

Zoologisches Institut und Zoologisches Museum  
der Universität Hamburg, Hamburg, BRD

## Morphologische und histologische Untersuchungen am Neokortex einiger Perissodactyla

KNUT HAARMANN

### Einleitung

Nach Untersuchungen des Neokortex afrikanischer *Bovidae* [u.a. HAARMANN und OBOUSSIER, 1972; OBOUSSIER, 1971, 1972] werden nun die Arbeitsergebnisse für die Hirne einiger Vertreter der Ordnung Perissodactyla vorgelegt. Es soll geklärt werden, ob die habituell so verschiedenen *Rhinocerotidae*, *Tapiridae* und *Equidae* unterschiedliche Merkmale in der Gestalt und Struktur des Neokortex erkennen lassen.

### Material und Methode

Es standen nur 7 Hirne von 6 Arten zur Verfügung (Tab. I). So können die Untersuchungsergebnisse lediglich als Hinweise, nicht aber als gesicherte Tatsachen angesehen werden. Leider liegen oft nur die geschätzten Körpermassen vor, und zweimal war nur noch das Gewicht des in Formalin fixierten Hirns zu ermitteln. Da vier Hirne von Zootieren stammen, sind bei diesen Degenerationserscheinungen nicht auszuschliessen. Alle Hirne sind in Formalin (10 %) konserviert. Durch die teils jahrelange Lagerung mögen Veränderungen eingetreten sein (u.a. Veränderungen des Gewichts, Auslaugung von RNS aus den Nervenzellen).

Für die makroskopischen Untersuchungen ist die Arbeitsmethode von HAARMANN und OBOUSSIER [1972] und für den mikroskopischen Teil von HAARMANN [1972] beschrieben worden. Sie basiert einerseits auf Mitteilungen von ELIAS et al. [1969] und RONNEFELD [1970], andererseits auf Arbeiten von HAUG [v.a. 1955, 1959, 1967b].

### Ergebnisse der makroskopischen Untersuchungen

#### a) Furchung

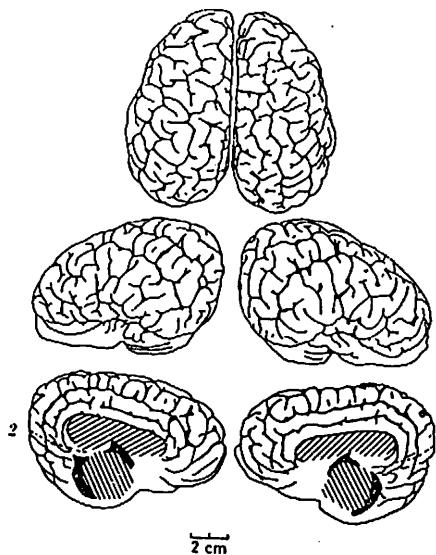
*Tapirus terrestris* (Abb. 1) besitzt das relativ kleinste Grosshirn. Es ist von rundlicher Gestalt, der Furchenverlauf ist klar und übersichtlich. Brückenbildungen kommen nur wenige vor. Die Überein-

1708

**b) Encephalisation**

WINTZ [1950] und KRUSKA [1973] haben sich bereits mit dem Entwicklungsgrad des Hirns der Perissodactyla beschäftigt. WINTZ stellte für die *Tapiridae* einen sehr geringen Totalindex (22,7) fest. Für die *Rhinocerotidae* ermittelte sie einen wenig höheren (24,0) und für die *Equidae* den höchsten (48,4) Wert. KRUSKA wies nach, dass die Hippomorpha um ca.  $1\frac{1}{3}$  schwerere Gehirne als die Ceratomorpha besitzen. Tapire und Nashörner liegen auf gleich niedrigem Zentralisationsniveau.

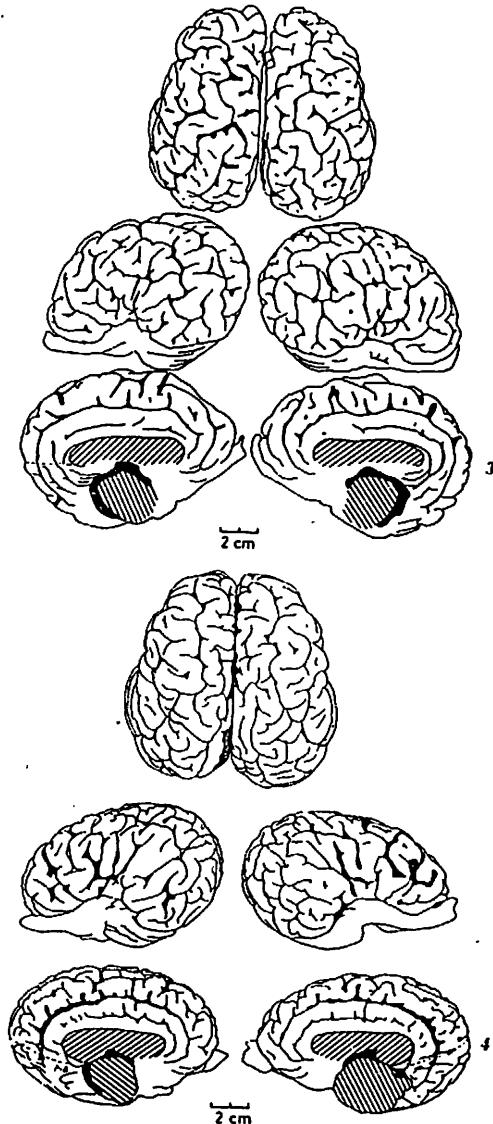
Hier werden davon teils abweichende Ergebnisse mitgeteilt, weil der Ausgangspunkt ein anderer ist: KRUSKA errechnete die Regressionsgeraden für jede der drei Perissodactylens Familien mit dem



*Abb. 2. Diceros bicornis*, Furchung des Grosshirns (Dorsal-, Lateral- und Medialflächen).

*Abb. 3. Rhinoceros unicornis*, Furchung des Grosshirns (Dorsal-, Lateral- und Medialflächen).

*Abb. 4. Ceratotherium simum*, Furchung des Grosshirns (Dorsal-, Lateral- und Medialflächen).



*Abb. 3. Rhinoceros unicornis*, Furchung des Grosshirns (Dorsal-, Lateral- und Medialflächen).

*Abb. 4. Ceratotherium simum*, Furchung des Grosshirns (Dorsal-, Lateral- und Medialflächen).

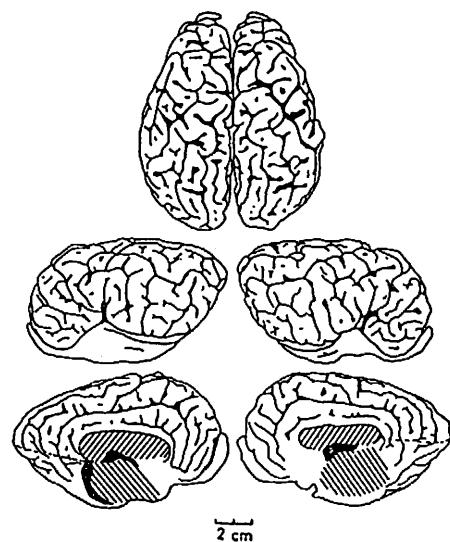


Abb. 5. *Equus hemionus onager*, Furchung des Grosshirns (Dorsal-, Lateral- und Medialflächen).

Regressionskoeffizienten  $a = 0,56$ . Dieser Wert soll immer beim Vergleich  $\leftrightarrow$ körpergrösserer Säugetiere einer Familie gelten, ohne dass allerdings eine Quelle genannt wird. KRUSKA $\ddot{a}$  trifft dann seine oben erwähnten Feststellungen, ohne zu prüfen, ob für die teils sehr grossen Perissodactyla nicht doch ein anderer (niedrigerer?)  $a$ -Wert gelten könnte. Für kleine Säugetiere wie Insectivora etc. sind immerhin höhere  $a$ -Werte zwischen 0,6 und 0,75 bekannt.

Sieht man dagegen die Perissodactyla als Einheit und errechnet für die Angehörigen dieser Ordnung die Regressionsgerade im doppelt logarithmierten Koordinatensystem (Abb. 8), so ergibt sich für die mit KRUSKA $\ddot{a}$  und meinem Material errechneten Speziesmittelwerte ein Regressionskoeffizient von  $a = 0,29$ . Für KRUSKA $\ddot{a}$  Werte allein ist  $a = 0,37$ , und für meine Werte (Tab. I) beträgt  $a = 0,22$ . In jedem Fall liegen die Punkte der *Tapiridae* unter der Regressionsgeraden. Die Tapire sind also gering encephalisiert. Die Punkte der *Equidae* befinden sich oberhalb der Geraden (hohe Encephalisation). Die *Rhinocerotidae* scheinen eine Mittelstellung einzunehmen. Ihre Werte streuen in einem engen Bereich um die Gerade.

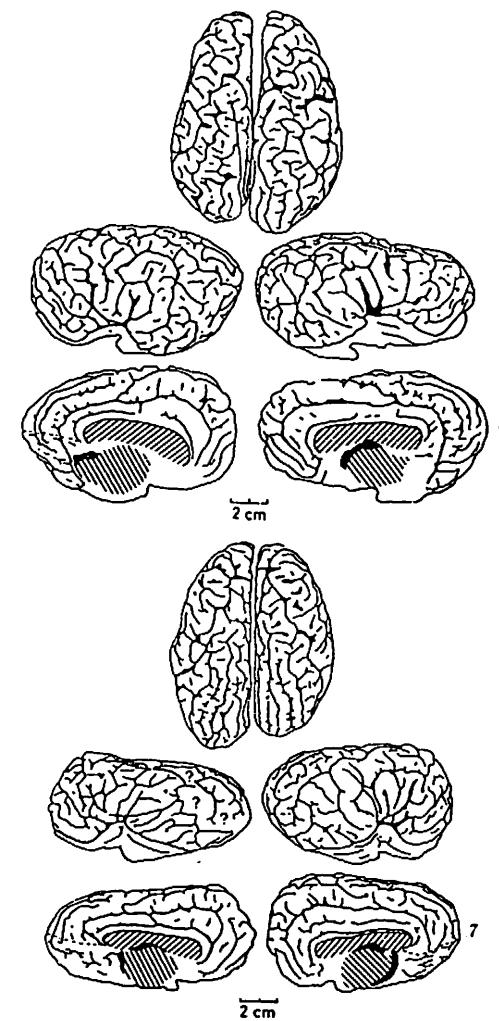


Abb. 6. *Equus quagga böhmi*, Furchung des Grosshirns (Dorsal-, Lateral- und Medialflächen).

Abb. 7. *Equus quagga antiquorum*, Furchung des Grosshirns (Dorsal-, Lateral- und Medialflächen).

Beide Betrachtungsweisen müssen einander nicht widersprechen: Offensichtlich erweisen sich innerhalb der Perissodactyla die *Rhinocerotidae* als mittelmässig enzephalisiert, obwohl sie möglicherweise unter den grossen Mammalia zu den gering enzephalisierten Formen gerechnet werden müssen.

### c) Neokortikalisation

KRUSKA [1973] weist darauf hin, dass bisher noch keine Vorstellungen über die Neokortexgrössen der Perissodactyla bestehen. Er äussert nach einem morphologischen Vergleich der Hirne einige Vermutungen und erwartet trotz gleicher Zerebralisationshöhe innerhalb der Ceratomorpha bei den *Tapiridae* eine geringere Neokortikalisation als bei den *Rhinocerotidae*. Für die *Equidae* seien die höchsten Neokortikalisationswerte wahrscheinlich.

Die hier in Tab. II niedergelegten Oberflächengrössen bestätigen diese Ausführungen. *Tapirus terrestris* besitzt einen nur gering ent-

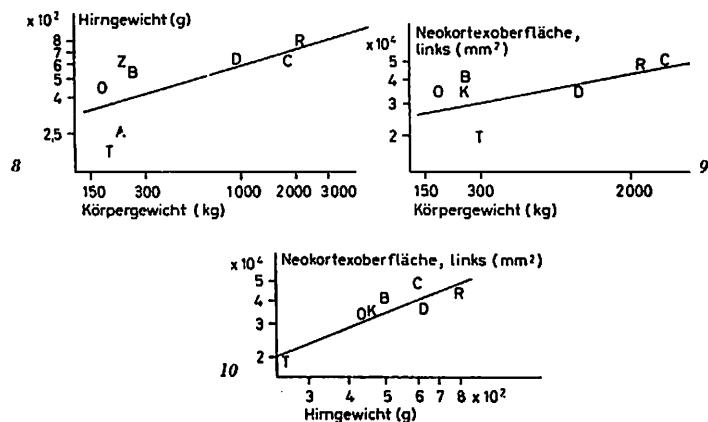


Abb. 8. Enzephalisation. Speziesmittelwerte errechnet mit den Einzelwerten aus Tab. I und von KRUSKA [1973].

Geradengleichung:  $\log y = 1,89 + 0,29 \log x$  ( $r = 0,67$ ; zw < 0,75 bei  $P = 5\%$ ).

Symbole s. Tab. I, aber B = *Equus quagga*; Z = *Equus zebra*; A = *Acrocodia indicus*.

Abb. 9. Neokortikalisation (A). Werte aus Tab. I und II.

Geradengleichung:  $\log y = 4,03 + 0,18 \log x$  ( $r = 0,67$ ; zw > 0,75 bei  $P = 5\%$ ).

Abb. 10. Neokortikalisation (B). Werte aus Tab. I und II.

Geradengleichung:  $\log y = 2,44 + 0,78 \log x$  ( $r = 0,91$ ; zw > 0,87 bei  $P = 1\%$ ).

wickelten Neokortex, während die drei *Equidae* das entgegengesetzte Bild zeigen. Die *Rhinocerotidae* nehmen offensichtlich auch hier wieder eine Mittelstellung ein, obwohl der Verlauf der Regressionsgeraden im doppelt logarithmierten System (Abb. 9) mangels einer ausreichenden Zahl von Werten nicht gesichert werden konnte. Auch WIRZ (1950) und MANGOLD-WIRZ [1966] bestätigen dieses Bild (geringer Neopalliumindex für *Tapirus terrestris* und hoher für die *Equidae*).

Die lateralen Hirnansichten (Abb. 1-7) zeigen, dass *Tapirus terrestris* den höchsten, die *Rhinocerotidae* einen mittleren und die *Equidae* den geringsten Riechhirnanteil besitzen müssen. Es ist ein Herabsteigen der Fissura rhinalis zu beobachten, ähnlich wie STARCK [1962] es zusammenfassend für die Insectivora beschreibt.

WIRZ [1950] und KRUSKA [1973] betonen die starke Entwicklung des Riechhirns bei den *Tapiridae*. Da in Abb. 10 *Tapirus terrestris* sich nicht abweichend verhält, wenn man das Hirngewicht mit der Neokortexgröße vergleicht, sind wahrscheinlich andere Teile des Hirns relativ wenig entwickelt. WIRZ nennt einen geringen Cerebellum- und Stammrestindex. Bei den *Rhinocerotidae* und *Equidae* scheint es umgekehrt zu sein. Insgesamt streuen daher die Punkte in Abb. 10 (doppelt logarithmisches Koordinatensystem) in einem so engen Bereich um die Regressionsgerade, dass ihr Verlauf einigermassen gesichert werden konnte.

Hinsichtlich des Anteils der in die Furchen versenkten Oberfläche (Tab. II) sind nur schwache Unterschiede zu bemerken. *Tapirus terrestris* weist wegen der geringen Furchung des Neokortex den geringsten Prozentsatz auf. Für den sehr hohen Wert von *Ceratotherium* gibt es einstweilen keine Erklärung. Nur umfangreicheres Material könnte erweisen, ob auch bei einigen Perissodactyla Furchenverzweigungen in der Tiefe vorkommen oder einzelne Furchen besonders tief reichen [vgl. HAARMANN und OBOUSSIER, 1972].

### Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchungen

Da das makroskopische Erscheinungsbild des Neokortex der Perissodactyla charakteristische Unterschiede zeigt (Furchenmuster, Oberflächengröße) bleibt zu prüfen, ob solche Differenzen auch im mikroskopischen Bereich, in der histologischen Struktur des Neokortex zu beobachten sind. Dafür haben sich Betrachtungen über

Symbol	Art	Neukortexoberfläche linker Hemisphäre, mm <sup>2</sup>			Anteil der versenkten Oberfläche, %
		gesamt	äußere	versenkte	
T	<i>Tapirus terrestris</i>	19.788	8.827	10.961	55,4
D	<i>Diceros bicornis</i>	36.375	15.580	20.795	57,2
R	<i>Rhinoceros unicornis</i>	46.467	18.567	27.900	61,1
C	<i>Ceratotherium simum</i>	49.983	18.049	31.934	63,9
O	<i>Equus hemionus onager</i>	34.040	14.475	19.565	57,5
B	<i>Equus quagga böhmi</i>	40.693	16.087	24.606	60,5
K	<i>Equus quagga antiquorum</i>	33.840	14.163	19.677	58,2

Zahl, Grösse und Volumenanteil der Pyramidenzellen als günstig erwiesen [vgl. HAARMANN, 1972].

#### a) Numerische Zelldichte

In dem von HAUG [1967b] vorgeschlagenen Einheitsvolumen von  $(100 \mu)^3$  befinden sich verschieden viele Pyramidenzellen (Tab. III). Bei den Equidae ist ihre Zahl besonders hoch. Der Trend zu Zellen mit kleinem Durchmesser ist bei ihnen augenfällig. Die Rhinocerotidae und *Tapirus terrestris* zeigen geringere, etwa gleiche Zelldichten. Bei letzterem ist eine schwache Tendenz zu kleineren Zellen sichtbar.

HAUG [1967a] brachte eigene Untersuchungen und solche anderer Autoren über die Zelldichte wiederum in einem doppelt logarithmischen Koordinatensystem in einen linearen Zusammenhang mit dem Hirngewicht. Der Versuch, dies auch für die Perissodactyla durchzuführen, fällt wegen des geringen Materials unbefriedigend aus. Der Verlauf der Regressionsgeraden ist nicht mit hinreichender Wahrscheinlichkeit zu sichern. Der Wert für *Tapirus terrestris* liegt jedoch möglicherweise weit unter, die Werte für die Equidae weit über und für die Rhinocerotidae unter bzw. auf der Geraden. Die von HAUG [1967a] mitgeteilte Zelldichte für das Pferd weicht von den hier gefundenen Equidenwerten nur geringfügig ab.

Art	Zahl der Mittel- werte	Zellen in $(100 \mu)^3$			Prozentualer Anteil der Pyra- midenzellen an den Größenklassen				
		fron- tal	tem- poral	okzi- pital	1-6	7-12	13-18	19-24	25-30
<i>Tapirus terrestris</i>	7,87	8,35	6,89	8,39	-	82,2	17,8	0,4	-
<i>Diceros bicornis</i>	7,25	6,42	7,13	8,22	-	79,6	20,3	-	-
<i>Rhinoceros unicornis</i>	4,93	3,89	5,76	5,15	-	66,1	33,2	0,6	0,1
<i>Ceratotherium simum</i>	5,06	4,39	4,74	6,05	1,0	77,7	20,5	0,8	-
<i>Equus h. onager</i>	15,02	13,82	13,48	17,78	4,1	88,6	8,3	-	-
<i>Equus q. antiquorum</i>	13,61	10,37	12,04	18,44	3,0	76,6	20,0	0,4	-

#### b) Grauzellkoeffizient

Beim zwischennervenzelligen Raum, dessen relative Grösse der Grauzellkoeffizient angibt [HAUG 1955, 1962], sind reziproke Verhältnisse zu erwarten. *Tapirus terrestris* und den Rhinocerotidae mit wenigen Pyramidenzellen und daher hohem Koeffizienten stehen die Equidae mit vielen Nervenzellen und geringem zwischennervenzelligen Raum gegenüber (Tab. IV). Die Trends zu unterschiedlichen Zellgrössen wirken sich offenbar nicht so stark aus, dass bei den Equidae trotz vieler, aber kleiner Zellen ein grösserer Anteil des zwischennervenzelligen Raumes möglich wäre. Die Herstellung eines linearen Zusammenhangs zwischen Grauzellkoeffizient und Hirngewicht [HAUG, 1967a] muss hier mangels genügender Absicherung ebenfalls unterbleiben.

#### c) Kortexkoeffizient

HAUG [1963] benutzt diesen Koeffizienten, um die von ihm untersuchten Tiere in eine Reihenfolge zu bringen, die näherungsweise den landläufigen Vorstellungen vom Grad der «Intelligenz» dieser Tiere entspricht. Die Übereinstimmung mit den von WINZ [1950] und MANCOLD-WIRZ [1966] festgestellten Neopalliumindices ist deutlich. Der Kortexkoeffizient wird gewonnen, indem man den Grauzell-

Tabelle IV. Grauzell- (GZK), Zephalisations- (ZK) und Kortexkoeffizienten (KoK)

Art	GZK	ZK	KoK
<i>Tapirus terrestris</i>	54,6	0,07	3,8
<i>Diceros bicornis</i>	68,7	0,05	3,4
<i>Rhinoceros unicornis</i>	63,1	0,05	3,1
<i>Ceratotherium simum</i>	90,2	0,03	2,7
<i>Equus h. onager</i>	42,2	0,17	7,2
<i>Equus q. antiquorum</i>	39,8	0,14	5,6

koeffizienten mit dem Zephalisationskoeffizienten, ein Zahnenwert für die Enzephalisation, multipliziert.

Leider hat HAUG keine Werte für Perissodactyla veröffentlicht. *Tapirus terrestris* und die *Rhinocerotidae* erweisen sich wiederum als den *Equidae* unterlegen (Tab. IV). Den Ceratomorpha (durchschnittlicher Kortexkoeffizient 3,3) kommt wahrscheinlich ein Rang unter den *Bovidae* [4,2; HAARMANN, 1972] zu, während die *Equidae* eine höhere Position (6,4) einnehmen. Die Neopalliumindizes von WIRZ [1950] weisen in die gleiche Richtung.

KRUSKA [1973] ist über die Zerebralisation zu einer gleichen Reihung gekommen. *Equus (Hippotigris)* besitzt ca. 60% mehr Hirn als die *Bovidae*, die Ceratomorpha verfügen dagegen über ca. 30% weniger Hirn.

#### d) Dicke des Neokortex

Während ein Vergleich der Stärke des Neokortex bei den *Antilopinae* und *Cephalophinae* deutliche Abweichungen zeigt und weitere Hinweise auf eine unterschiedliche Entwicklung des Neokortex gibt

Tabelle V. Dicke des Neokortex

Art	Dicke, mm			
	frontal	temporal	okzipital	Mittel
<i>Tapirus terrestris</i>	2,4	2,7	2,1	2,4
<i>Diceros bicornis</i>	2,3	2,3	2,3	2,3
<i>Rhinoceros unicornis</i>	2,8	2,4	2,7	
<i>Ceratotherium simum</i>	2,4	2,5	2,6	2,6
<i>Equus h. onager</i>	2,0	2,0	1,8	1,9
<i>Equus q. antiquorum</i>	2,1	2,0	2,1	2,1

[HAARMANN, 1972], bleiben solche Befunde bei den Perissodactyla noch zu unsicher. Tab. V enthält aber für die beiden *Equidae* deutlich geringere Werte als für die Ceratomorpha.

#### Abschliessende Betrachtung

Wenn auch das vorliegende Material für gesicherte Aussagen nicht ausreicht, so sind bei den Perissodactyla nach den morphologischen und histologischen Untersuchungen doch charakteristische Unterschiede zu Tage getreten. Generell stehen den primitiveren, etwas uneinheitlichen Ceratomorpha die hoch entwickelten *Equidae* klar gegenüber.

*Tapirus terrestris* zeigt in dieser Gruppe die geringste Enzephalisation. Das Riechhirn ist stark, der Neokortex in bezug auf das Körpergewicht gering entwickelt. Er ist furchenarm und relativ dick. Der Anteil der versenkten Oberfläche ist am geringsten. Hinsichtlich der Zahl der Pyramidenzellen nimmt *Tapirus* wahrscheinlich einen niedrigen Rang ein. Aus Grauzell- und Zephalisationskoeffizient ergibt sich ein niedriger Kortexkoeffizient.

Die *Rhinocerotidae* bilden eine besondere, aber nicht homogene Gruppe, da die Reihung der Werte bei einzelnen Kriterien wechselt. Innerhalb der Perissodactyla sind sie durchschnittlich enzephalisiert. Das trifft auch für die Neokortikalisation zu, obwohl der Neokortex reich gefaltet und stärker als bei *Tapirus* entwickelt ist. Die numerische Zelldichte ist gering bis durchschnittlich, eine Tendenz zu grösseren Zeldurchmessern ist sichtbar. Aus einem hohen Grauzellkoeffizienten und niedrigem Zephalisationskoeffizienten resultiert ein niedriger Kortexkoeffizient.

Die *Equidae* lassen sich klar abgrenzen. Alle Merkmale weisen auf einen hohen Evolutionsgrad hin. Starke Enzephalisation, reiche Furchung und hohe Neokortikalisation sind Anzeichen dafür. Weitere Kriterien mögen sein: Hohe numerische Zelldichte im relativ dünnen Neokortex, Tendenz zu kleinen Nervenzellen [Verkörnelung, HAUG, 1967a]. Der hohe Kortexkoeffizient resultiert aus einem geringen Grauzellkoeffizienten und der sehr hohen Enzephalisation.

#### Zusammenfassung

Morphologische (Furchenmuster, Enzephalisation, Neokortikalisation) und histologische (numerische Zelldichte, Grauzell- und Kortexkoeffizient) Untersuchungen am Neokortex der Hirne von 6 Arten der Perissodactyla zeigen:

1. *Tapirus terrestris* ist die primitivste Form unter den Perissodactyla, da sich fast nur geringe Werte ergeben.

2. Die *Rhinocerotidae* nehmen eine mittlere Position ein.

3. Beiden Gruppen, d.h. den Ceratomorpha, stehen die hochentwickelten *Equidae* gegenüber, für die einheitlich hohe Werte ermittelt werden konnten.

Die Ergebnisse können nur als Hinweise verstanden werden, die durch ein grösseres Untersuchungsmaterial zu überprüfen und gegebenenfalls zu sichern wären.

### Summary

Morphological (pattern of brain sulci, quantitative analysis of the surface of the neocortex) and histological (number of nerve cells per volume unit, gray cell and cortex coefficient) investigations in the neocortex of the cerebrum of seven Perissodactyla produced the following results:

1) *Tapirus terrestris* is the most primitive species among these Perissodactyla. Only low values are found.

2) The Rhinocerotidae occupy a middle position.

3) From the two groups, i.e. the Ceratomorpha, the Equidae can be clearly separated, being on a high level of evolution.

These results are only indications which should be verified by investigations on a larger number of brains.

### Literatur

- BRAUER, K. und SCHOBER, W.: Katalog der Säugetiergehirne, Tafel 126-128 (Fischer, Jena 1970).
- ELIAS, H.; HAUG, H.; LANGE, W.; SCHLENSKA, G. und SCHWARTZ, D.: Oberflächenmessungen der Grosshirnrinde von Säugern mit besonderer Berücksichtigung des Menschen, der Cetacea, des Elefanten und der Marsupialia. Verh. Anat. Ges. 63. Vers., Leipzig 1969, Erg. Bd. Anat. Anz. 125: 461-463 (1969).
- HAARMANN, K.: Morphologische und histologische Untersuchungen am Neokortex von Boviden (Antilopinae, Cephalophinae) und Traguliden; ein Beitrag zur Kenntnis der Evolution dieser Formen; Diss., Hamburg (1972).
- HAARMANN, K. und OBOUSSIER, H.: Morphologische und quantitative Neokortexuntersuchungen bei Boviden, ein Beitrag zur Phylogenie dieser Familie, II. Formen geringen Körpergewichts (3 kg-25 kg) aus den Subfamilien Cephalophinae und Antilopinae. Mitt. Hamburg. Zool. Mus. Inst. 68: 231-269 (1972).
- HAUG, H.: Die Tresslermethode, ein Verfahren zur quantitativen Analyse im histologischen Schnitt. Z. Anat. EntwGesch. 118: 302-312 (1955). - Die Zeldichte und ihre Bedeutung für die Hirnrinde und ihre Areale. Dtsch. Z. Nervenheilk. 178: 648-667 (1959). - Bedeutung und Grenzen der quantitativen Messmethoden in der Histologie. Med. Grundlagenforsch. 4: 302-344 (1962). - Die morphologischen Volumenbeziehungen der einzelnen Strukturanteile in der Hirnrinde und ihre funktionelle Deutung. Z. nat.-wiss.-med. Grundlagenforsch. 1: 104-125 (1963). - Zytoarchitektonische Untersuchungen an der Hirnrinde des Elefanten. Anat. Anz. Erg. H., 120: 331-337 (1967a). - Über die exakte Feststellung der Anzahl

### histologische Untersuchungen am Neokortex einiger Perissodactyla 299

Nervenzellen pro Volumeneinheit des Cortex cerebri, zugleich ein Beispiel für die Durchführung genauer Zählungen. Acta anat. 67: 53-73 (1967b).

KRUSKA, D.: Zerebralisation, Hirnrevolution und domestikationsbedingte Hirngrössenänderungen innerhalb der Ordnung Perissodactyla Owen, 1848 und ein Vergleich mit der Ordnung Artiodactyla Owen, 1848. Z. zool. Syst. Evolut.-forsch. 11: 81-103 (1973).

MANGOLD-WIRZ, K.: Zerebralisation und Ontogenesemodus bei Eutherien. Acta anat. 63: 449-508 (1966).

ONOUSSIER, H.: Quantitative und morphologische Studien am Hirn der Bovidae, ein Beispiel zur Kenntnis der Phylogenie. Gegenbaurs morph. Jb. 117: 162-168 (1971). - Evolution of the mammalian brain, some evidence on the phylogeny of the antelope species. Acta anat. 83: 70-80 (1972).

RONNEFELD, U.: Morphologische und quantitative Neokortexuntersuchungen bei Boviden, ein Beitrag zur Phylogenie dieser Familie. I. Formen mittlerer Körpergrösse (25-75 kg). Gegenbaurs morph. Jb. 115: 163-230 (1970).

STARCK, D.: Die Evolution des Säugetier-Cerebrums. SitzBer. wiss. Ges. Johann-Wolfgang-Goethe-Univ., Frankfurt/M. I/Nr. 2: 23-60 (1962).

WEBER, E.: Grundriss der Biologischen Statistik; 6. Aufl. pp. 327-339; 360-367; 621 (Fischer, Stuttgart 1967).

WIRZ, K.: Studien über die Zerebralisation: Zur quantitativen Bestimmung der Rangordnung der Säugetiere. Acta anat. 9: 131-196 (1950).

Eingegangen 28. September 1973

Adresse des Autors: Dr. KNUT HAARMANN, Bundesanstalt für Vegetationskunde, Natur- und Landschaftspflege, Heerstraße 110, D-53 Bonn-Bad Godesberg I (BRD)