach CAMPBELL & REECE (2006) als Grundlage herangenommen werden kann (Abb. 7)
- 171. Sekunde: Massenaussterben → Dinosaurier verschwinden
- 177. Sekunde: der Mensch → Menschen zeichnen

Für die Zeichnungen werden von mir Vorlagen an die Schülerinnen ausgegeben, da ich nicht davon ausgehen kann, dass sie die einzelnen Tiere und Pflanzen kennen werden und auch zeichnen können. Diese sollen nur ganz einfache Zeichnungen darstellen, d.h. mehr schemenhaft als detailliert. Daher lässt sich diese Sequenz auch mit jüngeren Schulstufen durchführen. Die einzelnen Sekunden werden kurz gefilmt und dann von mir zusammengeschnitten, was dann eine Art verfilmtes „Daumenkino“ ergibt. Die Übergänge

können evolutionsbiologisch dargestellt werden, z.B. wie sich Vorder- und Hintergliedmaßen bei Fischen entwickeln, die dann an Land gehen etc.

Natürlich kann eine solche Sequenz nicht in einer Schulstunde erstellt werden. Am besten würde es sich als ein Teil eines Projekts anbieten, welches z.B. den Namen trägt „Von der Entstehung der Erde bis zum Menschen – Die Geschichte des Lebens auf der Erde“. Diese Sequenz kann somit innerhalb eines Projekts entstehen, welches sich mit der Erdgeschichte und der Evolutionsgeschichte beschäftigt. Natürlich ist die Dimension dieses Projekts abhängig von der Schulstufe. In einer höheren Stufe könnten die Schülerinnen und Schüler das Thema wesentlich breiter fächern, als in einer Unterstufe. Die Sequenz könnte hingegen in jeder Stufe gemacht werden und wäre vor allem als Präsentationseinstieg sehr geeignet. Dabei können einzelne Schülerinnen und Schüler diese drei Minuten kommentieren.

Was ich mir durch diese Sequenz wünsche ist, dass die Schülerinnen und Schüler bemerken, wie „kurz“ eigentlich das Leben, wie wir es uns vorstellen, d.h. mit Tieren, Pflanzen etc. besteht. Sie bemerken, dass für 80 Sekunden, mehr als ein Drittel der Zeit, kein Sauerstoff auf der Erde vorhanden war. Die große Diversifikation der Pflanzen und Tiere setzte erst in den letzten 21 Sekunden ein, wobei nach 11 Sekunden viele wieder ausstarben. Damit kann gezeigt werden, in welchen „kurzen“ Spannen die Evolution voranschreitet und wie schnell Leben auch wieder ausgelöscht werden kann. Schlussendlich erhoffe ich mir, dass die Schülerinnen und Schüler erkennen, welche „kurze“ Rolle der Mensch in diesem Film einnimmt.

Die Themen Erdgeschichte, Zeitabschnitte und Arten stellen eine Vielzahl von Möglichkeiten dar, wie man sie für den Unterricht aufbereiten kann. Dies ist nur eine kleine Auswahl und ich weiß, dass das Thema nicht das einfachste ist. Vor allem ein Gefühl für die zeitlichen Abschnitte bei den Schülerinnen und Schülern zu wecken wird nicht einfach werden. Dennoch hoffe ich, dass ich genau dies meinen zukünftigen Schülerinnen und Schülern näher bringen kann.

5. Worterklärungen und Abkürzungen

ELMA = European Land Mammal Ages

MN = Mammals of the Neogen – Zone (Säugetiere des Neogens)

MP = Mammals of the Paleogene – Zone (Säugetiere des Paläogens)

dexter = rechts

sinister = links

C = Caninus, Eckzahn

M = Molar des Oberkiefers

m = Molar des Unterkiefers

P = Prämolare

anterior = vorne

posterior = hinten

buccal = zur Wangenseite hin

lingual = zur Zungenseite hin

rugos = runzelig

Caninus = Eckzahn

Talonid = posteriorer Zahnteil mit Hypo- und Entoconid

Trigonid = anteriorer Zahnteil gebildet durch die Para-, Meta- und Protoconid

Paracon = Höcker des Molars = spitzer Höcker, der nach vorne sieht

Metacon = Höcker des Molars = neben Paracon

Protocon = Höcker des Molars = liegt innen

Metaconolus = vis a vis von Metacon

Paraconolus = vis a vis von Paracon

Zentralbecken = Vertiefung

Cingulum = Schmelzwulst

Alveole = Löcher der Zahnwurzeln

occlusal = von der Kaufläche aus (von oben)

Abb. = Abbildung

Tab. = Tabelle

Hg. = Herausgeber

6. Literaturverzeichnis und Internetquellen

Bănărescu P. & Boşcaiu N., 1978. Biogeographie. Verlag VEB Gustav Fischer, Jena. S. 13 – 68

Bogacki, R. A., 1998. Zeit – Ihre Auswirkung auf menschliches Erleben und das Leben. Wie Zeit und Rhythmen unsere Existenz bestimmen. Verlag Dr. Kovač, Hamburg

Campbell. N.A. & Reece J.B.⁶, Biologie. Markl. J. (Hg.). Pearson Studium, ein Imprint der Pearson Education Deutschland GmbH, München. S. 503 - 626

Diehl K.H., 1993. Die Zeit, die wir nicht haben. Verlag Signum, Wien

Dobzhansky T., 1939. Die genetischen Grundlagen der Artbildung. Verlag von Gustav Fischer, Jena S. 162 – 213

Franzen J.L., 2007. Die Urpferde der Morgenröte. Ursprung und Evolution der Pferde. Spektrum Akademischer Verlag, Imprint der Elsevier GmbH, München. S. 75 - 96

Fröhlich W.D.²⁶, 2008. Wörterbuch Psychologie. Verlag Deutscher Taschenbuch, München. S. 529

Ginsburg, L. 1999. Order Carnivora. In: Rössner, G.E. & Heissig K., 1999. The Miocene. Land Mammals of Europe. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München

Heizmann, E.P.J. & Morlo, M., 1994. *Amphictis schlosseri* n.sp. - eine neue Carnivore – Art (Mammalia) aus dem Unter – Miozän von Südwestdeutschland. Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde, Serie B, 216: 1 – 25

Hildebrand E., 2006. Die Zeitliche Ordnung biologischer Prozesse und unsere subjektive Zeitempfindung. In: Heller H. (Hg.), 2006. Gemessene Zeit – Gefühlte Zeit. Tendenzen der Beschleunigung, Verlangsamung und subjektiven Zeitempfindens. Schriftreihe der Otto-König-Gesellschaft, Wien. *matreier* Gespräche zur Kulturethologie 2004. Verlag LIT, Wien. S. 79-96

Hinz. A., 2000. Psychologie der Zeit. Umgang mit Zeit, Zeiterleben und Wohlbefinden. Verlag Waxmann, Münster

Kutschera U.³, 2008. Evolutionsbiologie. Eugen Ulmer KG, Stuttgart (Hohenheim)

Marquardt Siegfried, 2005. Das Gesetz zur subjektiven Zeitwahrnehmung. Die Junge Akademie an der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften und der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina. Aufsatz aus Internetquelle www.wo-bleibt-die-zeit.de/weitere/Marquardt.pdf am 14.01.2012

McKenna, M.C. & Bell, S.K., 1997. Classification of Mammals. Above the Species Level. Columbia University Press, New York

Mörs, Th., von der Kocht, F., Wutzler, B., 2000. Die erste Wirbeltierfauna aus der miozänen Braunkohle der Niederrheinischen Bucht (Ville-Schichten, Tagebau Hambach). Paläontologische Zeitschrift 74(1/2): 145-170

Morlo, M., 1996. Carnivora aus dem Unter-Miozän des Mainzer Beckens (2. Mustelidae, Pinnipedia, Feliformia, Paleogale). Senckenbergia Lethaia 76(1/2): 193-249

Morlo, M & Peigné S., 2010. Molecular and morphological evidence for Ailuridae and a review of ist genera. In: Goswami, A & Friscia, A., 2010. Carnivoran Evolution. New views on Phylogeny, Form and Function.: S.92-140. Verlag Cambridge University Press

Rich, Th.H., Hopson, J.A., Musser, A.M., Flannery, T.F. & Vickers-Rich P., 2005. Independent Origin of the Middle Ear Bones in Monotremes and Therians. Science 307: 910-914

Robles, J.M., Alba, D.M., Moya-Sola, S., Casanovas-Vilar, I., Galino, J., Rotgers, Ch., Alméjida, S. & Carmona, R., 2010. New Craniodental Remains of Trochion albanense Major, 1903 (Carnivora, Mustelidae), from the Vallès-Penedès basin (Middle to Late Miocene, Barcelona, Spain). Journal of Vertebrate Paleontology 30(2): 547-562

Rosa, H., 2005. Beschleunigung. Die Veränderung der Zeitstrukturen in der Moderne. Verlag Suhrkamp, Frankfurt am Main. S. 176-240

Rössner, G.E. & Heissig K., 1999. The Miocene. Land Mammals of Europe. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München

Steininger, F.F. The Continental European Miocene. Chronostratigraphy, Geochronology u. Biochronology of the Miocene “European Land Mammal Mega – Zones” (ELMMZ) and the Miocene “Mammal – Zones (MN – Zones”. In: Rössner, G.E. & Heissig K., 1999. The Miocene. Land Mammals of Europe. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München

Willmann Dr. R., 1985. Die Art in Raum und Zeit. Das Artkonzept in der Biologie und Paläontologie. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg

Wolsan, M., 1993. Phylogeny and classification of early European Mustelidae (Mammalia: Carnivora). Acta Theriologica, 38: 345-384

Internetquelle 1: http://www.borg-mittersill.salzburg.at/e-content/Psychologie-Philosophie/Zeit/psychologische_aspekte_der_zeit.htm am 14.01.2012

Internetquelle 2: <http://de.wikipedia.org/wiki/Villafranchium> am 20.06.2012

Internetquelle 3: <http://www.clker.com/clipart-6234.html> am 23.06.2012

Internetquelle 4: <http://www.youtube.com/watch?v=5OTutRYXVrY> am 24.07.2012

Internetquelle 5: http://en.wikipedia.org/wiki/Walking_with_Monsters am 24.07.2012

Internetquelle 6: <http://en.wikipedia.org/wiki/Haikouichthys> am 24.07.2012

Internetquelle 7: <http://en.wikipedia.org/wiki/Cephalaspis> am 24.07.2012

7. Anhang

Zusammenfassung

Der Mensch besitzt ein ambivalentes Verhältnis zu Zeit. Er kann Zeit nur subjektiv, also auf sich bezogen erleben. Dabei treten altersspezifische Unterschiede auf. Kinder und jüngere Erwachsene erleben die Zeit oft als zerrinnend, während Menschen im höheren Erwachsenenalter die Zeit als gedehnt empfinden. Das subjektive Zeitempfinden ist abhängig von den jeweiligen Aktivitäten, die in einer gewissen Zeitspanne ausgeführt werden und den Kognitionen und Emotionen, die diese Ereignisse begleiten. Aufgrund der Subjektivität des Zeiterlebens kann zu längeren Zeitspannen nur schwer ein Bezug aufgebaut werden.

Die Paläontologie beschäftigt sich mit solchen langen Zeitspannen. Sie helfen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern dabei, die Erdgeschichte geostatigraphisch sowie biostratigraphisch einzuordnen. Fossilien spielen dabei eine wesentliche Rolle. Sie geben Aufschluss über die Evolutionsgeschichte der Erde und über die Entwicklung sowie Lebensdauer einer Art. Diese kann mit der Lebensdauer von Vor- und Nachfahren verglichen werden und auf erstaunliche Weise zeigen, wie kurz diese Zeitspannen der Evolution einer Art sein können.

Die Zeitspannen der Evolutionsgeschichte auf der Erde lassen sich durch relativ einfache Methode für den Schulunterricht adaptieren und somit den Schülerinnen und Schülern „begreifbar“ machen.

Erklärung

Ich versichere, dass ich diese Diplomarbeit ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderen Quellen als den von mir angegebenen Quellen verfasst habe. Alle Ausführungen der Arbeit, ob wörtlich oder sinngemäß übernommen, sind als solche gekennzeichnet. Weiteres versichere ich, dass diese Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen hat.

Wien, am

Unterschrift

Lebenslauf

Vor- und Nachname	Susanne Sturm
Adresse	Kelsterbacher Gasse 9 7013 Klingenbach
geboren am	17.06.1989
in	Oberpullendorf
Staatsbürgerschaft	Österreich
Religion	römisch-katholisch
Eltern	Bettina und Ing. Franz Sturm
Geschwister	2 Brüder (21 Jahre alt)
Schulausbildung	1995-1999 Volksschule in Klingenbach 1999-2003 Unterstufe des BG/BRG/BORG Eisenstadt Kurzwiese 2003-2007 Oberstufe des BG/BRG/BORG Eisenstadt Kurzwiese (naturwissenschaftlicher Zweig) in allen Klassen mit ausgezeichnetem Erfolg abgeschlossen Matura absolviert am BG/BRG/BORG Eisenstadt Kurzwiese am 25.06.2007
Studienverlauf	Seit dem 01.10.2007 an der Universität Wien für folgende Studienrichtungen inskribiert: Diplomstudium – Kennzahl: A 190 299 445 Studienrichtung: Lehramtsstudium UF Psychologie und Philosophie und UF Biologie und Umweltkunde Titel der Diplomarbeit: Die Lebensdauer einer Art – untersucht an einer Carnivorenfauna aus dem Miozän und der Zeitbegriff des Menschen und seine Bedeutung in der Paläontologie
Sprachkenntnisse	Deutsch, Englisch und Kroatisch