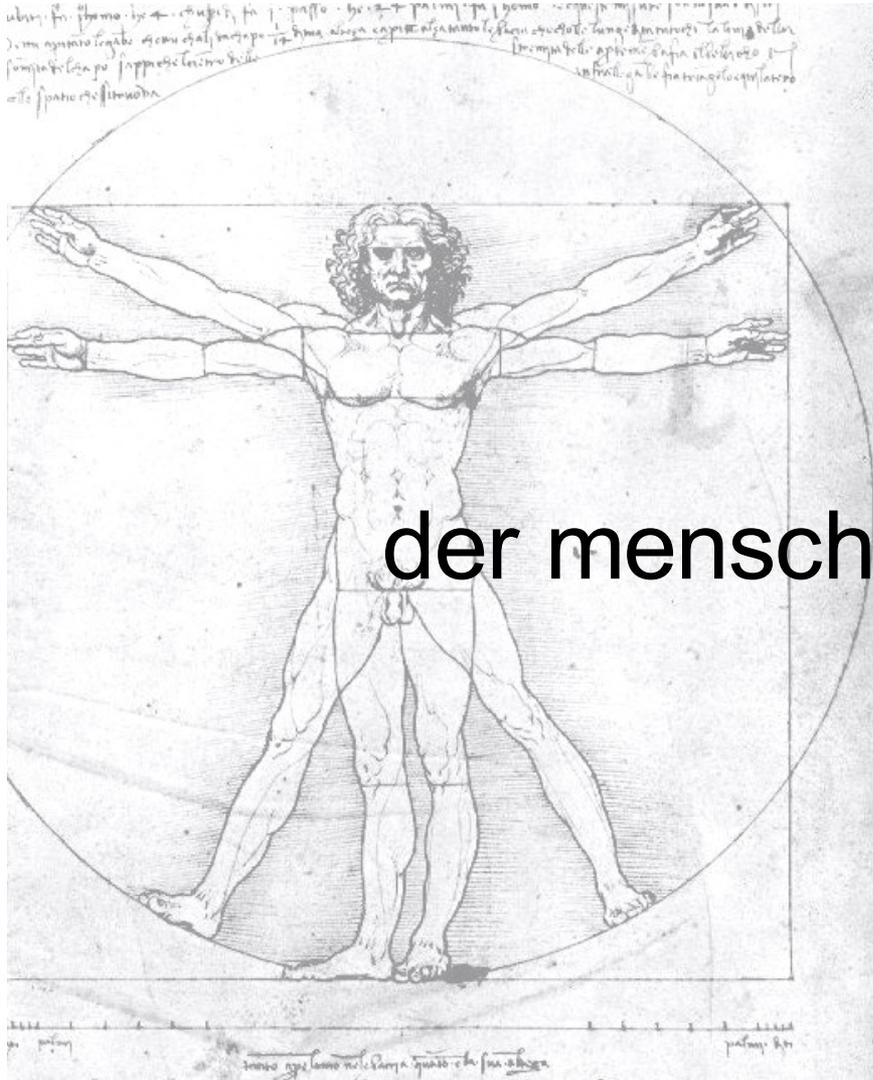


A C G T



Die Evolution der menschlichen Sprache

Matthias Platzer

Genomanalyse
Leibniz Institut für Altersforschung
- Fritz-Lipmann Institut (FLI)

Evolution der Sprache

Christliche Version



Gott sprach:

Es werde Licht...

Evolution der Sprache

Christliche Version



Michelangelo



Breughel dÄ

Erde vom Acker... ..Odem in die Nase....

...Sprache verwirrt...

...zerstreute sie in alle Länder.

Evolution der Sprache

angeboren vs. erworben



Friedrich II.
1194 - 1250

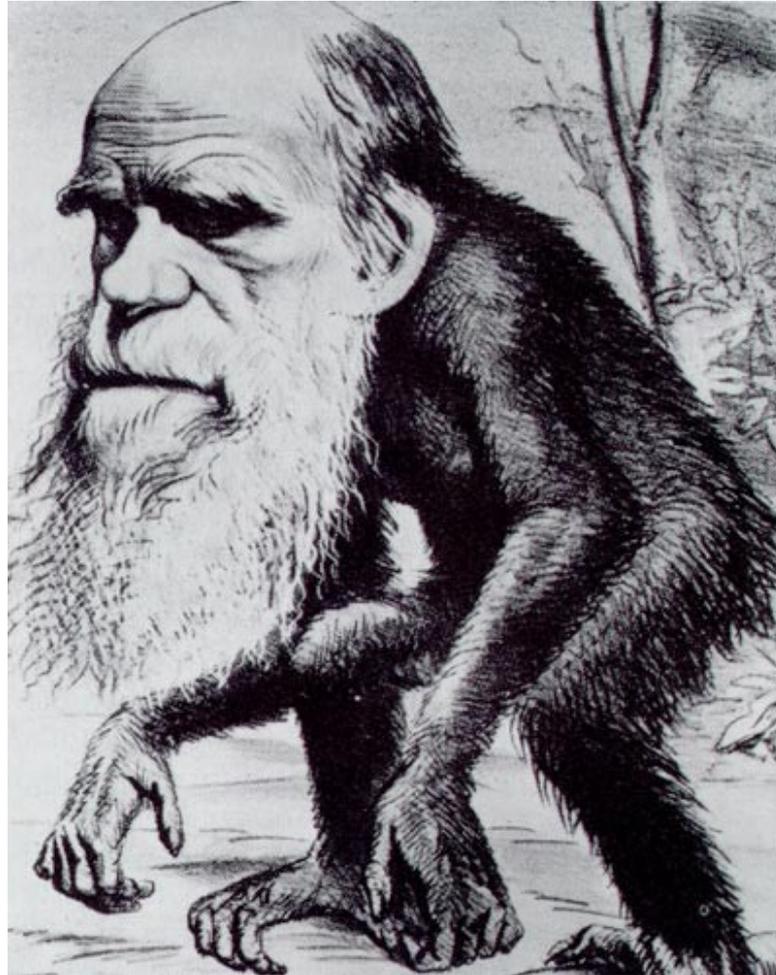
Suche nach der Ursprache

Säuglinge **MIT** Nahrung & körperlicher Pflege
OHNE Zuwendung & Sprache

In welcher Sprache werden sie sich
spontan artikulieren ?
Hebräisch, Latein, Arabisch ...

Evolution der Sprache

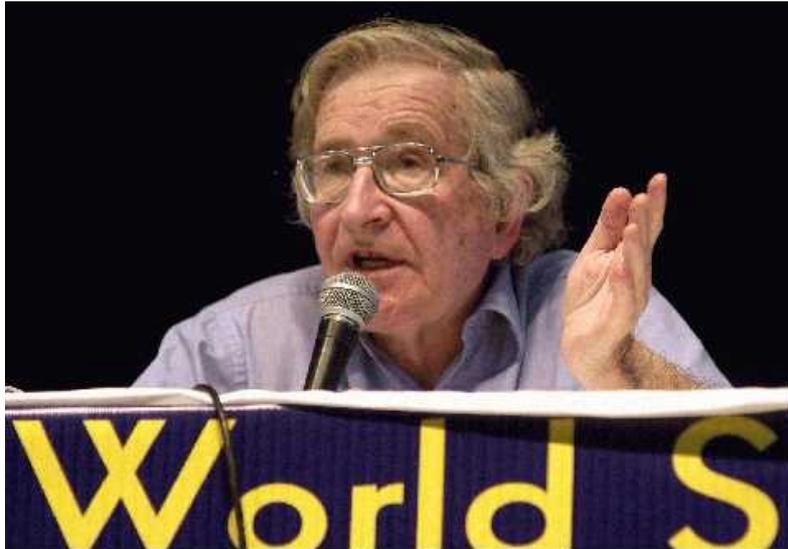
Charles Darwin



The descent of man and selection in relation to sex 1871

Evolution der Sprache

Genetische Prädisposition



Noam Chomsky
geb. 1928

Weltsozialforum 2003

Grammatikalische
Prinzipien

festgelegt

&

angeboren

1960

Nativisten

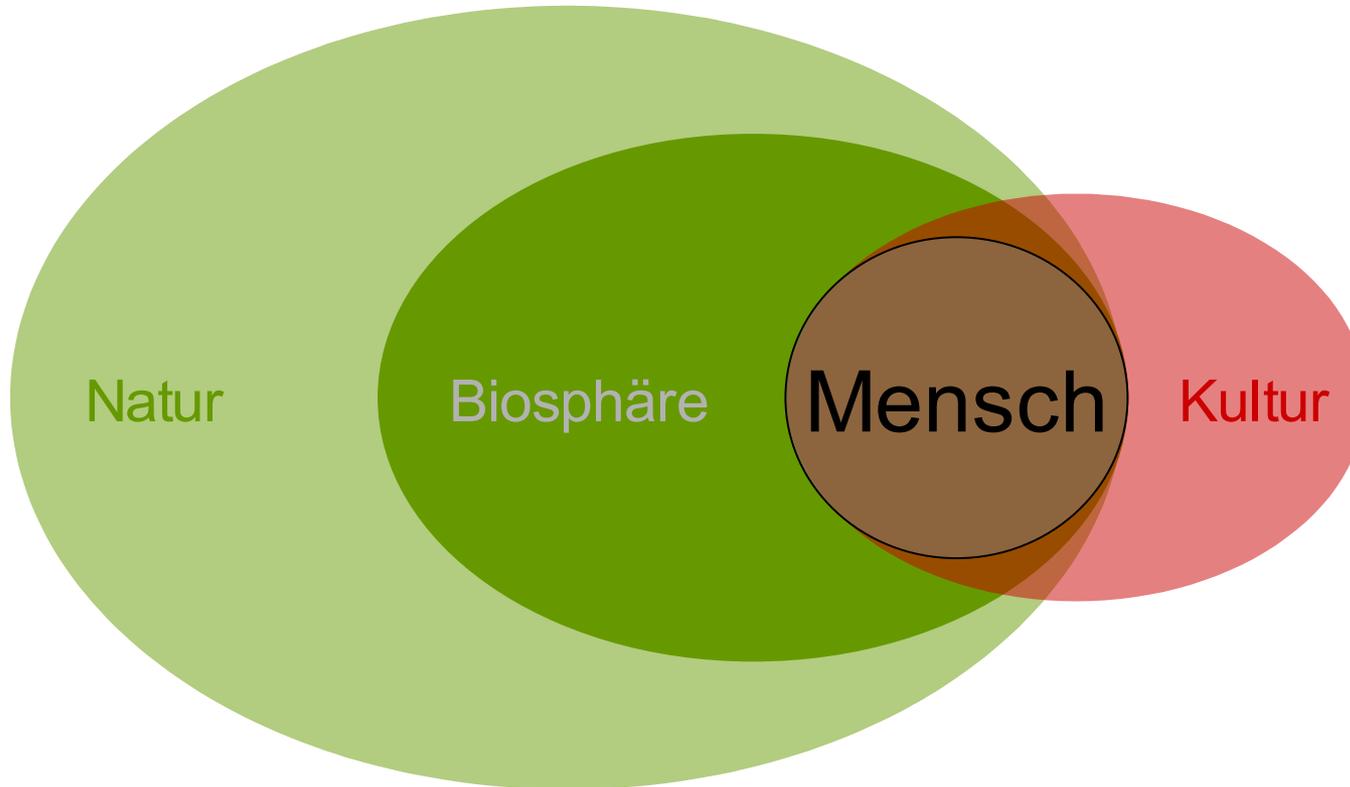
Befürworter einer Universalgrammatik

Konstruktivisten

Grammatik entsteht beim Spracherwerb

Mensch

Bio-psycho-soziale Einheit



Informationsfluss

Definitionen

biologisch Vererbung

stofflich in Teilen der Organismen fixiert,
die als **Erbgut** an die Nachkommen
weitergegeben werden

genetisch & epigenetisch

kulturell Tradierung

stofflich nicht oder außerhalb der Organismen fixiert,
die durch **soziale Interaktion** an die Nachkommen
weitergegeben werden

Kulturelle Traditionen

nicht human-spezifisch

Mensch

Medien-vermittelt

Schimpanse

Wal

Vogel

Fisch

soziale Weitergabe
39 kultureller Traditionen
Nüsse knacken
Termiten fangen
Körperpflege

...

Evolution der Sprache

Definition

Sprache

Mittel der Kommunikation unter Verwendung von **Symbolen** und **Regeln** zu ihrer **Verknüpfung**.

Syntax

Regeln der **Abfolge** von Symbolen.

Grammatik

Regeln der **Beziehungen** zwischen den Symbolen.

Sprache

Human-spezifisches Merkmal ?

Komplexe Sprache ist human-spezifisch

Sprachfähigkeit ist ein robustes Merkmal

stabiles Niveau von Kommunikation auch bei niedriger
Intelligenz und Fehlen weiterer Fähigkeiten

Unter **Laborbedingungen** sind **Schimpansen** in der Lage,
quasi-linguistische Fähigkeiten zu entwickeln

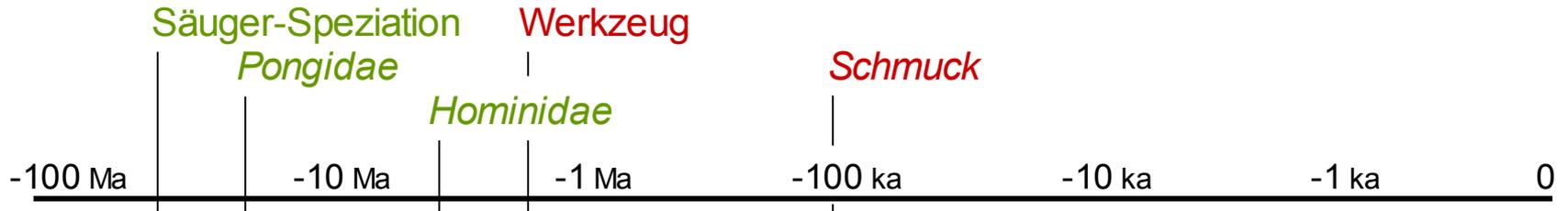
Symbolreihung, keine Grammatik

Sprach-Kompetenz eines 2-jährigen Menschen

lange evolutionäre Geschichte & stabile genetische Fixierung

Evolution der Sprache

Zeitachse



biologische Evolution & Dynamik



prähumane Kommunikation

Kulturelle Evolution & Dynamik



prähistorische Sprachen

Ethnologie

historische Sprachen

Tier-Kommunikation
Verhaltensforschung

Fossilien & Artefakte
Archäologie & Anthropologie

Linguistik
Psycho~
Sozio~

Psychologie & Neurologie
vergleichende ~
Entwicklungs~

vergleichende molekulare Genetik

Evolution der Sprache

Szenarien

- Prädisposition / Präadaptation
- Flaschenhals-Situationen & Evolutionsschübe
- Sexuelle Selektion
- Universales symbolisches Medium von Kultur

Prädisposition / Präadaptation

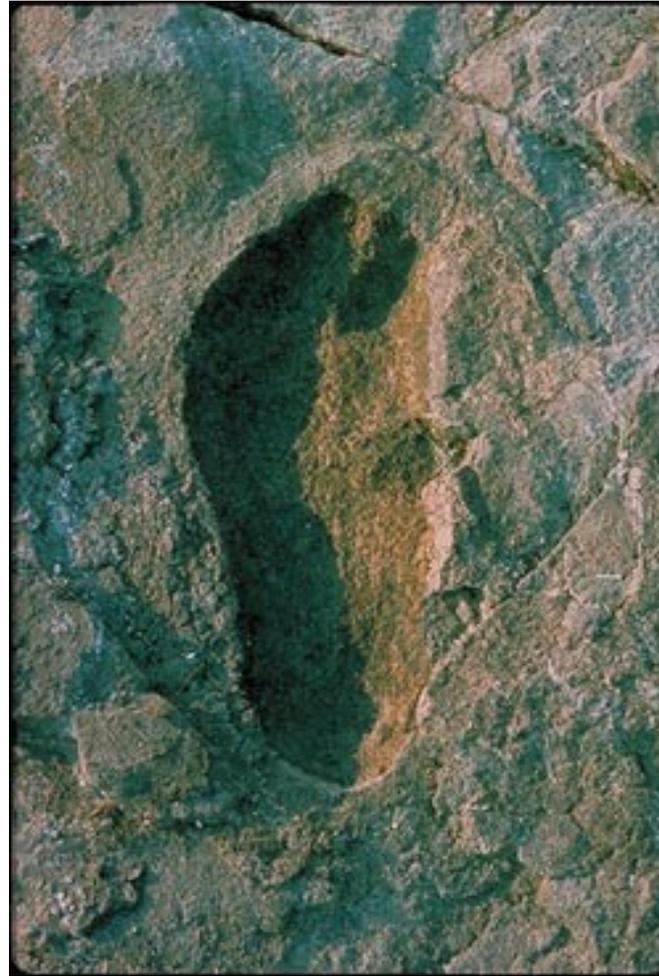
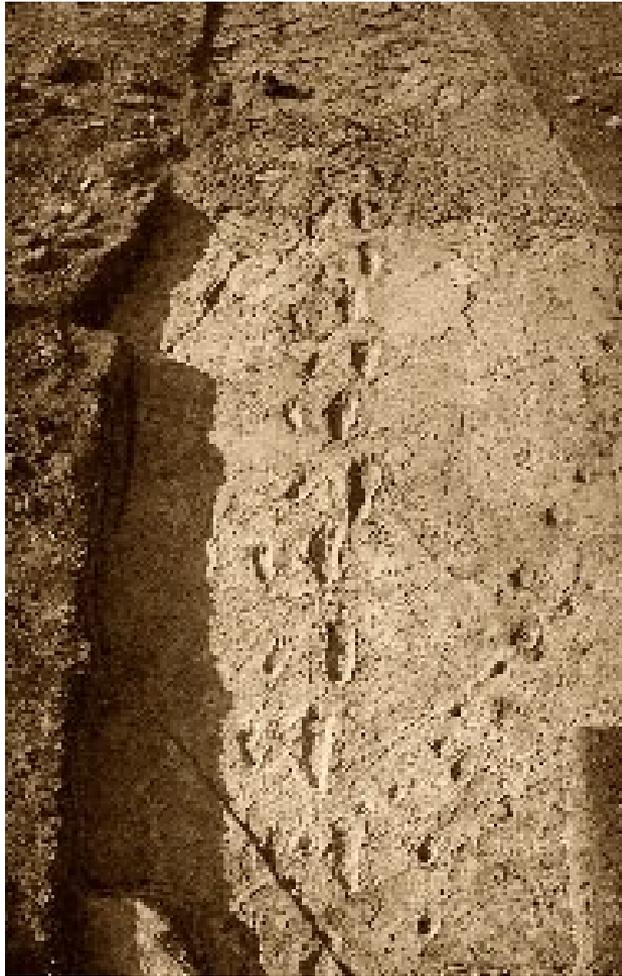
Definition

Evolutionsszenarium, bei dem sich Phänotypen,
die unter **anderen** Umständen variiert & selektiert worden waren,
später in einem neuem Kontext als vorteilhaft erweisen.

Resistenzen gegen Pestizide oder Antibiotika

Prädisposition / Präadaptation

aufrechter Gang



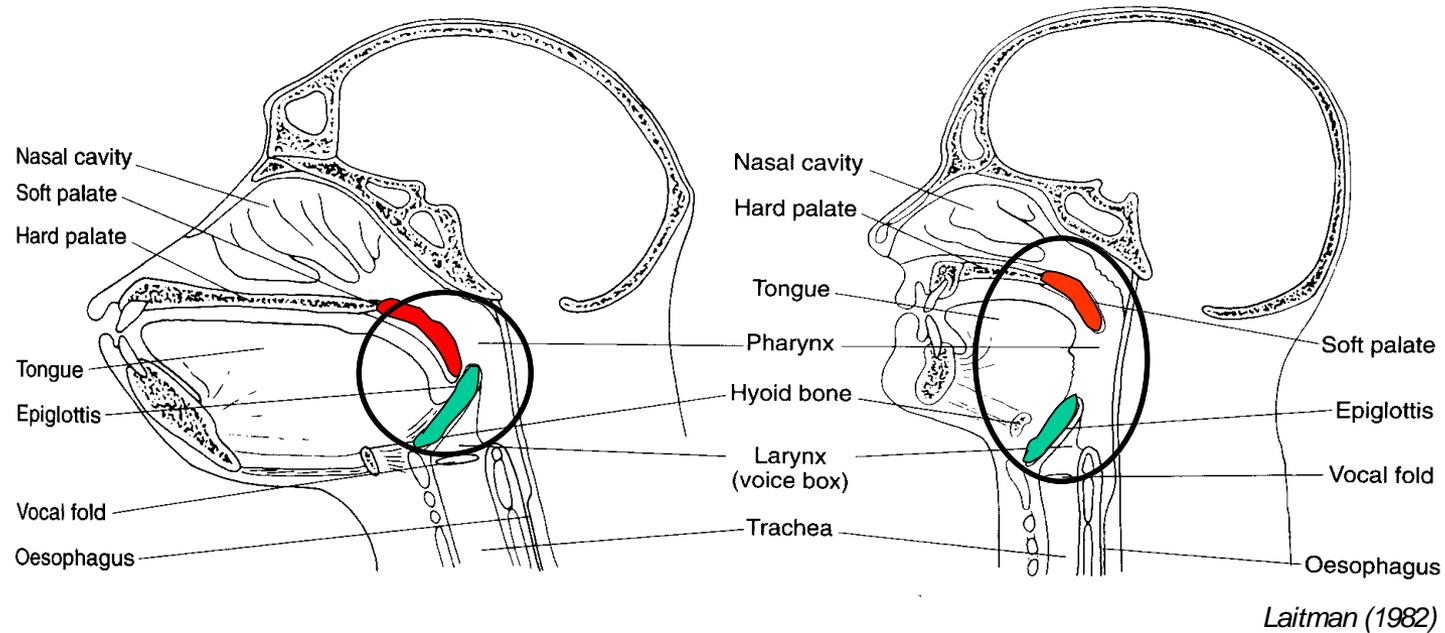
-3,5 Ma



Laetoli Tansania

Prädisposition / Präadaptation

Mundhöhle, Pharynx, Larynx



Schimpanse

Mensch

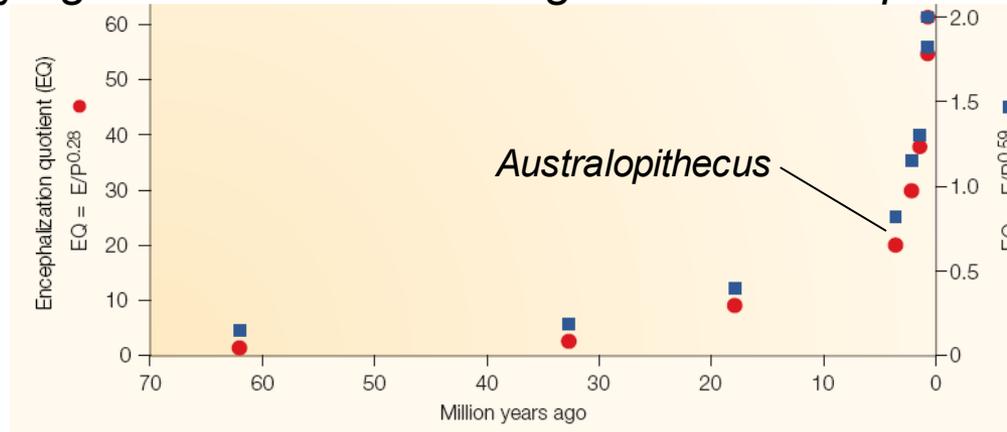
anatomische Prädisposition für artikulierte Sprache -400...300 ka

Protosprache des Neandertalers:
weniger Vokale, nälend, unmelodisch

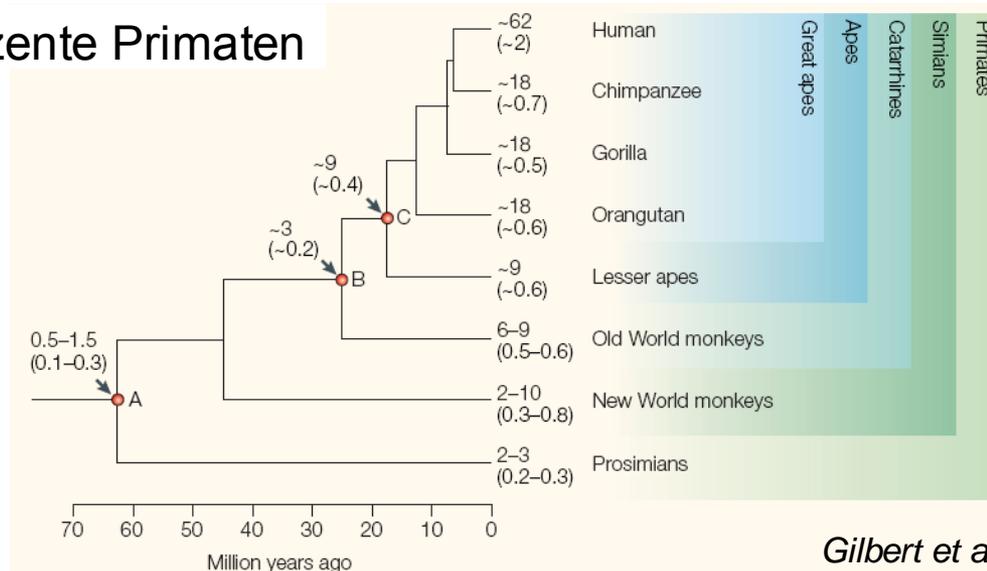
Prädisposition / Präadaptation

Vergrößerung des Gehirns

- genereller Selektionsvorteil für Säuger
- phylogenetische Entwicklungslinie zu *H. sapiens*

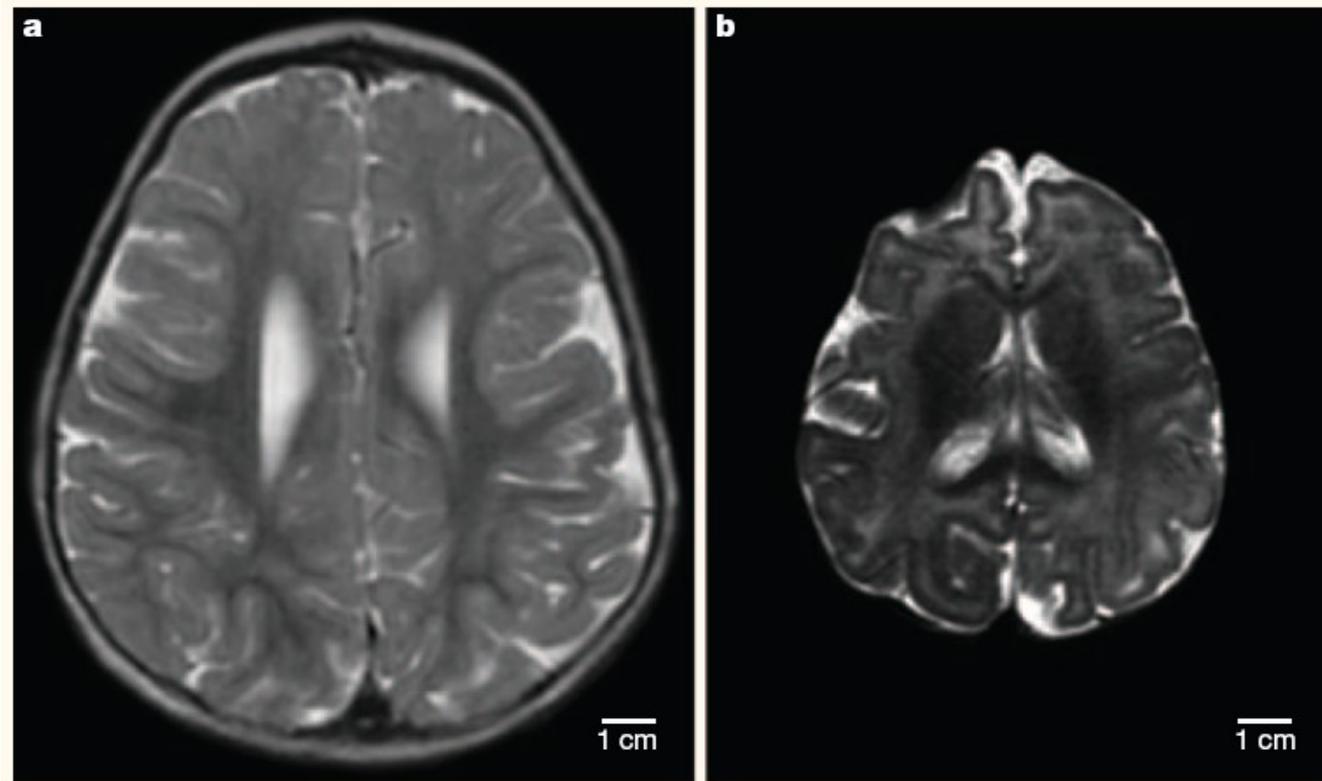


- rezente Primaten



Genetik der Hirnentwicklung

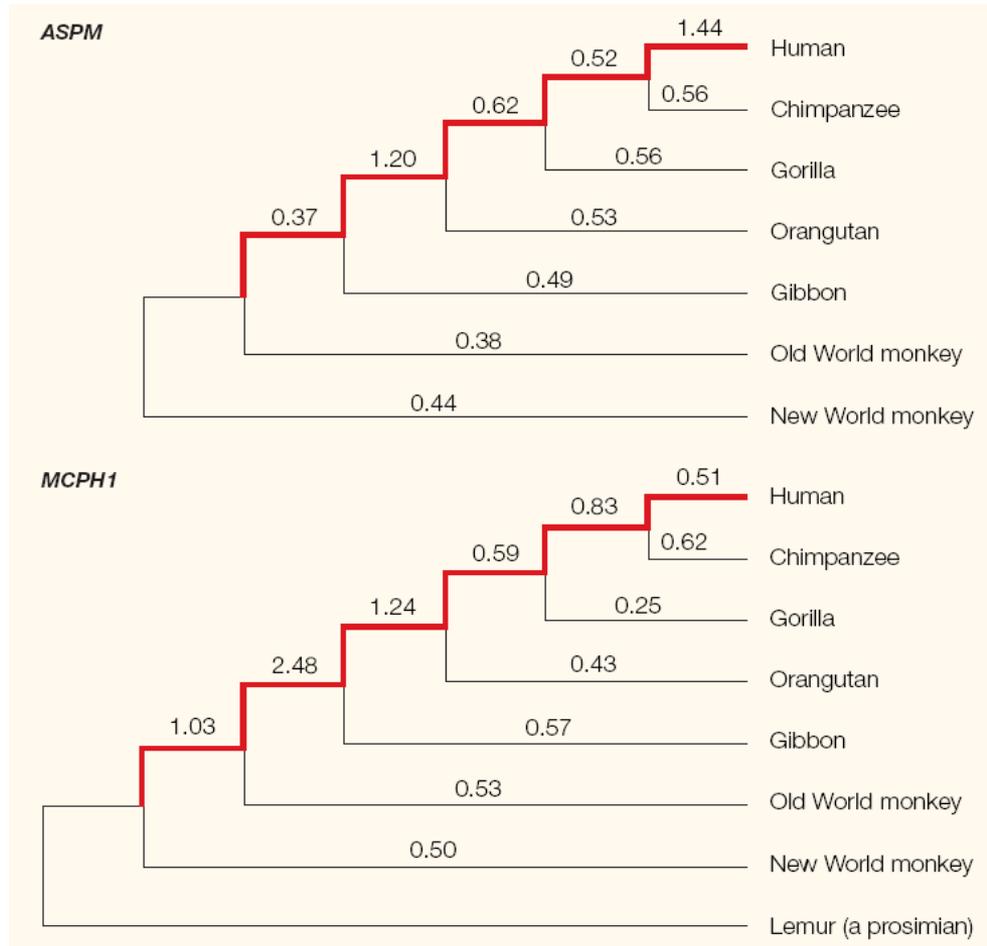
Mikrocephalie-assoziierte Gene



MRT-Aufnahmen der Schädel von 8-Monate-alten Säuglingen
a normal **b** primäre Microcephalie

Genetik der Hirnentwicklung

Mikrocephalie-assoziierte Gene



$$K_a/K_s$$

K_a : AA-austauschend

K_s : synonym

$K_a/K_s > 1$ Hinweis auf positive Selektion

Prädisposition / Präadaptation

motorisch & sensorisch

motorische Programme/Strukturen Kauen, Atmen

>>> Bildung der Sprachzentren

benachbarte Hirnregionen

Fissura Rolandi Steuerung von Zunge, Lippen, Gesichtsmuskeln

Broca-Zentrum Hauptsitz linguistischer motorischer Steuerung

komplexes stato-akustisches Organ 3D-Orientierung, Jagd, Feinde

>>> Wahrnehmung von artikulierter Sprache

Gedächtnis & Planung Jagd, Werkzeugherstellung, Feuer

>>> Wortschatz & syntaktische Planung

Mögliche Beschleuniger der Evolution

Definitionen

genetischer Flaschenhals „bottleneck“

Verarmung des Genpools durch **Reduktion** einer Population bzw. **Isolation** einer Subpopulation, welche zur **schnellen** Verbreitung bestimmter Merkmale führen kann.

Gendrift „genetic drift“

Zufallsbedingte Verringerung des Genpools, die in **kleineren** Populationen wirksamer ist als in großen.

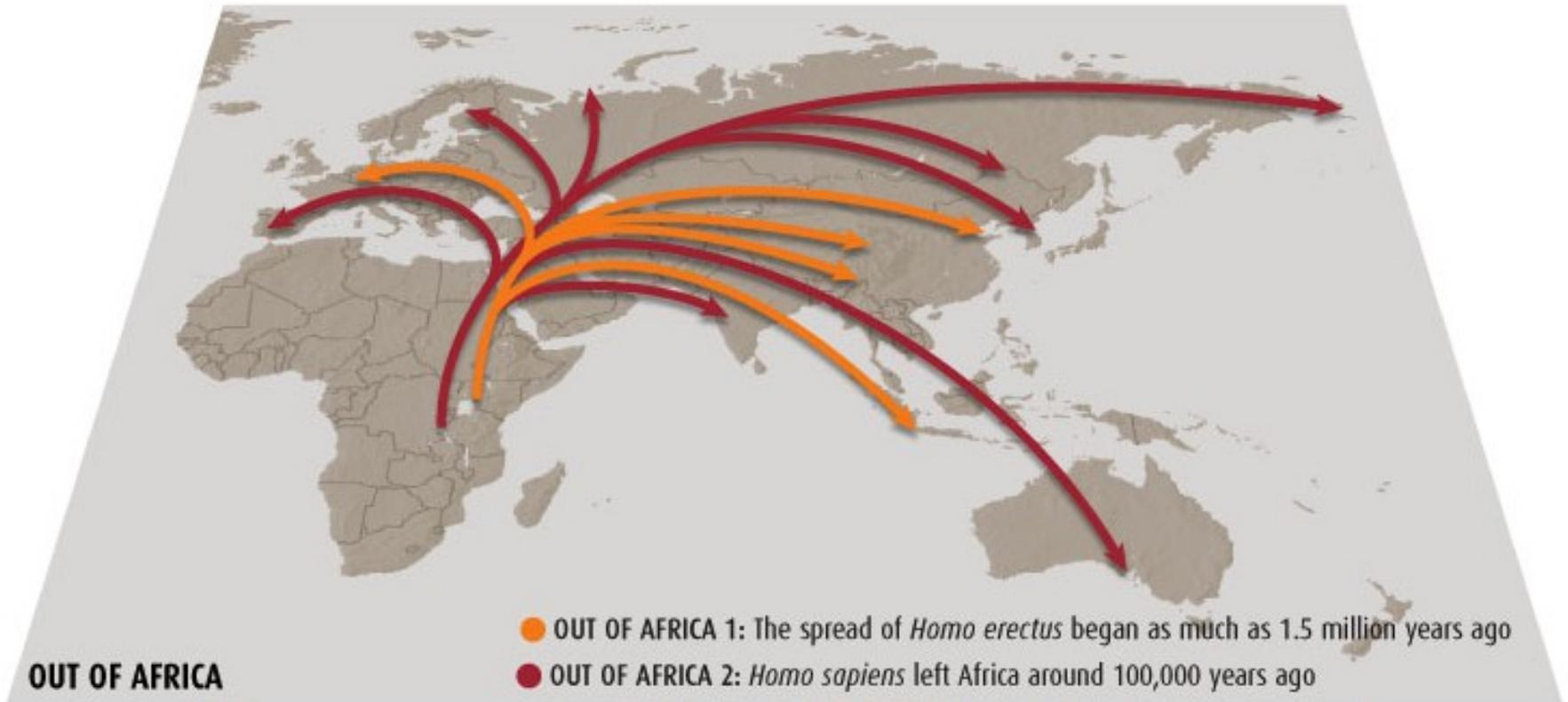
Evolutionsschub „selective sweep“

Reduktion genetischer Vielfalt durch **positive Selektion**.

oft Kombination diverser Szenarien

Beschleuniger der Sprach-Evolution

Flaschenhalse & Schübe



Expansion - physische Isolierung

Klimawandel - drastische Änderung der Selektionsbedingungen

Super-Eruption des Vulkans Toba (Sumatra) vor 71 ka, -15°C

Sexuelle Selektion

Definitionen

Evolution eines Merkmals als Konsequenz aus der **Konkurrenz innerhalb eines Geschlechts** um die Möglichkeit, sich mit dem anderen Geschlecht **fortpflanzen** zu können.

galoppierende Evolution „run-away evolution“

selbst-begünstigende Konstellation von sexueller **Selektion** und **Merkmal**, die schnell zur maximalen Ausprägung des Merkmals führt und andere Varianten verdrängt, solange nicht die allgemeine Fitness spürbar leidet.

Pfauenschwanz

Sexuelle Selektion

Sprache & soziale Kompetenz

Bedeutung von Sprache bei der Partnerwahl

- stabile Partnerbindung ~ langwierigere Kinderpflege
- komplexe Familienstruktur ~ parallel Kinder unterschiedlichen Alters
- Aufrechterhaltung von sozialen Strukturen in großen Gruppen

>>> beschleunigte Evolution der Sprache - „run-away“

Koselektion / Koevolution

von kommunikativer Kompetenz & sozialer Kompetenz

>>> Tendenz zur Kopplung & Ausprägung bei Frauen

Sprache als universelles symbolisches Medium

kulturelle Dynamik

-50 ka

Mensch gestaltet sein ökologisches Umfeld selbst

relative Unabhängigkeit von natürlicher Selektion

Sprache als universeller Mediator der Entwicklung

Technik & Technologie

Kunst

Rituale

Religion

>>> beschleunigte Evolution von Sprache im kulturellen Kontext

Sprachwissenschaften, Geschichtsforschung, Soziologie

Entstehung der Sprache

Zeitpunkt

Herstellung & Gebrauch komplexer Werkzeuge
hohe Anforderungen an Kommunikation

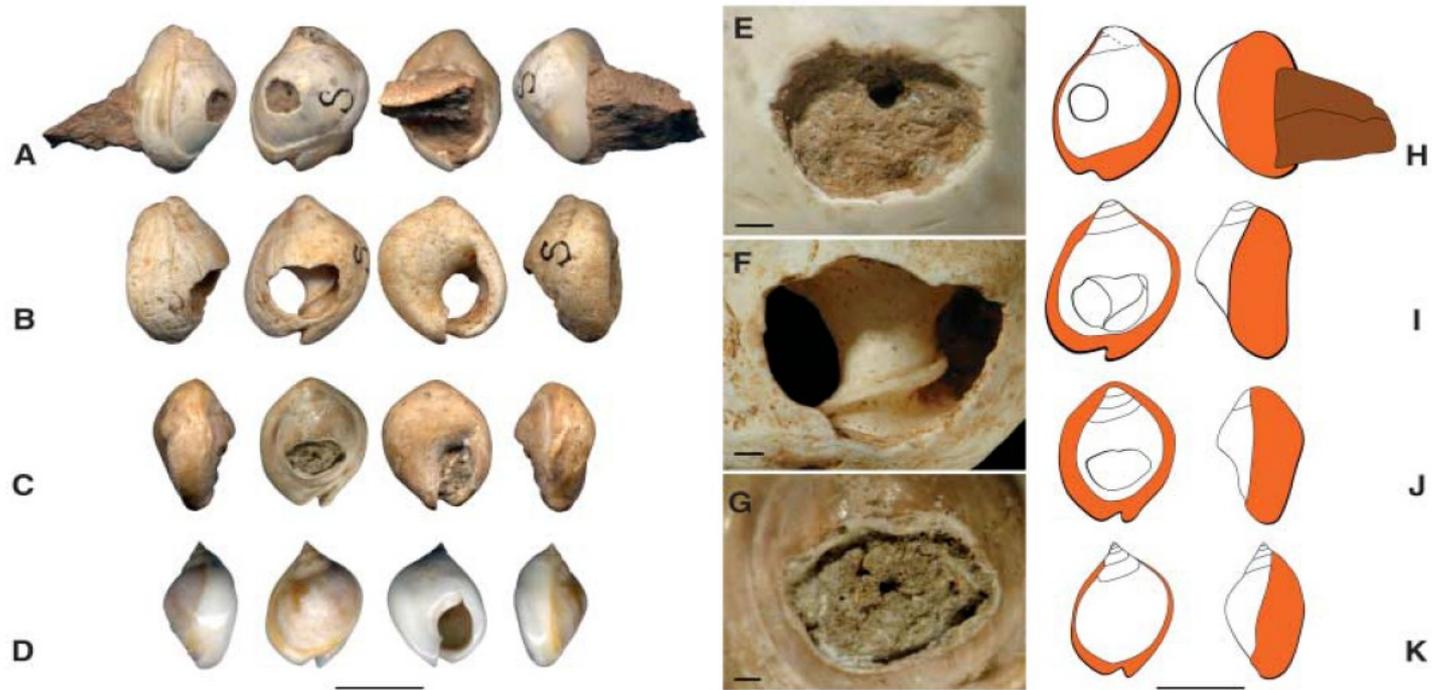
Stagnation der Werkzeugentwicklung über 2,5 Ma

————— Entstehung der Sprache —————

Ausbruch kultureller Aktivitäten vor 100 ka
Werkzeug-Innovationen

Entstehung der Sprache

Zeitpunkt



100-135 ka - älteste Hinweise auf Schmuck gemeinsam mit
Fossilien anatomisch-moderner Menschen, Israel & Algerien
bisher 40 ka, westliches Eurasien

Entstehung der Sprache in Afrika << -100 ka & vor Expansion von *Hs*

Genetik der Sprache

Zwillingsstudien



eineiige Zwillinge EZ
gemeinsam aufwachsend
~100% Umwelt
~100% DNA

zweieiige Zwillinge ZZ
gemeinsam aufwachsend
~100% Umwelt
~50% DNA

Konkordanz-Analysen

Zwillingsstudien

Sprachstörungen

Störung	Konkordanz		Genetische Faktoren	gemeinsame Umwelt	abweichende Umwelt
	EZ	ZZ	(EZ-G + ZZ)x2	EZ-G	100-EZ
Schreiben	75%	43%	64%	11%	25%
Lesen	84%	50%	68%	16%	16%

Hinweise auf genetische Prädisposition

Zwillingsstudien

Sprachfähigkeiten

	genetische Faktoren
Syntax	60%
Artikulation	41%
Vokabular	18%

Hinweise auf unterschiedliche evolutionäre Szenarien

Zwillingsstudien

Sprachfähigkeiten

Korrelation

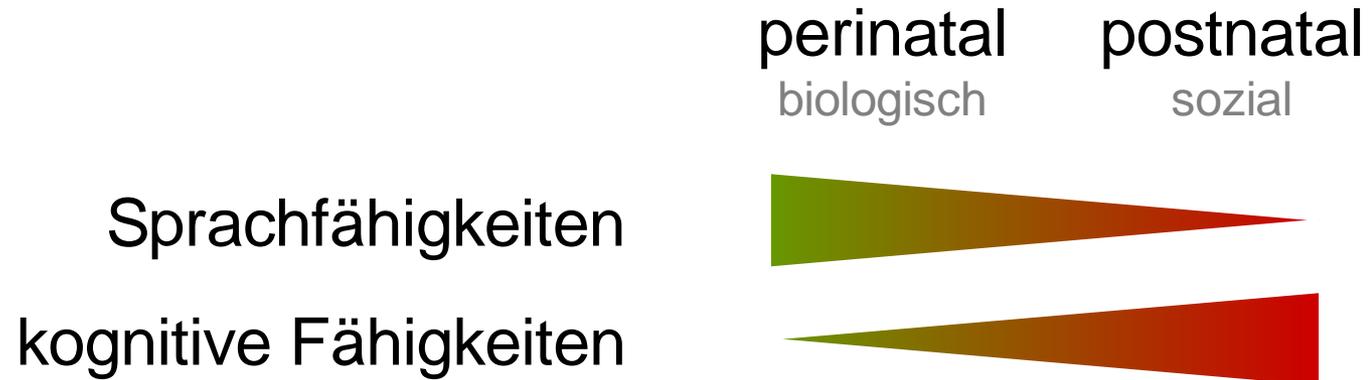
genetischer Faktoren für **Sprachfähigkeiten** mit denen für:

- orale Motorik
- Feinmotorik
- soziale Kompetenz

Hinweise auf Präadaptation und/oder Koevolution

Zwillingsstudien

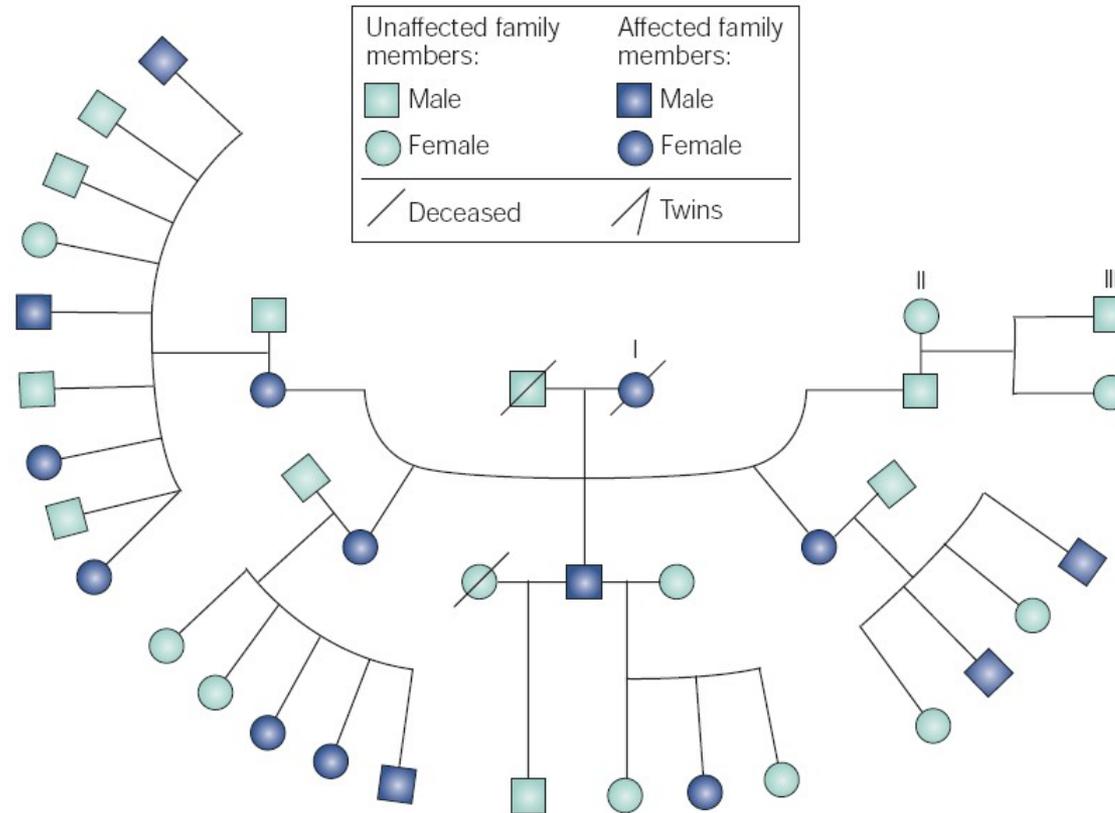
Rolle gleicher Bedingungen



unterstützen nativistische Theorien des Spracherwerbs

Genetik der Sprache

Einzelgendefekt

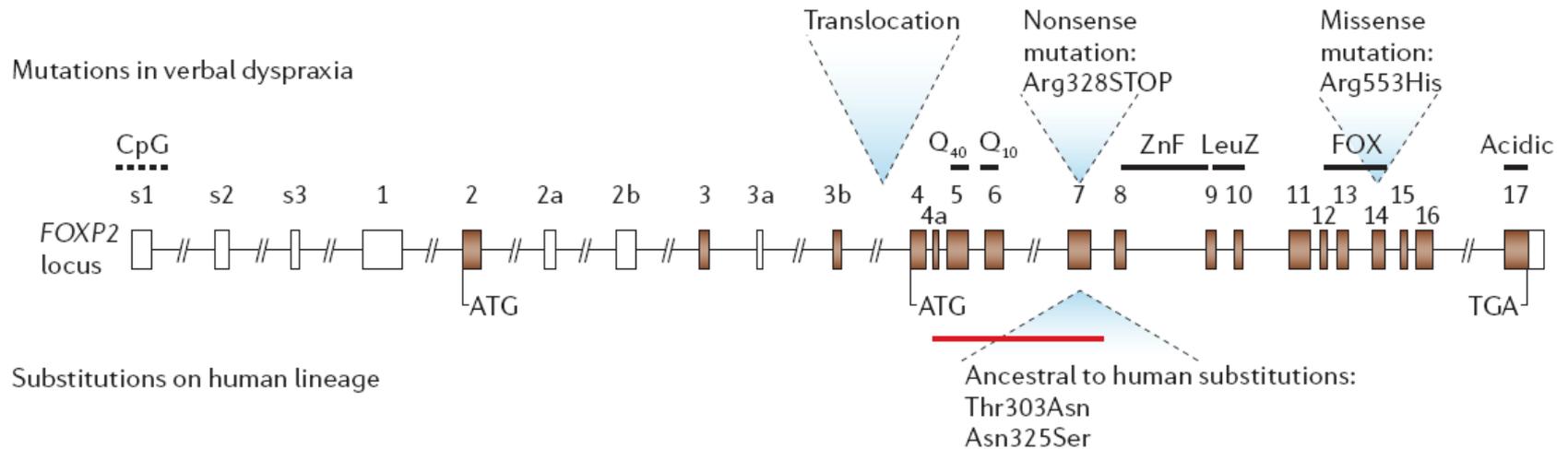


KE-Familie mit autosomal dominanter Sprech- & Sprachstörung

Artikulationsprobleme – Abnormalitäten Gesichtsmuskulatur
Sprachbeeinträchtigung – Formulieren, Verstehen, Grammatik

FOXP2

Transkriptionsfaktor mit „Forkhead“-Bindungsdomäne

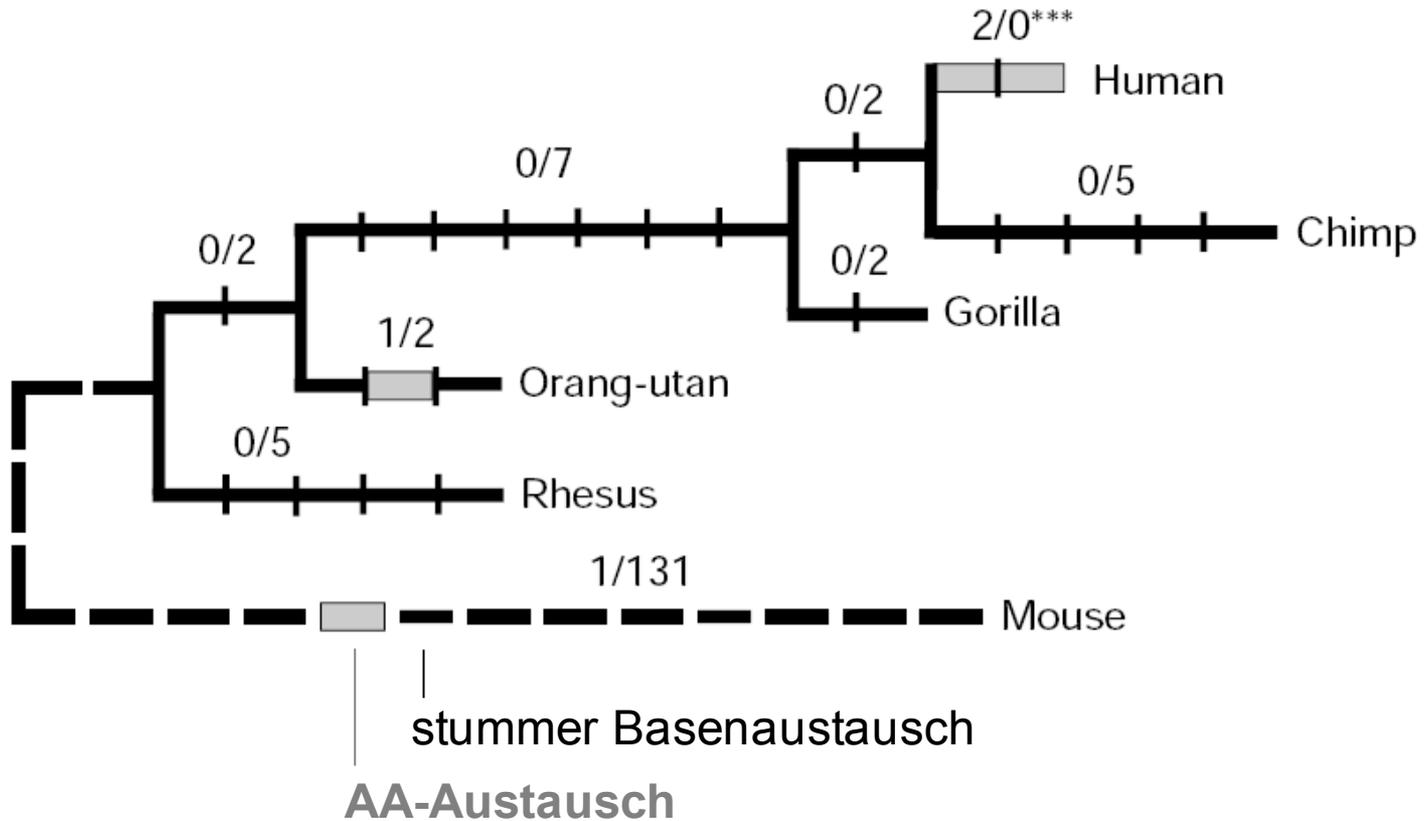


stark konserviert
Reptilien bis Mensch

Hinweise auf Präadaptation

FOXP2

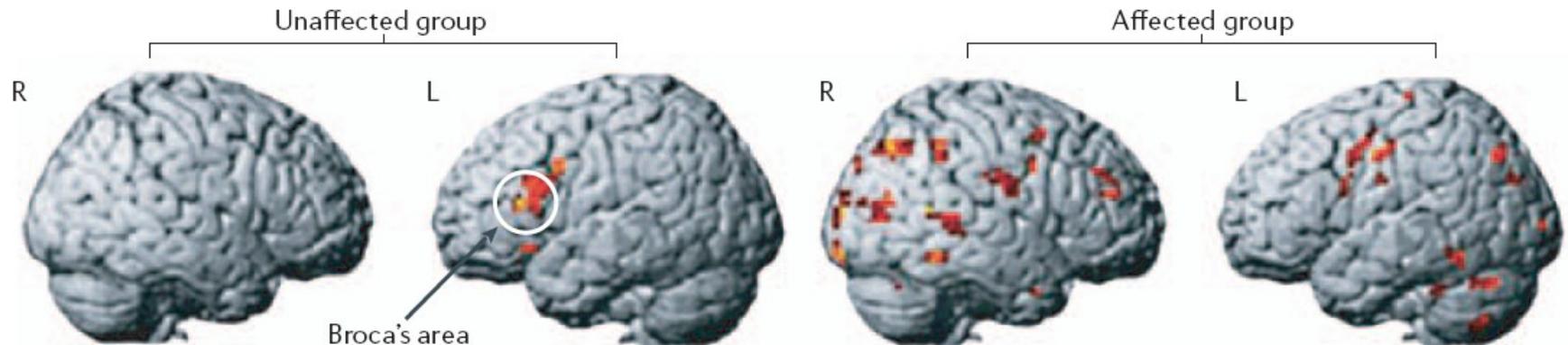
Primaten-Evolution



Hinweise auf „selective sweep“ in den letzten 200 ka

FOXP2

Funktionsanalysen



Neuronale Aktivität bei Sprachtests

Vögel: in der Phase der Gesangsplastizität hoch exprimiert

Maus: neugeborene „knock-out“ pfeifen weniger nach der Mutter
Schallbereich: homozygote k/o; Ultraschall: homo- & heterozygot

Sprachfähigkeit basiert auf komplexen Neurostrukturen & Präadaptation

Vergleichende Linguistik

neu entstehende Lautsprachen

1980iger – Bickerton

Suche elementarer Sprachregeln in sich neu entwickelnden Sprachen

Pidgin einfache Sprache, die beim Aufeinandertreffen von zwei Gruppen entsteht, die sich primär nicht verständigen können

Kreol komplexe Sprache, die sich entwickelt, wenn Kinder/Generationen im Pidgin-Milieu aufwachsen

Hypothese

höhere grammatikalische Komplexität von Kreol spiegelt angeborene Sprachfähigkeiten wider

Kritik

Kreol-Grammatik spiegelt Strukturelemente der Ausgangssprachen wider

Gibt es isoliertere Formen von Sprachentwicklung ?

Vergleichende Linguistik

junge Zeichensprachen

Al-Sayyid Beduinen

Negev-Wüste (Israel)

seit ~70 Jahren

fixierte Wortordnung **SOV**

anders als umgebenden Lautsprachen

Hebräisch, Israelisch **SVO**

Arabisch **VSO**

Gehörlosen-Schule

Nikaragua

seit ~30 Jahren

anfangs fixierte Wortordnung

schon nach 10 Jahre Aufweichung

durch Einführung von

Flexionen

Prinzip von häuslichen Zeichensprachen: **OV**

psychologische Tests mit Engländern **SVO**

logische Bild-Beziehung meist **SOV**

(S)OV = generelles Sprach- oder Kognitionsprinzip ?

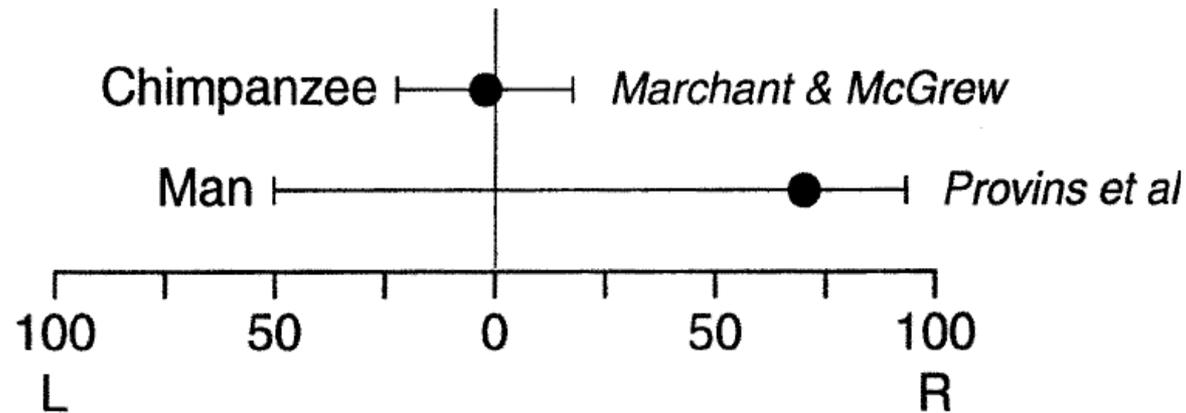
~80 Individuen pro Generation

~30 Individuen pro Jahrgang

Komplexität einer Sprache ~ Zahl der Menschen, die sie erlernen

Vergleichende Neuropsychologie

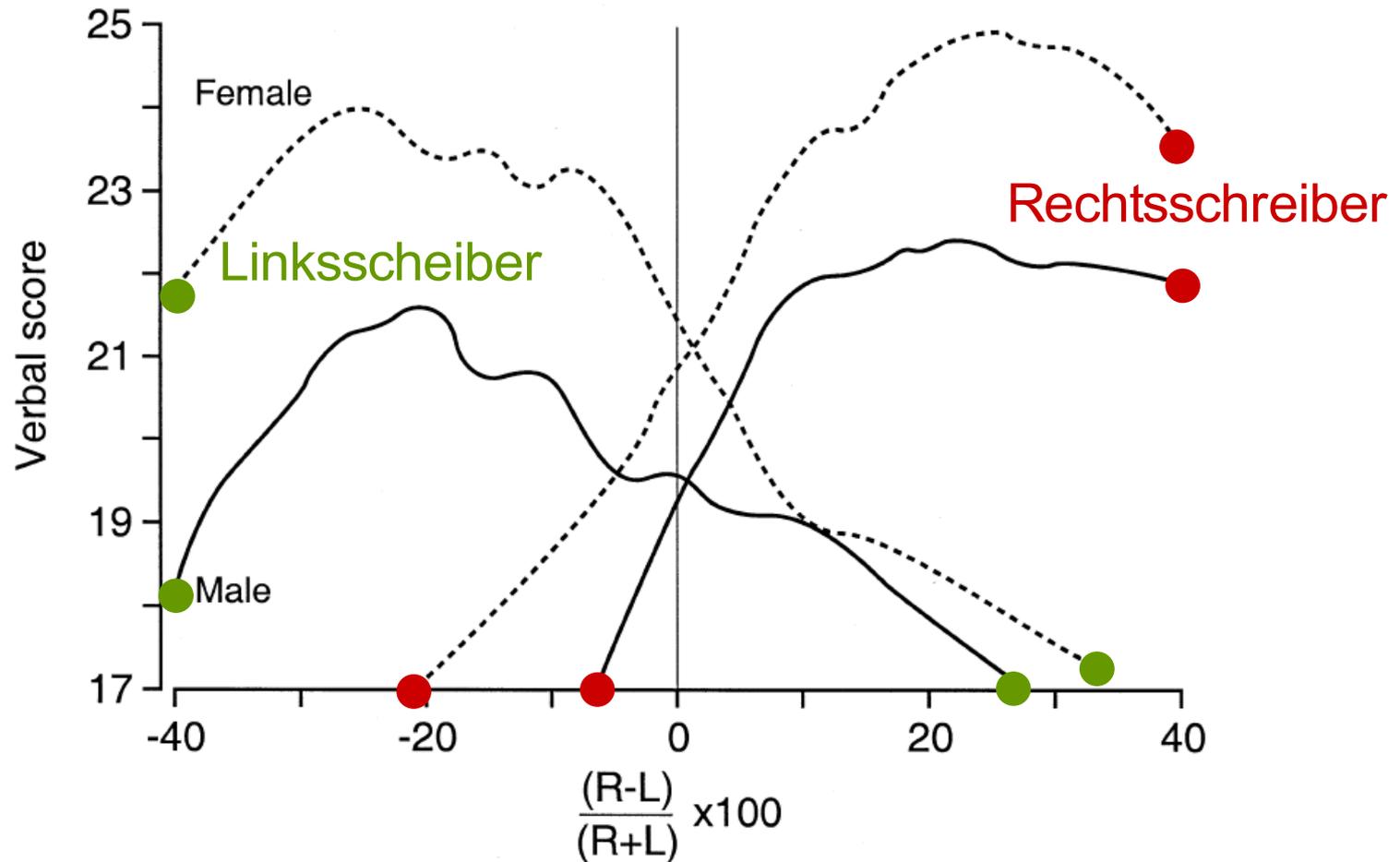
Händigkeit



	Number of	
	individuals	activities
Chimpanzee	38	46
Man	1960	75

Lateralisierung

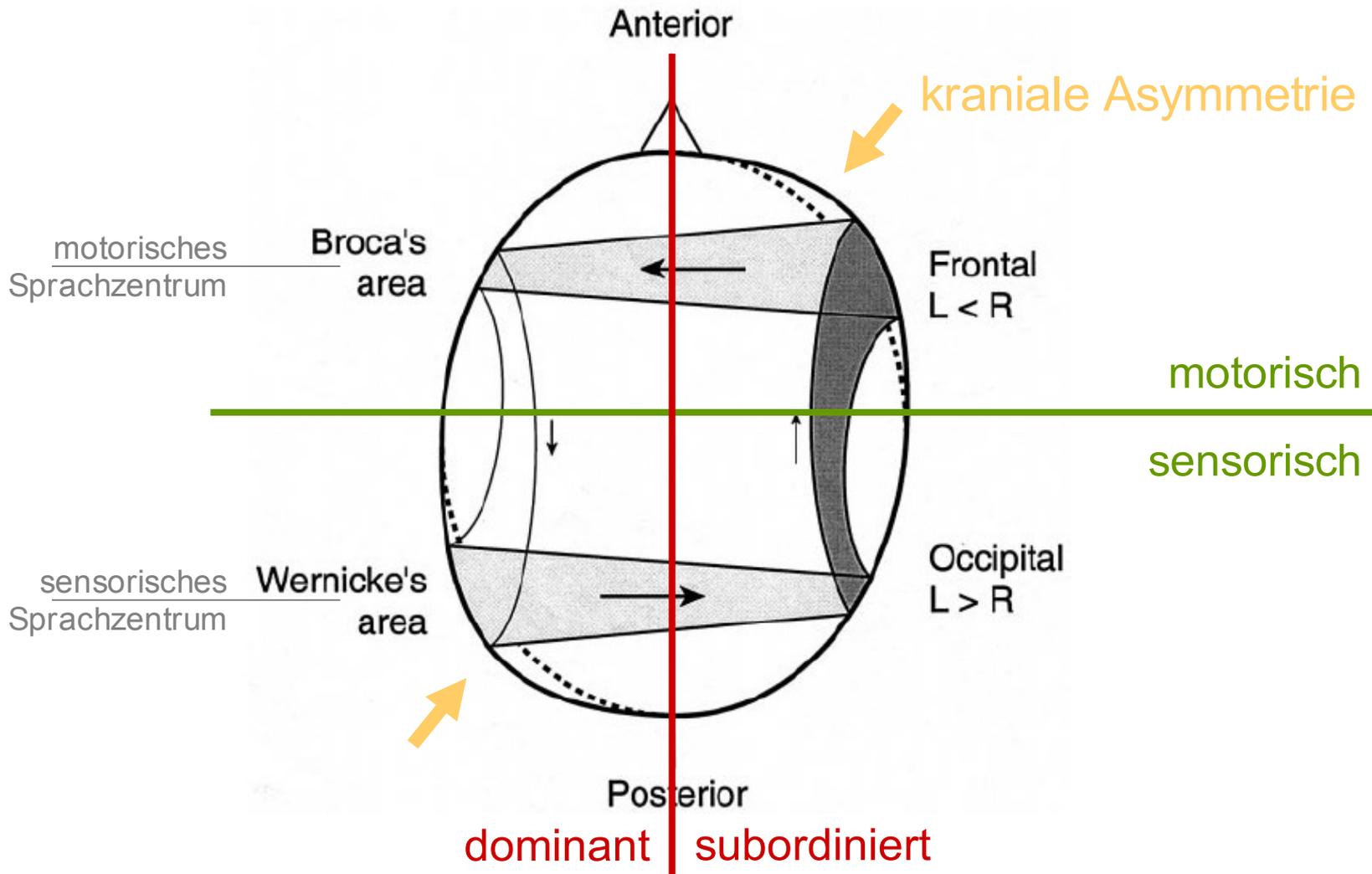
Manuelle & verbale Fähigkeiten



Hinweise auf Präadaptation und/oder Koevolution

Asymmetrien des menschlichen Gehirns

anterior/posterior & links/rechts



Evolution der Sprache

Mensch vs. Schimpanse



~**1,06%** Unterschied durch fixierte Einzelbasen-Austausche

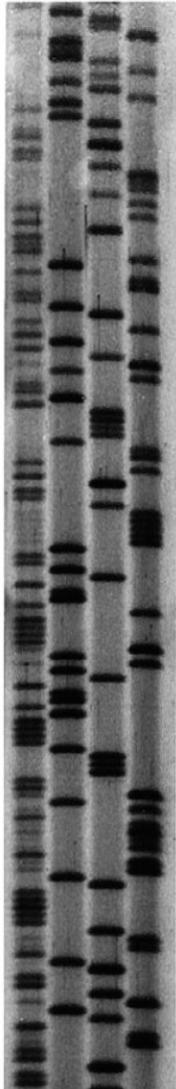
~**99%** identisches Gen-Repertoire

~**29%** Proteine identisch; im Mittel **2 AA**-Austausche/Protein

Evolution der Sprache

Zusammenfassung

- Human-spezifisch ist die Fähigkeit, eine komplexe Sprache auszuprägen.
- Sprachvermögen hat starke genetische Komponenten.
- Schimpansen verfügen über eine proto-linguistische Potenz.
- Sprache entwickelte sich vor dem Hintergrund von >5 Ma Präadaptation.
- Protosprachen bei Hominiden parallel zum Werkzeuggebrauch über den Zeitraum von 2-3 Ma sind wahrscheinlich.
- Sprache koevolvierte mit physischen, kognitiven & sozialen Merkmalen.
- Die anatomisch-physiologischen Voraussetzungen für die Herausbildung einer modernen Sprache bestehen >300 ka.
- Die Protosprache unserer modernen Sprachen entwickelte sich wahrscheinlich in Afrika vor >100 ka und damit vor der Expansion des *H. sapiens*.
- Seit ~50 ka hat die kulturelle Dynamik biologische Evolution überflügelt & zu Laut-, Schrift-, Kunst- & Wissenschaftssprachen geführt.
- Beim molekular-genetischen Verständnis von Sprachfähigkeit stehen wir am Anfang - Zugang versprechen Sprach- & Kognitionsstörungen.



A C G T

<http://genome.fli-leibniz.de/>

>Lectures

>Selected Topics

weiterführende Literatur:

Wildgen **The Evolution of Human Language – scenarios, principles, and cultural dynamics**. John Benjamins Pub Co. ISBN 90 272 5193 2 (2004)

Johansson **Origins of Language – constraints on hypotheses**. John Benjamins Pub Co. ISBN 90 272 3893 6 (2005)

Fisher & Marcus **The eloquent ape: genes, brains and the evolution of language**. Nat Rev Genet 7:9 (2006)