

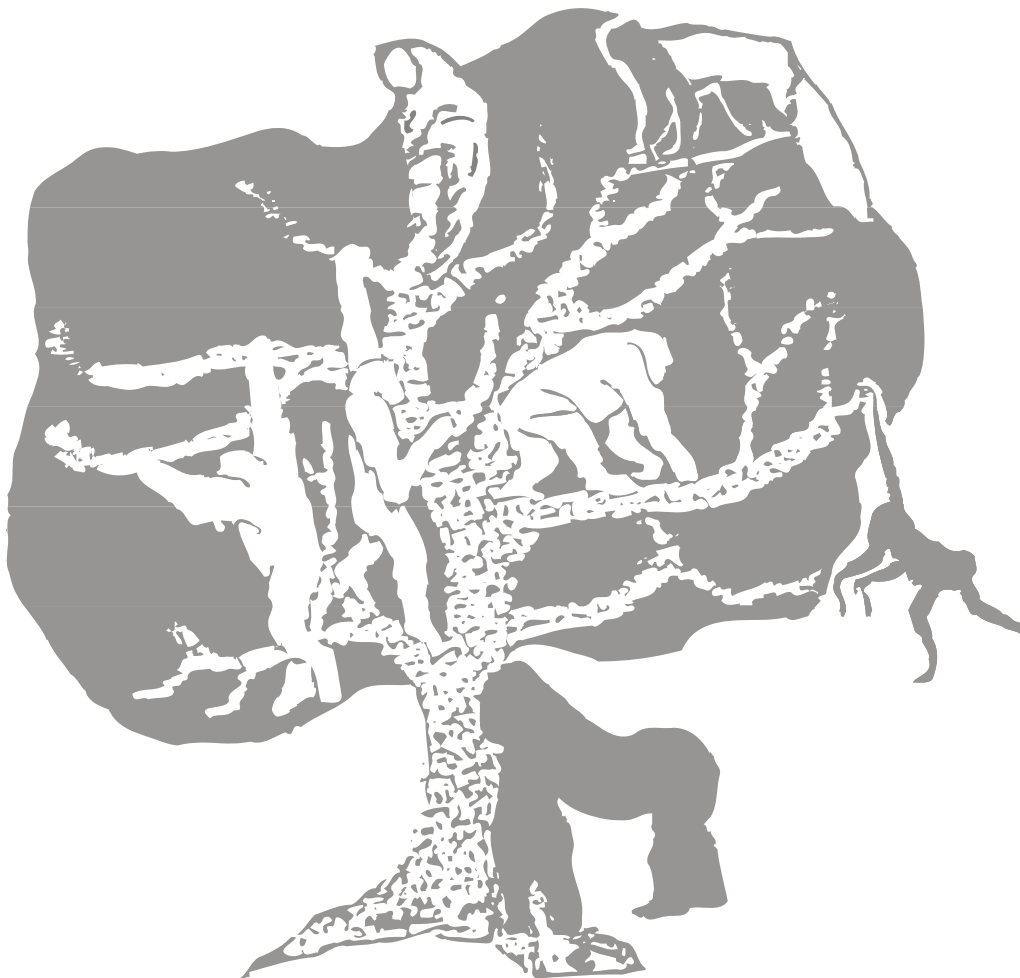
**KÖLNER ZOO  
ZOOSCHULE**

**Unterricht im Zoo  
Evolutionstrends  
bei  
Primaten**

**Beobachtungen an Halbaffen, Neuweltaffen, Altweltaffen und  
Menschenaffen**

**Erstellung eines Modellstammbaums**

**Unterrichtsvorschlag für Biologie-Kurse der Jahrgangsstufe 13 (Schwerpunktthema)**



**Lehrerinformationen zur Planung und Durchführung**

von Ralf-Dietmar Klaus und Dr. Irene Schiedges

# Inhaltsverzeichnis

## 1 Sachinformation zur Primatenevolution 3

## 2 Unterricht im Zoo 5

- 2.1 *Lehrplan Biologie in NRW* 5
- 2.2 *NRW-Erlass für Schulen* 5
- 2.3 *Einordnung in die Unterrichtsthematik* 5
- 2.4 *Intentionen einer Zooexkursion* 5
- 2.5 *Bemerkungen zur Tierhaltung im Kölner Zoo* 8

## 3 Beobachtbare Merkmale und ihre Evolutionstrends 9

- 3.1 *Sinnesleistungen des Kopfes* 9
  - 3.1.1 Schädelform 9
  - 3.1.2 Gesichtssinn 9
  - 3.1.3 Geruchssinn 9
  - 3.1.4 Gehörsinn 10
  - 3.1.5 Einsatz der Sinnesorgane 10
- 3.2 *Fortbewegung und Fortbewegungstypen* 11
  - 3.2.1 Verhältnis von Arm- und Beinlängen (Extremitätenproportionen) 11
  - 3.2.2 Beweglichkeit des Schultergelenks 11
  - 3.2.3 Handform 12
  - 3.2.4 Fortbewegungsweisen und –typen 13
- 3.3 *Feinmotorik der Hand* 13
  - 3.3.1 Opponierbarkeit des Daumens 13
  - 3.3.2 Einzelfingerbeweglichkeit 13
  - 3.3.3 Griffarten 14

## 4 Informationen zu den Arten 15

- 4.1 *Halbaffen (Prosimiae):* 15
- 4.2 *Echte Affen (Simiae):* 15
  - 4.2.1 Neuwelt- oder Breitnasenaffen (Platyrrhini) 15
  - 4.2.2 Altwelt- oder Schmalnasenaffen (Catarrhini) 16

## 5 Organisatorische und methodische Bemerkungen zur Zooexkursion 17

- 5.1 *Vorschlag für eine ganztägige Zooexkursion mit 8 Affenarten* 18
- 5.2 *Auswertung in der Schule* 19

## 6 Literaturangaben 22

# 1 Sachinformation zur Primatenevolution

Als Ergebnis eines langen phylogenetischen Prozesses realisiert jede rezente Organismenart ihre Ökologische Nische. Aufgrund gemeinsamer Merkmale fasst die Systematik ähnliche Organismenarten in hierarchisch geordnete taxonomische Einheiten zusammen, so dass sich je nach Klassifikationsstufe der Typus einer Organismengruppe an charakteristischen Merkmalen und ihrer Kombination beschreiben lässt.

In der Ordnung der *Primaten* gibt es eindeutige primatentypische Merkmale jedoch nicht. Sie lassen sich eher in der Kombination untypischer Eigenschaften im Merkmalskomplex "Anpassung an das Baumleben" charakterisieren:

- Große Beweglichkeit in den Gelenken, der Greifhände und -füße verbunden mit einem ausgeprägten Tastsinn
- Betonung der visuellen Orientierung mit gleichzeitiger Reduktion der olfaktorischen und akustischen Sinnesleistungen.

Aus der unterschiedlichen Ausprägung der jeweiligen Eigenschaften und Einzelphänomene kann man bei rezenten Affenarten Merkmalskomplexe ableiten, die auf unterschiedlichem Organisationsniveau eine zunehmende Anpassung an das Baumleben erkennen lassen. Solche *Evolutionstrends* spiegeln die Höherentwicklung (Anagenese) innerhalb der Primaten wider. Die Kriterien der Anagenese (vgl. RENSCH 1972) lassen sich auch in der Primatengruppe wieder finden:

- zunehmende Arbeitsteilung und Differenzierung
- zunehmende Rationalisierung von Strukturen und Funktionen durch Kombination
- zunehmende Plastizität von Strukturen und Funktionen (= erhöhte Umweltunabhängigkeit)

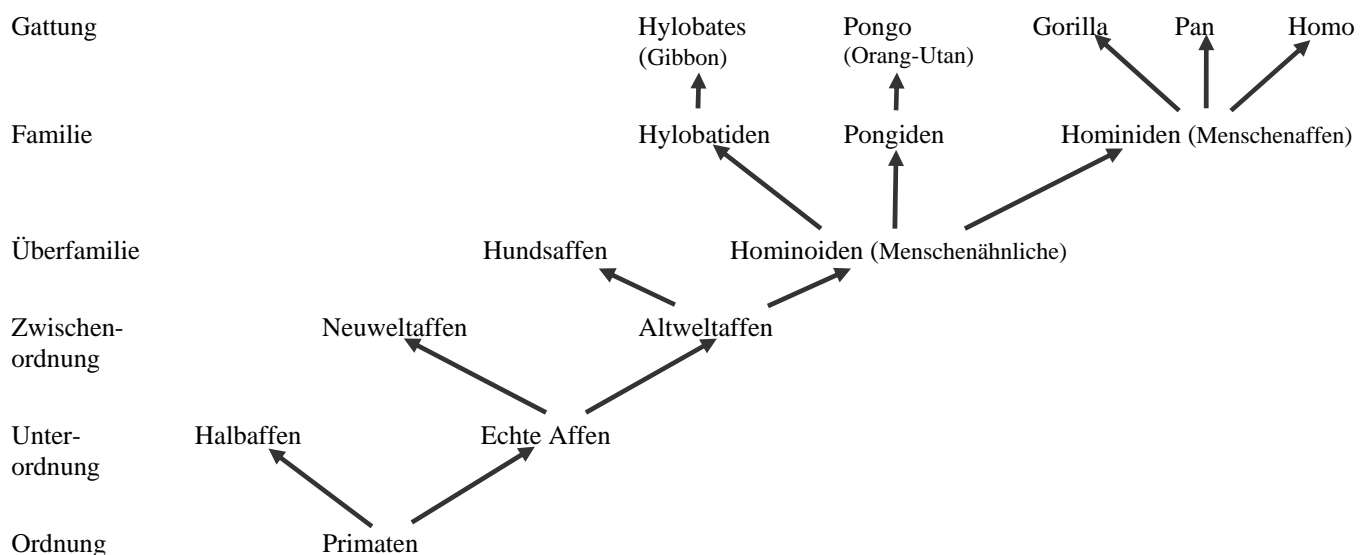


Abb. 1 Vereinfachte Darstellung der systematisch-phylogenetischen Beziehungen der Primaten

Ist im Verlauf der Entwicklung eine gewisse Organisationshöhe erreicht, führt Adaptive Radiation zu einer Vielzahl unterschiedlich stark eingensicherter Arten. Je enger die Ökologischen Nischen realisiert werden, desto stärker wird die Abhängigkeit von der jeweiligen Umwelt. Umso geringer werden die Chancen, einen neuen Organisationstyp auf höherem Niveau hervorzubringen.

Die Entstehung des *Homo sapiens* lässt sich daher aus einer Primatenart auf einem sehr hohen Organisationsniveau mit einer großen Umweltunabhängigkeit, d.h. aus einem unspezifischen "Alleskönner" verstehen. Die nächsten Verwandten des Menschen, der Schimpanse *Pan troglodytes* und der Bonobo *Pan paniscus*, gelten unter den Menschenaffen als die am wenigsten spezialisierten Arten. Inwieweit der Bonobo nach neueren cytogenetischen Untersuchungen dem Menschen näher steht als der Schimpanse, bleibt abzuwarten, da bisher kaum Freilanduntersuchungen über Bonobos unternommen wurden.

Die Stammgruppe der Primaten bilden vermutlich die **Insektenfresser**, aus denen die **Halbaffen** hervorgegangen sind. Unsicher ist, ob die rezenten *Tupaia*s als Organisationstyp ein Bindeglied zwischen den Insektenfressern und Halbaffen darstellen können. Die meisten Halbaffenarten haben wegen fehlender Konkurrenz durch die Echten Affen auf Madagaskar überleben können. Diese **Erste Primatenradiation** im Paläozän und Eozän führte zu einer deutlichen Anpassung an das Baumleben hinsichtlich des Sehens und in der Entwicklung von Greifextremitäten.

Im Oligozän und Miozän entwickelten sich die **Echten Affen** in der sog. **Zweiten Primatenradiation**. Die Beweglichkeit im Bewegungsapparat nimmt zu, der Geruchssinn verliert an Bedeutung, die optische Orientierung tritt in den Vordergrund. Nach der Trennung der Kontinente Afrika und Amerika erfolgt auch eine unterschiedliche Entwicklung der *Echten Affen* in die **Neuweltaffen** (Breitnasenaffen) und **Altweltaffen** (Schmalnasenaffen), wobei die Neuweltaffen ursprünglichere Merkmale aufweisen als die Altweltaffen, was sich besonders beim Greifen (Kraftgriff) zeigt.

Im Miozän entwickelten sich aus der Altweltaffenlinie die **Hominoiden** (Menschenähnliche) während der Dritten Primatenradiation. Die Größen- und Gewichtszunahme erfordert eine Fortbewegungsart "unter dem Ast" (vgl. Abb. unten), der Schwanz ist reduziert (Schwinghangeln).

Allerdings können auch einige Nicht-Menschenaffenarten z.T. recht gut schwinghangeln. In der Neuweltaffenlinie kann man wohl von einer konvergenten Entwicklung sprechen, was in der Altweltaffenlinie nicht so eindeutig nachgewiesen ist.

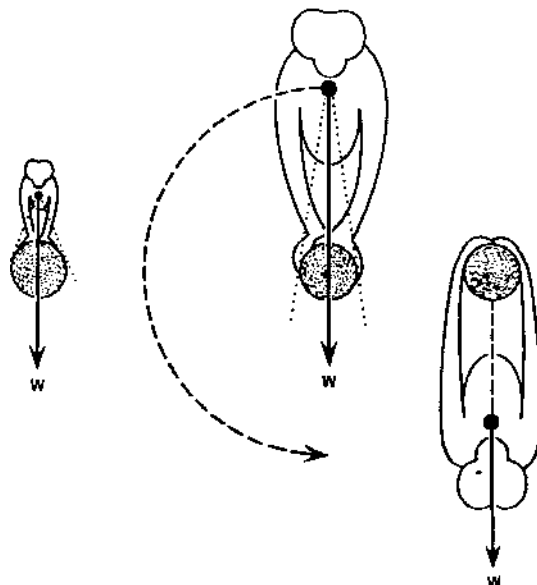


Abb. 2  
Lage des Körperschwerpunkts bei der Fortbewegung auf und unter dem Ast bei unterschiedlicher Körpergröße (nach NAPIER/NAPIER 1985)

## 2 Unterricht im Zoo

### 2.1 Lehrplan Biologie in NRW

Grundlage für die Arbeit im Fach Biologie in der Sekundarstufe II sind die verbindlichen Vorgaben der Lehrpläne für die gymnasiale Oberstufe (Richtlinien und Lehrpläne für die Sekundarstufe II – Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen, Frechen 1999) sowie die inhaltlichen Vorgaben zu den unterrichtlichen Voraussetzungen für die schriftlichen Prüfungen in der gymnasialen Oberstufe, deren Schwerpunkte jährlich variiert werden. Unabhängig von diesen Festlegungen für das Abitur gelten als allgemeiner Rahmen immer die obligatorischen Vorgaben des Lehrplans Biologie.

Die Richtlinien empfehlen im Rahmen der „Öffnung von Schule zur außerschulischen Wirklichkeit“ insbesondere den **Verbund von Lernort Schule und Bildungsangeboten aus dem kulturellen Umfeld (Zoologische und Botanische Gärten, Museen etc.)**. So wird das Interesse an dem Zusammenleben von Mensch, Tier, Pflanze gefördert, durch die direkte Begegnung mit dem Original eine erlebnisreiche Bindung an die Natur geweckt. Zudem wird durch Möglichkeiten konkreten Tuns bei der **direkten Begegnung mit Begreifbarem** eine Vielzahl von **allgemeinen Kompetenzen** gefördert. Die Anleitung zum **selbsttätigen Erarbeiten** von Kenntnissen, **Forschen** und **Finden** bereitet auf lebenslanges Lernen vor, denn es werden **problemlösende Denk- und Lernstrategien** entwickelt. Die Sensibilisierung über die Auswirkungen des menschlichen Handelns auf die Natur fördert die verantwortungsvolle Gestaltung der Welt, die von einer **nachhaltigen Entwicklung im Sinne der Agenda 21** getragen wird.

### 2.2 NRW-Erlass für Schulen

In der Organisation der Schulen ist es erfahrungsgemäß schwierig, Exkursionstage für die Jahrgangsstufe 13 zu erhalten. Das Kultusministerium NRW betont daher in einem **Erlass im Amtlichen Schulblatt August 1985**, dass die Fachlehrer das Angebot der Zooschulen nutzen sollen. Es bittet die Schulleiter, *"trotz notwendiger organisatorischer Maßnahmen"* Exkursionen in die Zoos zu ermöglichen.

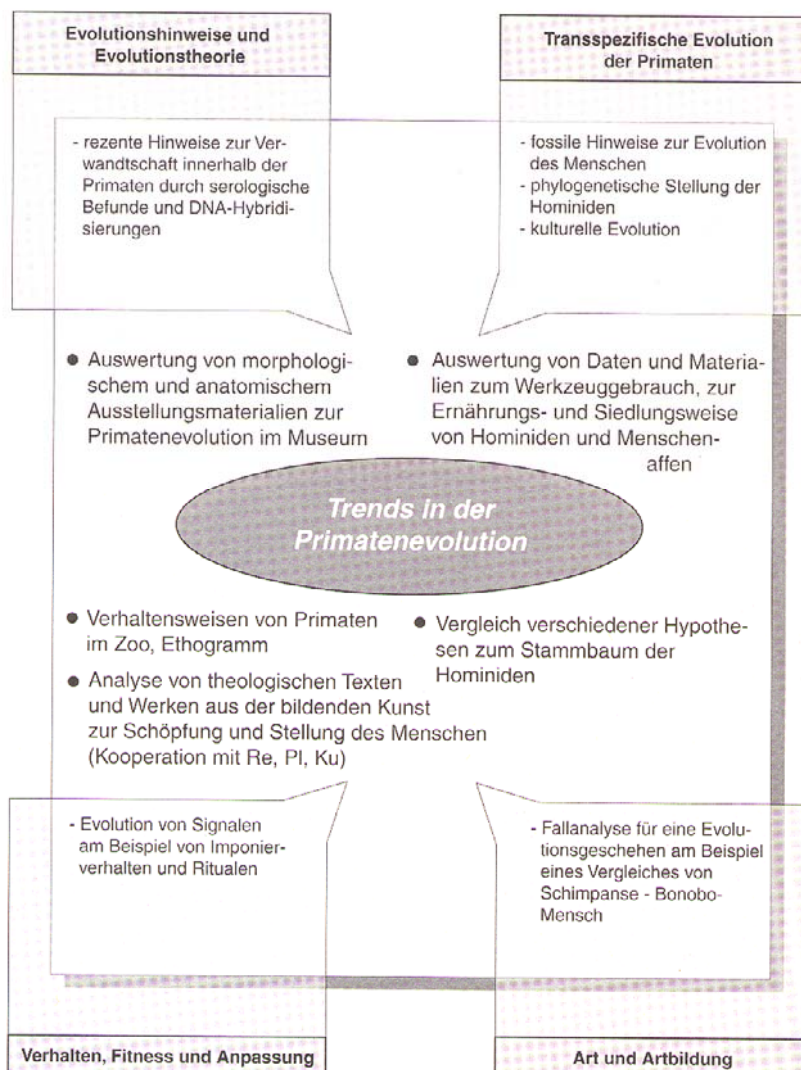
### 2.3 Einordnung in die Unterrichtsthematik

Im Rahmen des Leitthemas **„Evolution der Vielfalt des Lebens in Struktur und Verhalten“** in der Qualifikationsphase der Sekundarstufe II gilt die **„Transspezifische Evolution der Primaten“** als ein **obligatorisches Themenfeld** und wird auch in den Vorgaben für das Zentralabitur bereits bis 2010 als unterrichtliche Voraussetzung genannt. Die Richtlinien schlagen sogar die Thematik **„Trends in der Primatenevolution“** als ein mögliches **Schwerpunktvorhaben** vor und illustrieren es in einem Diagramm. Im Rahmen eines solchen Schwerpunktvorhabens können Fachinhalte (Bereich I) verschiedener Themenfelder (Verhalten, Fitness und Anpassung Art- und Artbildung, Evolutionshinweise und Evolutionstheorie, Transspezifische Evolution der Primaten) behandelt werden. Ebenso lässt sich der Bereich III (Fachmethoden) bei der Erstellung eines Modellstammbaums auf der Grundlage von Eigenbeobachtungen der Primaten im Zoo realisieren. Dabei erfahren die Schülerinnen und Schüler den geforderten **erkenntnistheoretischen Weg** von Beschreiben, Vergleichen, Ordnen und Klassifizieren der Vielfalt der Einzelbeobachtungen über das Formulieren von Hypothesen bis hin zum Aufstellen eines Gedankenmodells.

Im Gesamtkonzept eines Schwerpunktvorhabens zur Evolution der Primaten erhalten die im Unterricht obligatorischen paläontologischen Indizien einen realen Hintergrund durch die **Beobachtung rezenter Affen im Zoo**. Morphologische Gegebenheiten unterschiedlicher Organisationshöhe veranschaulichen einen Teilaspekt der Anthropogenese, der die Höherentwicklung der Primaten dokumentiert. Gleichzeitig lassen sich durch Homologie- und Analogieschluss die **Adaptive Radiation** der Primaten in einem hypothetischen Stammbaum verdeutlichen und das methodische Vorgehen vertiefen.

Die Einordnung rezenter Affenarten in ein taxonomisches System ist mit Hilfe verschiedener Merkmale aus unterschiedlichen Teildisziplinen der Biologie möglich. Je mehr Merkmale berücksichtigt werden, desto eher spiegelt die Systematik den natürlichen Evolutionsprozess wider. Im Biologieunterricht werden solche Merkmale häufig angesprochen, wie beim immunologischen Vergleich, der Chromosomenübereinstimmung, der Ähnlichkeit von Aminosäure- und DNA-Sequenzen sowie den anatomischen und funktionellen Übereinstimmungen bei rezenten und fossilen Arten. Ein **paläontologisch ausgerichtetes Museum** kann als zusätzlicher außerschulischer Lernort eine mögliche unterrichtliche Erweiterung zum Thema **Evolution des Menschen** sein (z.B. das Neanderthal-Museum in Mettmann).

Leitthema: "Evolution der Vielfalt des Lebens in Struktur und Verhalten"  
Assoziationsfeld zu einem Schwerpunktvorhaben



## 2.4 Intentionen einer Zooexkursion

In aller Regel steht Kursen der Sek II nur eine begrenzte Zeitspanne für einen Unterrichtsbesuch im Zoo zur Verfügung. Sicherlich wären mehrere Beobachtungstage wünschenswert, es lassen sich aber schon wertvolle Lernziele verfolgen, die über den rein kognitiven Bereich hinausgehen. Viele Kollegen wählen einen Unterrichtsbesuch im Zoo, um den Schülern einen erlebnisorientierten, realitätsnahen Biologieunterricht außerhalb des Fachraumes zu bieten:

- **Die Schüler erleben die Vielschichtigkeit und Komplexität tierischen Verhaltens am lebenden Objekt.**
- **Sie erfahren die Möglichkeiten und Grenzen wissenschaftlicher Methoden durch ihre Anwendung und selbständige Auswertung.**
- **Die Schüler setzen sich intensiv und mit Geduld mit wenigen Tierarten auseinander.**

Bei einem einmaligen Unterrichtsbesuch im Zoo beschränken sich allerdings die Beobachtungsmöglichkeiten auf leicht beobachtbare morphologische Merkmale und ihren funktionellen Zusammenhang in bestimmten Verhaltensweisen sowie ihre Kategorisierung. Darüber hinaus sind intensive Verhaltensstudien unter evolutivem Aspekt aus dem Bereich des Lern- und Sozialverhaltens wenig sinnvoll. Zum einen zeigen die Tiere bestimmte Verhaltensweisen sehr selten, zum anderen erkennen ungeübte Schüler ohne intensive Schulung nur schwer Verhaltenselemente des Sozialverhaltens, die darüber hinaus problematisch zu deuten sind. Auch in der Ethologie werden Ansätze zur Homologisierung von Verhaltenselementen stark diskutiert.

Schüler können ausgewählte morphologische Merkmale sowie ihren Funktionszusammenhang erkennen und unter evolutionsbiologischen Gesichtspunkten (→Mosaikrevolution) systematisieren.

Die zu untersuchenden Arten lassen sich aufgrund abgestufter Ähnlichkeiten in **Halbaffen** und **Echte Affen** unterteilen, letztere wiederum in **Neuwelt-** und **Altweltaffen**. In der Altweltaffenlinie heben die **Menschenaffen** heraus.

Es lassen sich bei den heute lebenden Affen Hypothesen über die Merkmalsausprägung möglicher Stammformen aufstellen (→ halbaffenähnlich, neuweltaffenähnlich, altweltaffenähnlich, menschenaffenähnlich) und für jedes Merkmal ein Evolutiver Trend formulieren.

Daraus lässt sich ein hypothetischer **Modellstammbaum** der beobachteten Affenarten erstellen, der auf einfachem Niveau die zunehmende Komplexität von Merkmalen unter Berücksichtigung der Zeit veranschaulicht. Auch wird die Methode der Stammbaumerstellung an selbst beobachteten Daten eingeführt und geübt. Die Schüler erfahren dabei, dass Einzelmerkmale in der Gewichtung und Berücksichtigung bei der Stammbaumerstellung den Merkmalskomplexen nachgestellt werden müssen und dass sie auch als Sonderanpassungen der Einnischung (→ Artbildung) aufgefasst werden können, die den Evolutiven Trend modifizieren. An einigen Stellen im Stammbaum lassen sich sogar mehrere Verzweigungsmöglichkeiten postulieren, die mit der durchgeführten Untersuchungsmethode im Rahmen der Vergleichenden Ethologie nicht eindeutig zu klären sind. Es bedarf daher weiterer Daten aus anderen biologischen Disziplinen

## **2.5 Bemerkungen zur Tierhaltung im Kölner Zoo**

Oberstufenschüler stehen der Tierhaltung in Zoologischen Gärten oftmals sehr kritisch gegenüber. Bei einer Zooexkursion wird jeder Lehrer erfahrungsgemäß mit dieser Problematik konfrontiert.

Die Grundforderung der Tierhaltung ist die **Artgemäßheit**. Aufgrund des intensiven wissenschaftlichen Informationsaustausches werden die Haltungsbedingungen der Zootiere in den "wissenschaftlich geführten" Zoo ständig weiterentwickelt. Entscheidendes Kriterium zur Beurteilung artgemäßer Haltung ist weniger die Größe eines Geheges, sondern eher die Strukturheterogenität in Raum und Zeit. Mit anderen Worten: das Angebot an vielfältigen Umweltreizen zur Beschäftigung der Tiere erleichtert die artgemäße Auseinandersetzung der Tiere mit ihrer Umwelt "Zoo" und befriedigt artspezifische Bedürfnisse ihrer Lebensäußerungen (z.B. Sozialformen, Bewegungsformen, Verhaltensäußerungen u.a.). Dazu sind Kenntnisse der Freilandforschung und Zoohaltung erforderlich.

An den Gehegen des Kölner Zoo lässt sich der Einstellungswandel der Tierhaltung im Laufe der Zeit gut nachvollziehen. Bei historischen, z.T. denkmalgeschützten Gebäuden, wie dem Elefantenhaus muss sich die Tierhaltung oftmals auf Kompromisse einlassen. Aber selbst ältere Gebäude und Gehege (Südamerikahaus, Bärenanlagen, Vogelgehege) werden durch permanente Veränderungen auf die Bedürfnisse der Tiere angepasst. Ebenso wird eine gute Präsentation der Gehege für die Besucher angestrebt.

Bevor die Schüler ihr eigenes Urteil über Zoos, ihre Existenzberechtigung und den Kölner Zoo im Besonderen fällen, sollten sie beachten, dass der für Besucher oftmals verbesserungswürdige optische Eindruck nicht mit schlechten Haltungsbedingungen gleichzusetzen ist. Ohne ausreichende Kenntnis der Arten ist eine Wertung nicht stichhaltig.



### 3 Beobachtbare Merkmale und ihre Evolutionstrends

Zur Beobachtung und Systematisierung der Primaten bei einer Zooexkursion eignen sich folgende Merkmale bzw. -komplexe, die die Schüler zum einen als morphologisches Einzelmerkmal zum anderen auch als komplexere, damit zusammenhängende Verhaltensäußerungen beobachten sollen:

#### 3.1 Sinnesleistungen des Kopfes

##### 3.1.1 Schädelform

Eine typische Schnauze findet sich nur bei den *Varis* (Halbaffen) mit einer deutlich vorgezogenen Schnauze und flacher Stirn als Übergang zum Gehirnschädel. Der Gesichtsschädel ist dem Gehirnschädel vorgelagert.



Abb. 3 Lage der Schädelteile bei Halbaffen und Echten Affen

Bei allen anderen Affenarten ist zwar die Kieferpartie deutlich vorgezogen (stumpfe Schnauze), der Gesichtsschädel befindet sich aber mehr *unter* dem Gehirnschädel (affentypisch). Der *Mantelpavian* besitzt einen sehr stark ausgeprägten Ober- und Unterkieferbereich, dennoch liegt durch eine starke Aufwölbung des Gehirnschädels der Gesichtsschädel unter ihm (sekundäre Anpassung).

**Evolutionstrend: Gesichtsschädel vor Gehirnschädel → Gesichtsschädel unter Gehirnschädel**

##### 3.1.2 Gesichtssinn

Der schräg nach vorne gerichteten Augenstellung am Schädel der *Halbaffen* (*Varis*) steht eine frontale Stellung der *Echten Affen* gegenüber, die das Gesamtsehfeld verkleinert, doch das stereoskopische Sehfeld vergrößert (vgl. Lösungsblätter).

**Evolutionstrend: seitliche Augenlage → frontale Augenlage**

##### 3.1.3 Geruchssinn

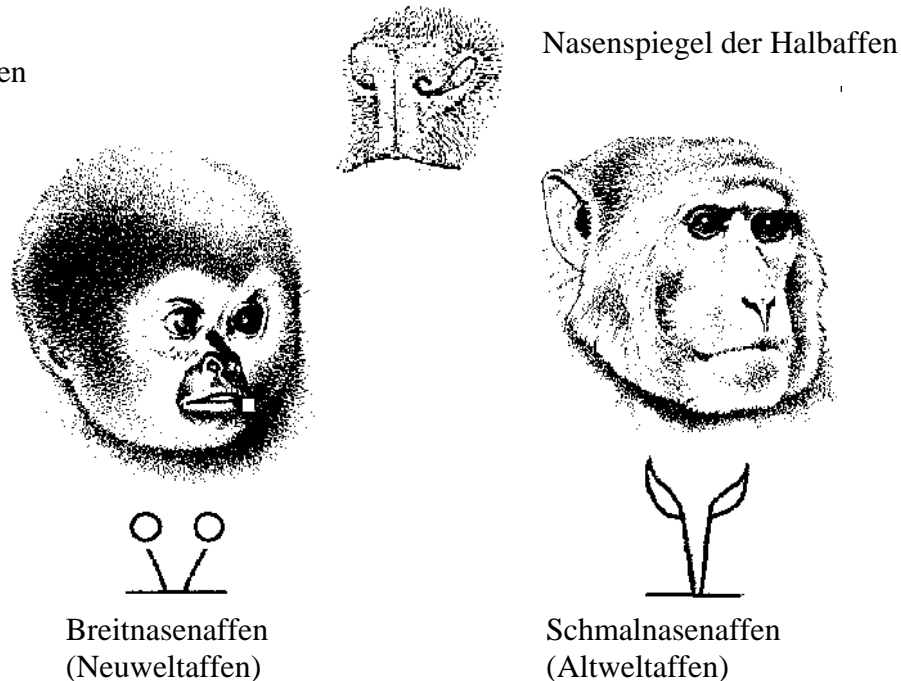
Die *Varis* besitzen eine deutlich erkennbare unbehaarte, drüsenreiche Nase mit einer unbeweglichen Oberlippe und Tasthaaren (feuchter, „hundartiger“ Nasenspiegel), was auf einen gut entwickelten Geruchssinn schließen lässt.

Die Nasenregion der übrigen Affenarten ist kein deutlich abgegrenzter Bezirk. Der gesamte äußere Nasenbereich einschließlich der äußeren Nasenöffnungen ist trocken und leicht behaart.

Aufgrund der unterschiedlich breiten Nasenscheidewand lassen sich die *Echten Affen* in *Schmalnasen*(=Altwelt)affen und *Breitnasen*(=Neuwelt)affen leicht unterscheiden.

**Evolutionstrend: feuchte Nase mit Tasthaaren (Nasenspiegel) → trockene Nasenregion**

Abb. 4  
Nasenformen



### 3.1.4 Gehörsinn

Die *Halbaffen* besitzen einen beweglichen, behaarten Ohrtrichter (Ohr"tüte"), den sie aktiv auf eine Geräuschquelle ausrichten können. Die *Echten Affen* haben eine unbewegliche Ohrmuschel.

**Evolutionstrend: trichterförmiges, bewegliches Ohr → unbewegliche Ohrmuschel**

### 3.1.5 Einsatz der Sinnesorgane

Die Einzelmerkmale lassen sich zum *Merkmalskomplex Sinnesleistung* zusammenfassen: Der Gesichtssinn ist bei den *Halbaffen* (Vari) gut entwickelt, dennoch werden gerade bei der Fernorientierung die beweglichen Ohren eingesetzt. Sie orientieren den Kopf in die Richtung einer Reizquelle und spitzen dabei die Ohren. In Ruhephasen ist das Ohrenspiel oft die einzig erkennbare Bewegung. Zwecks Nahorientierung prüfen die Varis ihre Nahrung intensiv durch Beriechen im Futternapf und nehmen sie dann mit dem Mund auf. Gegenstände der Gehegeeinrichtung sowie Artgenossen werden ständig berochen.

Die *Echten Affen* orientieren sich sowohl im Nah- und Fernbereich vorwiegend optisch, z.B. wählen sie ihre Nahrung am Boden, in den Bäumen oder in der Hand unter Sichtkontrolle aus. Sie erkennen sich an optischen Merkmalen und verständigen sich häufig mit Mimik des Gesichts. Daneben verständigen sie sich untereinander mit akustischen Signalen. Olfaktorische Sinnesleistungen besitzen eine untergeordnete Bedeutung.

Es lässt sich eine Schwerpunktverlagerung der Sinnesleistungen feststellen, der besonders bei der Nahorientierung (z.B. der innerartlichen Kommunikation) beobachtbar ist.

**Evolutionstrend: Riechen, Hören, Sehen → Sehen, Hören, Riechen**

## 3.2 Fortbewegung und Fortbewegungstypen

Als Bewohner des arborealen Lebensraumes beherrschen alle Affen die erforderlichen Fortbewegungsweisen des *Laufens* (Vierfüßlergang), *Kletterns* und *Springens*. Anpassungs- und evolutionsbedingt werden jedoch bestimmte Techniken der Fortbewegung "auf dem Ast" bevorzugt bzw. abgewandelt, z.T. sogar über kürzere Strecken der bipede Gang angewandt.

Bei den *Menschenaffen* kommt das *Schwinghangeln* (Echte Brachiation) als zusätzliche Fortbewegungsweise hinzu, die als Fortbewegungsanpassung „unter dem Ast“ aufgrund ihrer

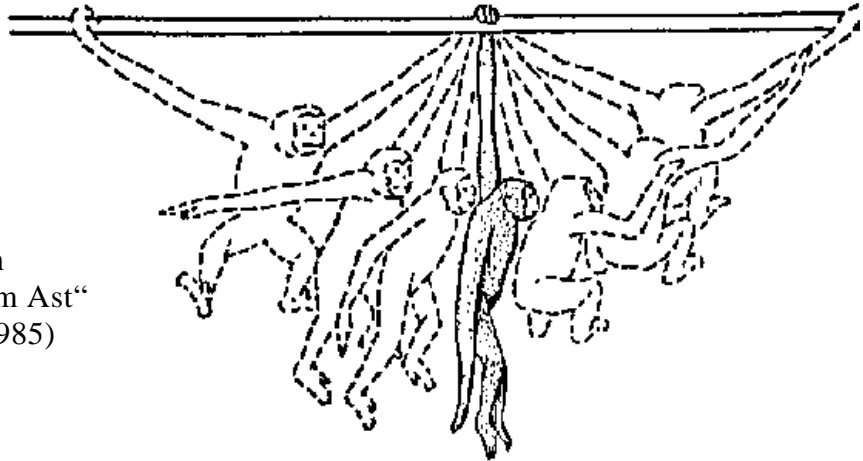


Abb. 5  
Typisches Schwinghangeln  
= Fortbewegung „unter dem Ast“  
(nach NAPIER/NAPIER 1985)

Gewichtszunahme aufgefasst werden (vgl. Abb. 1). In ähnlicher Form als sog. Semibrachiation kann das Schwinghangeln auch auf niedrigerer Organisationsstufe sowohl bei den *Altweltaffen* als auch *Neuweltaffen* beobachtet werden kann. Da dies nur sehr schwer erkennbar ist, ist eine Unterscheidung für Schüler im Rahmen dieser Thematik unbedeutend.

### 3.2.1 Verhältnis von Arm- und Beinlängen (Extremitätenproportionen)

Alle sich überwiegend im Vierfüßlergang und springend fortbewegenden Affenarten besitzen längere oder annähernd gleich lange Beine als Arme. Mit der Brachiation/Semibrachiation ist eine Verlängerung der Arme verbunden, die bei den Menschenaffen (Orang-Utan) am deutlichsten ausgeprägt ist. Gemessen wird das Verhältnis mit dem Intermembralindex, der sich als Prozentwert ausdrücken lässt.

**Evolutionstrend: Längere Hinterextremität → längere Vorderextremität**

### 3.2.2 Beweglichkeit des Schultergelenks

Die quadruped laufenden Affenarten können nur im begrenztem Maße ihre Vorderextremitäten seitlich abspreizen. Die Freiheitsgrade des Schultergelenks lassen hauptsächlich eine Vor-Zurück-Bewegung der Arme zu, da der ovale Gelenkkopf eine allseitige aktive Beweglichkeit einschränkt (vgl. Abb. 7). Nur passiv können die Schultergelenke in jede Richtung gedehnt werden, z.B. beim Hängen *unter* dem eigenen Körpergewicht.

Die aktive Schulterbeweglichkeit ist bei den *Hänglern* vollkommen dreidimensional (Kugelgelenkkopf), so dass sie Richtungsänderungen während des Hangelns schon beim Zugreifen und in der Schwungphase erzielen können.

**Evolutionstrend: Beweglichkeit Vor-Zurück → dreidimensionale Beweglichkeit**

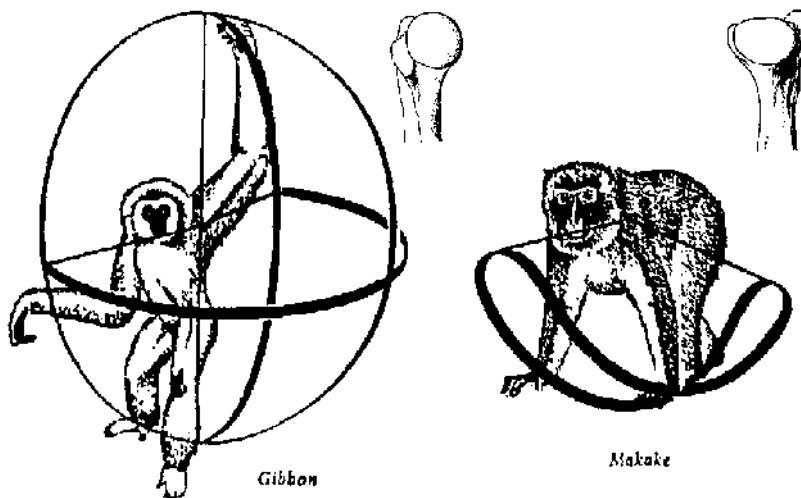
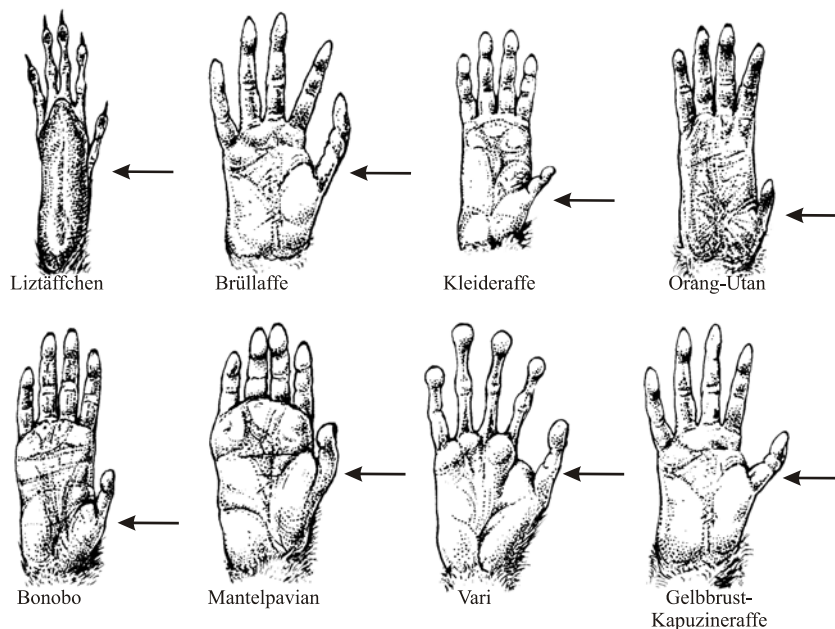


Abb. 6  
 Aktive Beweglichkeit in den Schultergelenken bei Echten Brachiatoren (links) und vorwiegend quadruped laufenden Arten (rechts) und ihre Gelenkköpfe (ergänzt nach EIMERL 1977)

### 3.2.3 Handform

Hangler krümmen bei ihrer Fortbewegung "unter dem Ast" ihre letzten Fingerglieder ohne Benutzung des Daumens ("einhaken"). Sie greifen nicht um den Ast. Ihr Daumen setzt daher tief in Handgelenksnähe am schmalen Handteller an oder ist sogar stark reduziert (wie z.B. beim Klammeraffe).



Die laufenden Affenarten besitzen einen relativ breiten Handteller mit kurzen Fingern und hohem Daumenansatz.

Abb. 7  
 Handformen und Daumenansatz

**Evolutionstrend: Hoher Daumenansatz → Tiefer Daumenansatz / Kein Daumen**

### 3.2.4 Fortbewegungsweisen und –typen

Die Einzelmerkmale lassen sich zum *Merkmalskomplex Fortbewegung* zusammenfassen:

Es lassen sich bei allen Affenarten die arttypischen Fortbewegungsarten beobachten, wobei besonders die Jungtiere wegen ihrer größeren Bewegungsaktivität häufig die gesamte Variationsbreite aller Bewegungen zeigen. Der Hauptlokomotionstyp ist allerdings nicht

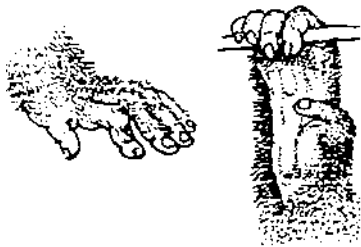


Abb. 8  
Der Daumenansatz des laufenden  
und schwinghangelnden  
Fortbewegungstyps  
(aus KUHN 1988)

unbedingt während der Beobachtungszeit der Schüler auch die Hauptfortbewegungsweise.

**Evolutionstrend:**

quadrupedes Laufen, Klettern, Springen → Schwinghangeln, Klettern,  
quadrupedes und bipedes Laufen

## 3.3 Feinmotorik der Hand

### 3.3.1 Opponierbarkeit des Daumens

Die Möglichkeit, den Daumen den anderen Fingern gegenüberzustellen (Opponierbarkeit), befähigt die *Altweltaffen* des differenzierten Greifens bei der Fortbewegung und von Gegenständen. Sie besitzen ein Sattelgelenk im Daumen und stellen ihn aktiv den übrigen Fingern gegenüber (**Echte Opponierbarkeit**).

Die *Halbaffen* besitzen einen anatomisch abgespreizten Daumen mit einem Scharniergelenk, der beim Laufen auf einem Ast den Fingern gegenübergestellt ist und durch das eigene Körpergewicht die Hand schließt, so dass der Eindruck der Opponierbarkeit entsteht. Eine Rotation im Daumengelenk ist nur eingeschränkt möglich. Beim Ergreifen von Gegenständen vom Boden kann der Daumen aber nicht opponiert werden, er liegt seitlich neben der Handfläche. Daher besitzen die Halbaffen nur die Fähigkeit der sog. **Pseudoopponierbarkeit**. Auch die *Neuweltaffen* können nur die Pseudoopponierbarkeit durchführen, bei ihnen ist aber der Daumen von vornherein nicht so weit abgespreizt und liegt meist mit der Handfläche in einer Ebene.

**Evolutionstrend: Pseudoopponierbarkeit → Echte Opponierbarkeit**

### 3.3.2 Einzelfingerbeweglichkeit

Beim Greifen sind die Halbaffen und Neuweltaffen nicht in der Lage, ihre Finger unabhängig voneinander zu bewegen (**Ganzhandkontrolle**). Beim Ergreifen von kleineren Gegenständen nehmen sie ihn daher in die ganze Hand und krümmen alle Finger gleichzeitig in einer Ebene. Dagegen bewegen die Altweltaffen jeden Finger einzeln (**Einzelfingerkontrolle**).

**Evolutionstrend: Ganzhandkontrolle → Einzelfingerkontrolle**

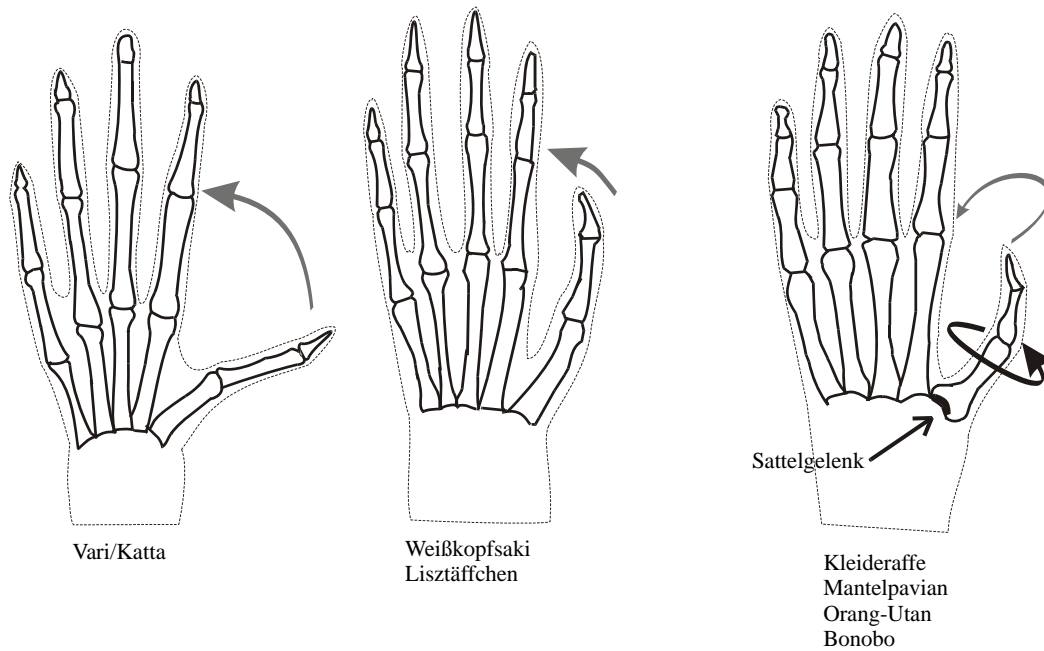


Abb. 9  
Rotation im Daumengelenk

### 3.3.3 Griffarten

Diese Einzelmerkmale lassen sich zum *Merkmalskomplex Greifen* zusammenfassen:

Einzelfingerkontrolle und Echte Opponierbarkeit des Daumens (als "Einzelmerkmale") ermöglichen Feinmanipulationen der Hand von höchster Genauigkeit, die mit dem Merkmalskomplex **Präzisionsgriff** (Pinzettengriff) beschrieben werden können. Er ist für die Altweltaffen charakteristisch

Der **Kraftgriff** der Halbaffen und Neuweltaffen ist weniger genau und wirkt unbeholfener. Die Merkmale Pseudooponierbarkeit und Ganzhandkontrolle wirken in dieser Griffart zusammen. Die Unterschiede der beiden Griffarten können sehr gut bei Situationen der Fellpflege (Grooming) sowie bei der Nahrungsaufnahme beobachtet werden.

**Evolutionstrend: Kraftgriff → Präzisionsgriff**

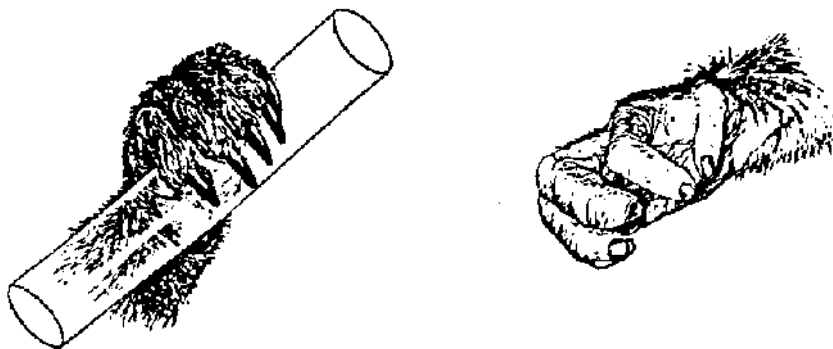


Abb. 10 Kraft- und Präzisionsgriff  
(aus EIMERL 1977)

## 4 Informationen zu den Arten

### 4.1 Halbaffen (*Prosimiae*):

**Schwarz-weißer Vari** (*Varecia variegata variegata*) oder **Roter Vari** (*V. v. ruber*),

Fam. Lemuridae

Alternative / Ergänzung: alle Halbaffen des Lemurenhauses

Standort: Lemurenhaus

Innerhalb der Lemuren stehen die *Varis* wohl auf einem relativ niedrigen Organisationsniveau. Sie sind überwiegende Baumbewohner und mehr einzelgängerisch organisiert. Alle Halbaffenarten zeigen in auffälliger Weise die olfaktorische Orientierung durch intensives Schnüffeln und Markieren. Weite Sprünge und schnelles Laufen und Klettern sind typisch. Weniger effektiv ist das von Schülern oft als „Hangeln“ bezeichnete Hangelklettern mit allen vier Extremitäten unter dem Deckengitter, welches eher als "Klettern unter dem Ast" verdeutlicht werden kann.

Die Roten Varis stellen eine Unterart der Schwarz-weißen Varis dar, die im Nordosten von Madagaskar geografisch getrennt von den Schwarz-weißen Varis vorkommen. Sie gelten im Freiland als ausgerottet und bestehen somit nur noch als Zoopopulation und lassen sich recht gut vermehren.



### 4.2 Echte Affen (*Simiae*):

#### 4.2.1 Neuwelt- oder Breitnasenaffen (*Platyrrhini*)

**Gelbbrust-Kapuzineraffe** (*Cebus xanthosternos*)

Fam. Cebidae, Kapuzinerartige

Alternative / Ergänzung: **Weißkopfsaki** (*Pithecia*),

Standort: Südamerikahaus

Die *Kapuzineraffen* lassen sich aufgrund ihrer Fortbewegung als "auf den Zweigen gehender und laufender Typ" bezeichnen. Die Finger sind dabei in einer Ebene angeordnet. Manchmal lässt sich eine weitere Griffart beobachten, die als Präzisionsgriffersatz aufgefasst werden kann, der sog *Scherengriff*. Dabei halten die Affen einen Gegenstand mit gespreizten Fingern fest. Gut beobachten lässt sich bei ihnen der Kraftgriff.

Der *Gelbbrust-Kapuzineraffe* ist einer der bedrohtesten Affenarten überhaupt.



**Lisztäffchen** (*Sanguinus*)

Alternative: **andere Krallenaffenarten** (s. **Gehegeschild**)

Fam. Callitricidae, Krallenaffen

Standort: Südamerikahaus

Die Krallen der kleinen Krallenaffen sind als Anpassung an das Baumleben kein ursprüngliches Merkmal, sondern nachweislich das Ergebnis einer späteren Radiation - und damit umgewandelte Plattnägel. Aufgrund ihrer geringen Körpergröße bewohnen die Krallenaffen die Kronenregionen der südamerikanischen Regenwälder. Sie laufen und springen sehr schnell auf den Ästen. Äußerst selten betreten sie den Boden. Deutlich erkennbar ist bei ihrem Griff die Lage aller Finger in einer Ebene.

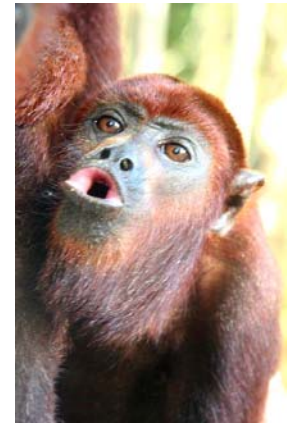


### **Brüllaffe** (*Alouatta*)

Fam. Cebidae, Kapuzinerartige

Standort: Südamerikahaus

Brüllaffen sind langsame Läufer und Kletterer. Sie bewegen sich mit ihren Armen und zusätzlichem Einsatz ihres Greifschwanzes als "fünfte Extremität" in der Baumregion sehr gemächlich fort. Die Finger können nicht einzeln bewegt werden. Der Daumen ist um besseren Greifen ein wenig abgespreizt. Der Scherengriff dient als Ersatz zum Präzisionsgriff.



### **4.2.2 Altwelt- oder Schmalnasenaffen (Catarrhini)**

#### **Kleideraffe** (*Pygathrix pygathrix*)

Alternative: **Guereza** (*Colobus guereza*)

Fam. Colobidae Schlankaffen

Standort: Lemurenhaus

Als reine Baumbewohner und hochspezialisierte Blattfresser bewegen sich die *Kleideraffen* im Vierfüßlergang und Springen auch relativ weit. Das schnelle Schwinghangeln (konvergente Entwicklung?) ist bei den Jungtieren häufiger zu beobachten als bei den Adulten. Die Opponierbarkeit des Daumens ist bedingt durch den tiefen Ansatz des Daumens an der Hand und seiner geringen Größe wegen etwas schwieriger zu erkennen. Die Schultergelenke sind in alle Richtungen beweglich.



Nur wenige Zoos auf der Welt sind wegen der komplizierten Haltung und Ernährung (Blätterfresser) in der Lage, Kleideraffen zu halten. In nur zwei Zoos ist bislang die Züchtung erfolgreich, so auch in Köln. Allerdings sinkt der Zoobestand beständig.

#### **Mantelpavian** (*Papio hamadryas*)

Fam. Cercopithecidae, Meerkatzenartige

Standort: Pavianfelsen

Als sekundäre Bodenbewohner laufen die *Paviane* im Vierfüßlergang. Ihr Körperbau ist stämmig, die Hand kurzfingerig. Die Kletterbäume nutzen häufig die Jungtiere, die erwachsenen Tiere sitzen meist in ihren Ein-Mann-Gruppen am Boden oder in Felsvorsprüngen des Affenfelsens. Beim intensiven sozialen Lausen lässt sich der Präzisionsgriff sehr gut erkennen. Ebenso die vorwiegend visuelle Kommunikation über eine ausgeprägte Mimik.



#### **Orang-Utan** (*Pongo*)

Fam. Pongidae, Menschenaffen

Standort: Urwaldhaus

Die *Orang-Utans* gehören zu den Menschenaffen, die sich sehr früh spezialisiert haben. Ihre sehr langen Arme werden als Ergebnis einer Einnischung an die fast ausschließliche Baumlebensweise aufgefasst. Aufgrund ihres hohen Körpergewichts hangeln und klettern sie bedächtig. Die Schultergelenke (und auch Hüftgelenke) sind extrem beweglich, ihre schlanken Hände besitzen lange Finger mit einem tief ansetzenden kleinen Daumen, dessen Nicht-Einsatz während des Schwinghangeln bei den Orangs besonders deutlich beobachtet werden kann.





Am Boden wirkt die Fortbewegung langsam, obwohl sich die Tiere die meiste Zeit am Boden aufhalten. Sie schieben ihren Körper durch die aufgestützten Arme, dabei nehmen die Hände und Füße eine seitlich gekrümmte Stellung ein (Krückengang).

### **Bonobos** (*Pan paniscus*)

Fam. Pongidae, Menschenaffen

Standort: Urwaldhaus

*Bonobos* zeigen die größte Variationsbreite bei der Fortbewegung. Wegen der geringen Spezialisierung der Extremitäten ist der Vierfüßlergang (als Knöchelgang) relativ schnell, sie halten sich auch im Freiland die meiste Zeit am Boden auf. Sie beherrschen auch über eine längere Distanz den zweibeinigen Gang. Aber auch die Effektivität des Schwinghangelns und des Klettern ist sehr beachtlich. Im Vergleich zu den Orangs sind sie jedoch nicht so beweglich in den Gelenken der Arme und Beine. Neuere, besonders biochemische Untersuchungsergebnisse stellen die Bonobos in die nächste Nähe der Verwandtschaft mit dem Menschen und nicht die zur gleichen Gattung gehörenden Schimpansen.



## **5 Organisatorische und methodische Bemerkungen zur Zooexkursion**

Ein im Zoo zu erstellender Modellstammbaum sollte mit möglichst vielen Arten erstellt werden. Erst dadurch erhält er möglichst viele Verzweigungen und ähnelt einem "Baum". Seine Verzweigungsstellen können bei den Schülern wissenschaftspropädeutische Diskussionen zur Bewertung von Merkmalen und Merkmalskomplexen erzeugen. Eine Zooexkursion sollte einen *ganztägigen* Zooaufenthalt einplanen. Eine Begrenzung auf einen Vormittag ist zwar besser als gar keine Beobachtung der Affen im Zoo, geht aber eindeutig auf Kosten der Artenvielfalt und eines tieferen Einblicks in die Radiation und Lebensweise der Primaten.

### **Beobachtungen im Zoo:**

- Eigenbeobachtungen der Schüler mit Hilfe von Beobachtungsaufträgen (Arbeitsblatt 1 und 2) vor den Gehegen
- Sammlung der Beobachtungsdaten mit tabellarischen Sammlungsbögen an einem geeigneten Ort im Zoo

### **Auswertung in der Schule:**

- Erstellen einer übersichtlichen Merkmalstabelle mit Folien zur Erläuterung
- Konstruktion des Modellstammbaums
- Diskussion

Die Arbeitsblätter mit ihren Beobachtungsaufträgen sind nicht tabellarisch aufgebaut, um die Schüler nicht zu stark zu lenken bzw. sie zu einer schnellen "Erledigung" der Aufgabe zu verführen. Die stärkere Offenheit der Fragestellungen und Anregungen führt zu einer ganzheitlichen Betrachtung einer Tierart. Erst bei der *Sammlung der Beobachtungsdaten* mit den eigens konzipierten Sammlungsbögen werden gezieltere Fragen zu den Merkmalen gestellt, die die Beobachtungen präzisieren und genaue Formulierungen erfordern. Der Fachlehrer sollte hier genau kontrollieren und mit Zwischenfragen zu genauem Protokollieren anregen.

## 5.1 Vorschlag für eine ganztägige Zooexkursion mit 8 Affenarten

Die **Beobachtung von 8 Affenarten** erfolgt in zwei ausgewählten Artenkombinationen von je vier Arten, davon jeweils zwei Arten unter gleichem Themenschwerpunkt. Es werden folgende Artenkombinationen, unter systematischen Gesichtspunkten ausgewählt, vorgeschlagen:

- 1. Artenkombination :**      **Vari - Mantelpavian**  
    **Brüllaffe - Bonobo**
- 2. Artenkombination:**      **Orang-Utan – Krallenaffenart**  
    **Kapuzineraffe - Kleideraffe**

Um wenigstens eine Vorstellung der behandelten Affenarten zu erhalten, ist ein **einleitender Rundgang** zu allen Gehegen unerlässlich.

Die Schüler wählen sich eine Artenkombination (2 Arten"paare") aus und untersuchen ein Artenpaar unter dem Themenschwerpunkt 1 und das andere unter dem Themenschwerpunkt 2 oder umgekehrt. Sie werten (nach der Methode der arbeitsteiligen Gruppenarbeit) alle 8 Affenarten in der Schule gemeinsam aus. *Die Auswahl und Zuordnung der Artenkombinationen/Arten"paare" sollte daher am Anfang so festgelegt werden , dass jede Arten"paar" unter beiden Themenschwerpunkten von der gesamten Schülergruppe besprochen und ausgewertet werden kann.* Dies bedeutet, alle Arten"paare" müssen unter jedem Themenschwerpunkt bearbeitet werden.

Ablauf im Zoo	Medien	Zeit
Zeitaufwand: ca. 6 Zeitstunden		
- <b>Rundgang</b> zu den 8 Affengehegen Madagaskar-Haus: Vari, Ersatz-Südamerikahaus: Krallenaffenarten, Kapuzineraffe, Brüllaffe Pavianfelsen: Mantelpavian Urwaldhaus: Orang-Utan, Bonobo, Kleideraffe	Zooplan	90'
- Einteilung nach Artenkombination und Zuordnung der Artenpaare zu Schülergruppen	Infoblatt für Schüler	
- <b>Erarbeitung 1</b> in arbeitsteiligen Gruppen →2 Arten = 1. Artenpaar - Sinnesorgane des Kopfes und Arm-/Beinvergleich	AB 1	2x30'
- Sammlung der Beobachtungsdaten	Sammlungsbogen zu AB 1	30'
- <b>Erarbeitung 2</b> in arbeitsteiligen Gruppen →2 Arten = 2. Artenpaar - Fortbewegung - Handeinsatz	AB 2	2x30'
- Sammlung der Beobachtungsdaten	Sammlungsbogen zu AB 2	30'
- Klärung von besonderen Fragen		



In der Schule:

- Tabellarische Zusammenfassung der Beobachtungsdaten in Gruppen und Erläuterung  
Merkmalstabelle für AB 1 und AB 2  
Auswertungsfolien
- Konstruktion des Modellstammbaums der 8 Affenarten anhand der Merkmalstabelle
- Diskussion der Einteilung der Affen in systematische Taxa und der Verzweigungsstellen im Stammbaum

## 5.2 Auswertung in der Schule

Die Sammlungsprotokolle, die im Zoo erstellt wurden, werden im Unterrichtsgespräch unter Mithilfe der Beobachtungsgruppen in Tabellenform zusammengefasst, die mit Stichworten oder Symbolen ausgefüllt werden. Der Lehrer vervollständigt sukzessive diese Tabellen parallel mit den Schülern auf *Auswertungsfolien* (siehe Folienvorlagen im Anhang) und ergänzt nicht erbrachte Beobachtungsdaten. Das fertige Endergebnis der Merkmalstabelle ist im Anhang (*Lösungsbögen*) dargestellt. Zusätzliche *Erläuterungsfolien*, die von den Abbildungen im Text angefertigt werden können, unterstützen die Auswertung einiger Beobachtungsdaten und Merkmale.

Während der Erstellung der Tabellen können die Merkmale schon unter dem Gesichtspunkt der evolutiven Trends betrachtet werden (vgl. Folienvorlage *Evolutionstendenzen*), die bei den systematischen Taxa in unterschiedlicher Weise verwirklicht wurden (Mosaikrevolution).

Dabei stehen folgende Erläuterungen und Ergebnisse im Vordergrund:

<u>Merkmalskomplexe</u>	<u>Erläuterungsfolien von</u>
Sinnesorgane des Kopfes: Es verlagert sich der Schwerpunkt der Sinnesleistungen vom Riechen und Hören zum Sehen (Halbaffen →Echte Affen).	- Kopfform
Fortbewegung Alle Affen klettern. Zum Laufen (Vierfüßlergang) und (Weit-)Springen der kleineren Arten kommt mit zunehmender Körpergröße eine neue Fortbewegungsart, das Schwinghangeln, hinzu, das Springen verliert an Bedeutung.	- Schwinghangeln - Beweglichkeit des Schultergelenks
Feinmotorik der Hände Die Leistungsfähigkeit und Variabilität beim Greifen, besonders bei kleineren Objekten und deren Handhabung, nimmt mit zunehmender Organisationshöhe zu. Die Neuweltaffen haben den Präzisionsgriff nicht entwickelt, sondern zeigen den Kraftgriff der Halbaffen.	- Daumengelenk - Griffarten

Zum Abschluss der Auswertung der Zooexkursion wird ein Modellstammbaum konstruiert. Vorgegeben werden den Schülern eine Zeitachse (ohne Zeitangaben), sowie die vermutliche Stammform der Primaten, ein unspezifischer Insektenfresser, unten an der Zeitachse. Die Schüler erhalten den Auftrag, die 8 Affenarten so einzuordnen, dass alle heute lebenden Arten nebeneinander oben an der Zeitachse (Jetztzeit) aufgeführt sind. Dabei sollen nahverwandte (ähnliche) Arten näher beieinander stehen als entfernt verwandte Arten. Der evolutive

Zusammenhang kann nun durch Verbindungslinien und Verzweigungen in unterschiedlicher Höhe der Zeitachse hergestellt werden. Überlegungen zur methodischen Verfahrensweise können mit dem Satz *"Je ähnlicher die Merkmalsträger, d.h. je mehr gemeinsame, abgeleitete Merkmale sie besitzen, desto näher verwandt und jünger sind ihre gemeinsamen Vorfahren"* der Stammbaumerstellung vorangestellt werden. Bei Bedarf kann die Methode des Merkmalsvergleiches und Stammbaumableitung auch an dieser Stelle erarbeitet werden.

An zwei Stellen des Modellstammbaums sind mehrere Verzweigungen möglich, da aufgrund der von den Schülern gesammelten Daten eine eindeutige Entscheidung nicht getroffen werden kann. Hier kann auf die Notwendigkeit verwiesen werden, weitere Daten hinzuziehen zu müssen, die durch rein morphologische und verhaltensbiologische Beobachtungen nicht zu erhalten sind. Eine Verzweigungsmöglichkeit ist nur unter der Annahme erlaubt, dass sich das Schwinghangeln bei den Altweltaffen zweimal unabhängig voneinander entwickelt hat (Konvergenz).

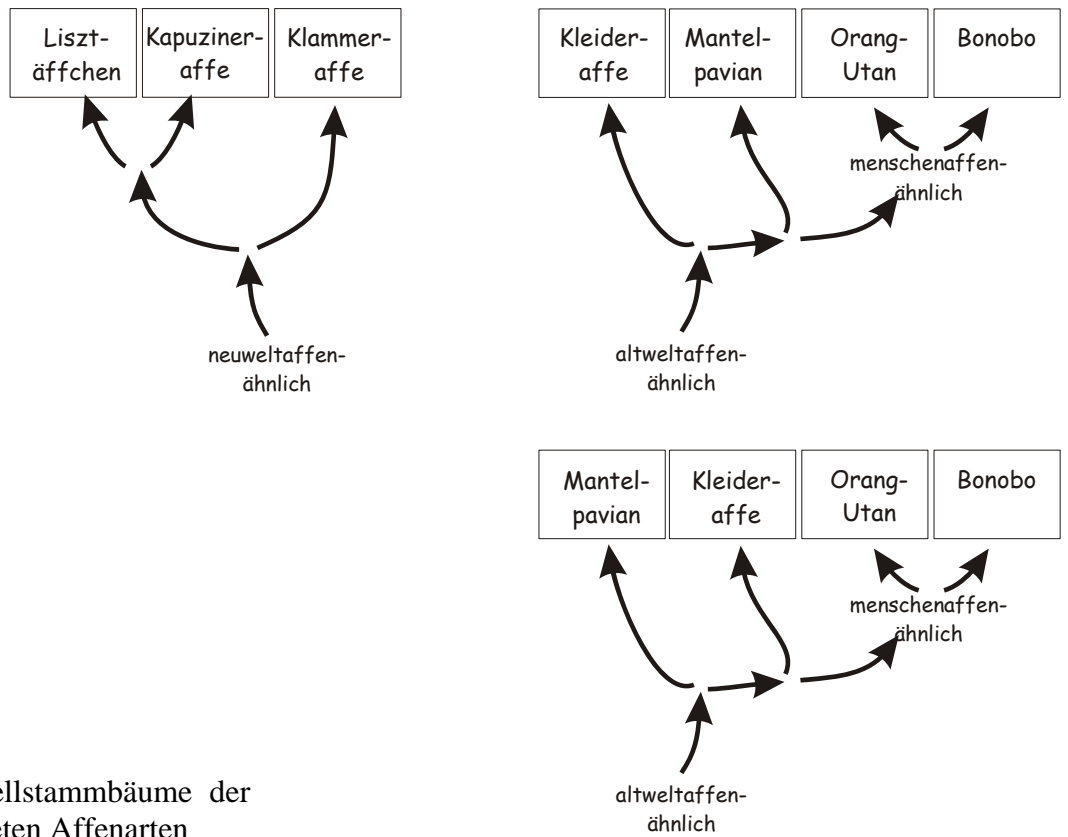
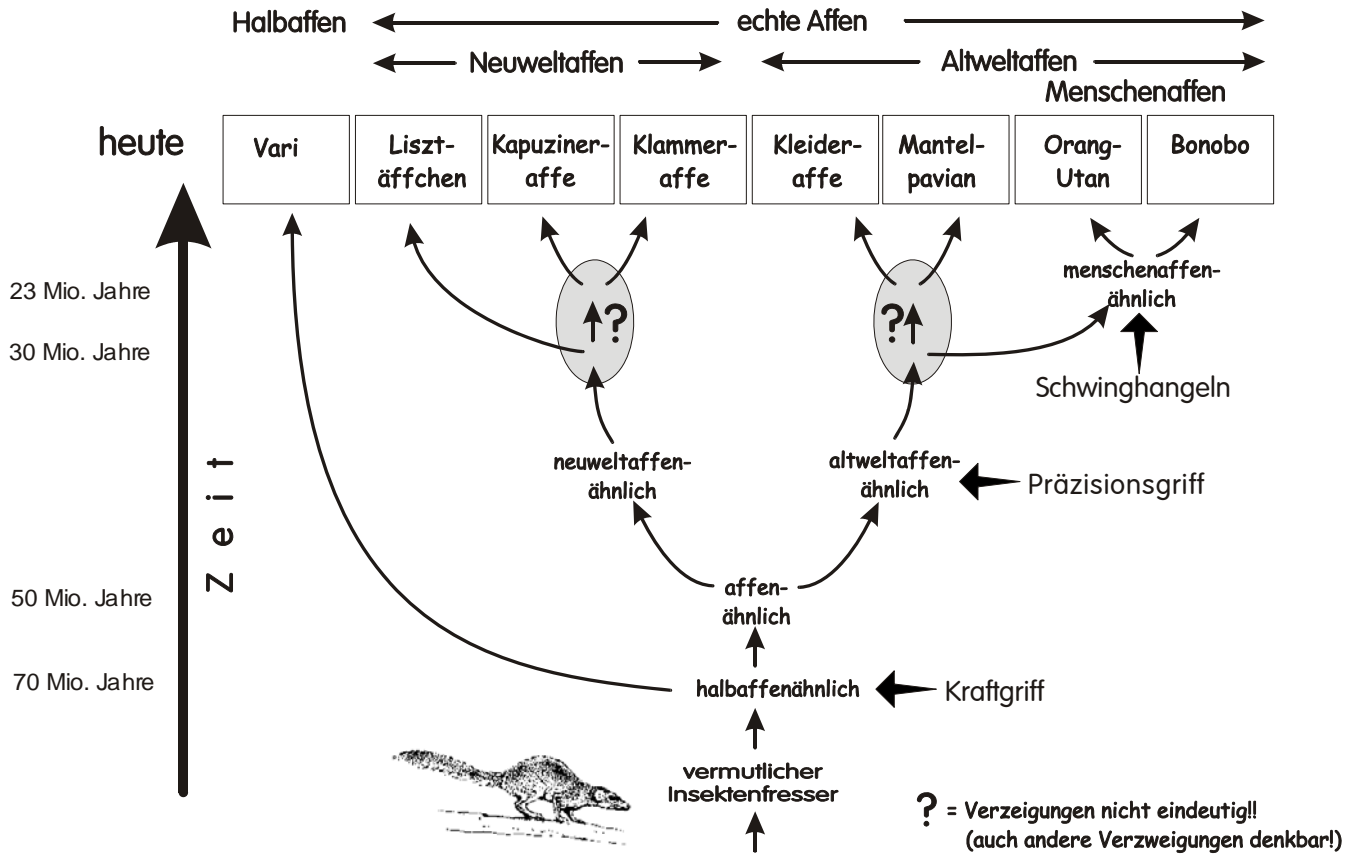


Abb. 11  
 Mögliche Modellstammbäume der  
 im Zoo erarbeiteten Affenarten

## 6 Literaturhinweise

- Christner, J.  
Stundenblätter Stammesgeschichte, Sekundarstufe II, Stuttgart, 1983
- de Bonis, L.,  
Vom Affen zum Menschen, Spektrum Compact, Teil 1 Evolution der Primaten, 1/2001
- Döhl, J.  
Menschenaffen, in: Praxis der Naturwissenschaften 1/38, 1989
- Edey, M. A.  
Vom Menschaffen zum Menschen, Time Life Book, Hamburg, 1977
- Eimerl, S.; Devore, I  
Die Primaten, Time Life Book, Hamburg, 1977
- Futuyma, D. J.  
Evolutionsbiologie, Berlin 1990
- GEO Wissen;  
Die Evolution des Menschen, September 1998
- Jolly, A.  
Die Entwicklung des Primatenverhaltens, Stuttgart, 1975
- Kirchshofer, R.  
Stammesgeschichte der Primaten (Unterricht im Zoo), Mitteilungen aus dem Frankfurter Zoo, Eigenverlag Zoologischer Garten Frankfurt am Main, 1983
- Kirchshofer, R.  
Stammesgeschichte der Primaten, in: Der Biologieunterricht 15, 1979
- Krieger, K. G.  
Vom natürlichen System zum Stammbaum, in: Praxis der Naturwissenschaften Biologie, 8/33, 1984
- Kuhn, H.-J.  
Herrentiere oder Primaten, in: Grzimeks Enzyklopädie der Säugetiere, 1988,
- Leder, K.; Kämper, R.  
Vom Halbaffen zum Menschen, Unterrichts Anregung und Materialien für Zooexkursionen zum Thema Primatenevolution, in: Praxis der Naturwissenschaften Biologie 3/41, 1992
- Lethmate, J.  
Herkunft des Menschen, in: Unterricht Biologie 31, 1979
- Lethmathe, J.  
Die Verwandten des Menschen, in: Unterricht Biologie 121, 1978
- Lethmathe, J.  
Zur Bedeutung der Primatenethologie im Rahmen des Biologieunterrichts, in: Der Biologieunterricht 15, 1979
- Napier, J. R.; Napier, P.H.  
The Natural History of Primates, The British Museum, London, 1985
- Pilbeam, D.  
Die Abstammung von Hominoiden und Hominiden, in: Spektrum der Wissenschaften 5, 1984

- Rensch, B.  
Neuere Probleme der Abstammungslehre, Stuttgart, 1972
- Rothe, H.  
Die Stellung des Menschen im System der Primaten, Evolution des Menschen 1, Deutsches Institut für Fernstudien an der Universität Tübingen (DIFF), Studienbrief, 1990
- Rümpler, U.  
20 Jahre Lemurenhaus - 30 Jahre Lemurenhaltung im Kölner Zoo, Zeitschrift des Kölner Zoo 4, 1993
- Sommer, V.;  
Die Affen- Unsere wilde Verwandtschaft, Hamburg 1989
- Tattersale, I.  
Die Lemuren Madagaskars: Repräsentanten früherer Primaten, in: Spektrum der Wissenschaften 3, 1993
- Tattersale, I.  
The Primates of Madagaskar, New York, 1982
- Tylinek, E.; Berger, G.  
Das große Affenbuch, Leipzig 1983 / Hamburg 1984