

# Blutgruppen der Affen

Autor(en): **Moor-Jankowski, J.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. Wissenschaftlicher und administrativer Teil = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles. Partie scientifique et administrative = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali**

Band (Jahr): **150 (1970)**

PDF erstellt am: **17.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-90694>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# **Blutgruppen der Affen**

Menschentypus und Affentypus<sup>1</sup>

J. MOOR-JANKOWSKI

Laboratorium für experimentelle Medizin und Chirurgie in Primaten (LEMSIP), Universität New York, School of Medicine, New York, N.Y.

## EINFÜHRUNG

Trotz ihrer Bedeutung war bis vor kurzem wenig über die Blutgruppen der nichthumanen Primaten bekannt. 1962 wurden in einer Zusammenfassung von D. FRANKS nur 66 Veröffentlichungen seit 1911 zitiert; mehrere davon betrafen nur ein einziges Tier oder enthielten Ergebnisse, die sich später als unrichtig herausstellten. Dieses Fehlen von Unterlagen wurde durch die Schwierigkeiten bei der Beschaffung von Affen für die Grundlagenforschung verursacht wie auch durch den Mangel an geeigneten Methoden für die Haltung von Primaten bei wiederholten Blutentnahmen und Immunisierung. Darüber hinaus waren die angewandten serologischen Techniken, die 1925 von LANDSTEINER und MILLER eingeführt wurden, umständlich. Die Reagenzien wurden hergestellt durch Behandlung menschlicher roter Blutkörperchen mit einem der Bestimmungsseren und darauffolgender Eluierung der Antikörper von der Zelloberfläche.

Eine ausreichende Anzahl von Primaten für Blutgruppenuntersuchungen wurden uns in den frühen sechziger Jahren zugänglich gemacht durch die Errichtung unseres Laboratoriums für experimentelle Medizin und Chirurgie in Primaten (LEMSIP), New York, mit einer Unterabteilung im Aeromedizinischen Forschungslaboratorium der Holloman Air Force Base, New Mexico, USA. Methoden für die Haltung von Primaten für immunologische Forschung wurden ebenfalls in unseren Laboratorien entwickelt. Die bereitstehenden Tiere und die neuen Tierhaltungsmethoden erlaubten uns neue, einfache Testtechniken zu entwickeln, in welchen Antiseren durch selektive Absorption spezifisch gemacht wurden. Derartige Antiseren können nur dann zubereitet werden, wenn Blutproben von einer ausreichend grossen Anzahl von Tieren zur Verfügung stehen.

Ergebnisse aus der ersten Periode unseres Forschungsprogrammes führten uns zur Aufstellung der Begriffe *Menschentypus*, *Affentypus* und *Kreuzimmuntypus* der Blutgruppen in Primaten. Die Definition dieser drei Blutgruppenarten war richtungweisend für die Planung und Fortführung der weiteren Forschung.

<sup>1</sup> Mit Unterstützung eines USPHS-NIH-Zuschusses GM 12074-07.

*Menschentypus*-Blutgruppen von Primaten sind Homologe der Blutgruppen des Menschen. Sie werden mit Reagenzien bestimmt, die ursprünglich für Blutgruppenbestimmungen beim Menschen vorgesehen waren und in welchen die Wirkung der nichtspezifischen Heteroagglutinen durch Absorption, Verdünnung oder Eluierung beseitigt wurde. Im Gegensatz dazu sind die *Affentypus*-Blutgruppen als Analoge der menschlichen Blutgruppen zu bezeichnen. Sie werden mit Reagenzien bestimmt, die durch Immunisierung mit Affenerythrozyten aufbereitet werden.

Die *Affentypus*-Blutgruppen können nicht nur bei Affen, sondern auch bei Menschen vorkommen. So wurde der Rhesusfaktor des Menschen durch LANDSTEINER und WIENER mit Hilfe des Kaninchenserums, das mit Rhesusaffenerythrozyten immunisiert wurde, entdeckt.

*Kreuzimmuntypus*-Blutgruppen in Primaten werden mit Reagenzien bestimmt, die durch Kreuzimmunisierung mit roten Zellen zwischen verschiedenen Primatenarten, einschliesslich Menschen, aufbereitet werden. Der Ausdruck «kreuzimmun» wurde von uns eingeführt, um die spezielle immunologische Art der Reaktionen zwischen eng verwandten Spezies zu betonen, die sich wesentlich von den Heteroimmunreaktionen unterscheiden und doch nicht in die Isoimmunkategorie fallen.

Wir halten die Entdeckung der *Affentypus*-Blutgruppen für unseren wichtigsten Fund des letzten Jahrzehntes. Eigentlich jedoch wurde das erste Antiserum gegen Affenerythrozyten schon 1932 von FISCHER und KLINKHART durch Immunisierung eines Rhesusaffen hergestellt. Leider wurden diese Experimente nicht fortgesetzt, und das Reagenz ist nicht mehr verfügbar. Mehrere andere unveröffentlichte Versuche zur Herstellung von Isoimmunseren für Blutgruppenbestimmung von Affen, die jedoch erfolglos waren, hauptsächlich wegen der langen Immunisierungszeit, die zur Herstellung solcher Reagenzien erforderlich ist, sind uns bekannt<sup>1</sup>. Der Erfolg unserer Experimente beruht auf den vorausgegangenen Erfahrungsstudien über die Auslösung der Immunantwort auf Serumeiweisse bei Pavianen.

Es sollte hier nicht unerwähnt bleiben, dass das mögliche Vorhandensein «natürlich» vorkommender Isoagglutinine ausser den Anti-A und Anti-B in Affen ebenfalls untersucht wurde. Zu diesem Zweck wurden Kreuzteste von roten Blutkörperchen mit Seren innerhalb derselben A-B-0-Menschentypus-Blutgruppen bei zahlreichen Schimpansen, Orang-Utans, Gibbons, Pavianen und Rhesusaffen durchgeführt, ohne dass wir jedoch deutlich reproduzierbare Reaktionen beobachtet hätten.

Die vorliegende Arbeit verfolgt die Absicht, eine kurze Übersicht über früher schon bekannte Angaben und die neuen Ergebnisse zu vermitteln,

<sup>1</sup> Bis zu unseren ersten Ergebnissen im Jahre 1965 waren die einzigen Reagenzien für Blutgruppenbestimmungen des *Affentypus* jene, die durch Heteroimmunisierung von Kaninchen mit Rhesuserythrozyten von OWEN und ANDERSEN 1962 hergestellt worden waren. Diese fanden vier Rhesusaffen-Blutgruppen: A<sup>rh</sup>, B<sup>rh</sup>, C<sup>rh</sup> und D<sup>rh</sup>. Die Untersuchungen sind bis 1970 jedoch nicht über die Angaben der Erstveröffentlichung hinaus weitergediehen.

die der Autor zusammen mit dem Altmeister der Blutgruppenforschung, ALEXANDER S. WIENER, erarbeitet hat.

## MENSCHENAFFEN

Zahlreiche Tiere wurden von uns aus allen Arten der Menschenaffen untersucht mit Ausnahme des Zwergschimpansen (*Pan paniscus*) und des Berggorillas (*Gorilla berengei*). Sechs Zwergschimpansen wurden von SCHMITT und zwei Berggorillas von CANDELA und WIENER untersucht.

### Menschentypen-A-B-0-Blutgruppen

Mit Ausnahme des Gorillas haben Menschenaffen A-B-0-Blutgruppen, die in ihrem serologischen Verhalten den menschlichen A-B-0-Blutgruppen sehr ähnlich sind. Sie werden auf den Erythrozyten durch Agglutinationsteste und im Speichel und anderen Ausscheidungen durch Tests für lösliche Blutgruppensubstanzen bestimmt. In Schimpansen wurden allein die Gruppen 0 und A gefunden und bei Gibbons und Orang-Utans nur die Gruppen A, B und AB, aber nicht 0. Bei Schimpansen sind Untergruppen der Gruppe A vorhanden, die der menschlichen Untergruppe A<sub>1</sub> und A<sub>2</sub> ähneln, obwohl sie nicht so scharf definiert sind. In der kleineren Anzahl der untersuchten Orang-Utans und der Gibbons ähnelte die Blutgruppe A

Tabelle I

Menschentypus-A-B-0-Blutgruppen und H-Substanz in Menschen und Menschenaffen

Art	Blutgruppen	Erythrozyten-Antigene	Speichel	Untergruppen von A
Menschen ( <i>Homo sapiens</i> )	0, A, B, AB	vorhanden	Sek und nS A-B-H	A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> usw.
Schimpansen ( <i>Pan troglodytes</i> )	A, 0	wie Menschen	Sek A-H	A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub>
( <i>Pan paniscus</i> )	0, A	wie Menschen		A <sub>1</sub>
Orang-Utan ( <i>Pongo pygmaeus</i> )	A, B, AB	wie Menschen	Sek und nS A-B-H	A <sub>1</sub>
Gibbon ( <i>Hylobates lar</i> )	A, B, AB	wie Menschen	Sek A-B-H	A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub>
Flachland-Gorilla ( <i>Gorilla gorilla</i> )	B-ähnlich	fehlt	Sek B-H <sup>1</sup>	
Berggorilla ( <i>Gorilla berengei</i> )	A	?	Urin A	

Sek = Ausscheider von A-B-H-Substanzen; nS = Nichtausscheider von A-B-H-Substanzen

<sup>1</sup> J. MOOR-JANKOWSKI und A. S. WIENER unveröffentlichte Angaben

in den meisten Fällen stark der menschlichen Untergruppe A<sub>1</sub>, obwohl die Anwesenheit von A<sub>2</sub> in Gibbons gezeigt werden konnte.

Bei Menschen reagieren Anti-H-Reagenzien am stärksten mit roten Zellen der Gruppen 0 und A<sub>2</sub>. Bei Schimpansen dagegen reagiert Anti-H mit roten Zellen der meisten, aber nicht allen Tieren der Gruppe 0, beinahe mit keinen der Gruppe A oder sogar der Gruppe A<sub>2</sub>. Darüber hinaus sind die schwachen positiven Anti-H-Reaktionen, die bei Schimpansen der Gruppe 0 beobachtet werden, mit denen der roten Zellen von menschlichen Neugeborenen der Gruppe 0 vergleichbar. Gibbons sind insofern einzigartig, als die roten Zellen aller Gruppe-B-Gibbons stark mit Anti-H reagieren, ähnlich der Reaktion der menschlichen roten Blutkörperchen von Gruppe 0. Gibbonerythrozyten der Gruppe A und AB zeigen dagegen unregelmässige Reaktionen. Die roten Blutkörperchen der Orang-Utans, die wie Gibbons die drei Gruppen A, B und AB besitzen, reagieren überhaupt nicht mit Anti-H. Die Untersuchungen bei Gorillas beschränkten sich hauptsächlich auf Flachlandgorillas (*Gorilla gorilla*), in denen nur Blutgruppe B gefunden wurde. Die Reaktionen der Gorillas mit Gruppe B unterschieden sich auffallend von denen der Gruppe B bei Menschen, Orang-Utans und Gibbons: Die roten Zellen der Gorillas reagierten nicht mit Anti-B-Seren, so dass das Vorhandensein der Blutgruppensubstanz B

Tabelle II  
Menschentypus-A-B-0-Blutgruppen und H-Substanz bei niederen Affen

Art	Blutgruppen	Erythrozyten-Antigene	Speichel
Paviane ( <i>Papio cynocephalus</i> )	A, B, AB	–	A-B-H
Geladas ( <i>Theropithecus gelada</i> )	⟨0⟩	–	H
Rhesusaffen ( <i>Macacca mulatta</i> )	B	–	B-H
Cynomologous-Affen ( <i>Macacca fascicularis</i> )	0, A, B, AB	–	A-B-H
Schweineschwanzaffen ( <i>Macacca nemestrina</i> )	0, B	–	B-H
Celebes-Schwarzaffen ( <i>Cynopithecus niger</i> )	0, A, B	–	A-B-H
Patasaffen ( <i>Erythrocebus patas</i> )	A	–	A-H
Zimtkapuziner ( <i>Cebus albifrons</i> )	⟨0⟩, B	B-ähnlich	B-H
Eichhörnchenaffen ( <i>Saimiri sciurea</i> )	⟨0⟩, A	B-ähnlich	A-H
Marmosets (verschiedene Arten)	A	B-ähnlich	A H-ähnlich

⟨0⟩ bedeutet Vorhandensein im Speichel von H, aber nicht von A oder B, bei gleichzeitiger Abwesenheit oder irregulärem Vorkommen von Anti-A bzw. Anti-B im Serum

durch Untersuchungen von Sekretionen gezeigt wird, was gleichfalls zu geschehen hat, wenn A-B-0-Blutgruppen in niederen Affen bestimmt werden.

Bestimmungen von A-B-H-Substanzen im Speichel teilen Menschen in Ausscheider (etwa 80%) und Nichtausscheider (etwa 20%) ein. Alle Affen aller Arten, die bisher von uns untersucht wurden, scheiden die erwarteten A-B-H-Substanzen in ihrem Speichel aus. Eine einzige Ausnahme war einer von 28 untersuchten Orang-Utans, der sich als Nichtausscheider erwies. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die A-B-0-Blutgruppen sowohl der Schimpansen als auch der Gibbons jenen des Menschen am ähnlichsten sind, gefolgt von jenen der Orang-Utans und Gorillas.

### Menschentypus-M-N-Blutgruppen

Affen haben auf ihren roten Blutkörperchen auch Agglutinogene, die den menschlichen M- und N-Agglutinogenen stark ähneln. Die menschlichen roten Blutzellen zerfallen in drei Typen: M, N und MN. Beim Menschen wurde noch kein Blut gefunden, dem sowohl M als auch N fehlte. Bei Untersuchungen menschlichen Blutes geben alle Anti-M-Reagenzien, die aus Immunsereen von Kaninchen hergestellt sind, positive Reaktionen; dasselbe trifft auch für die Anti-N-Reagenzien zu.

Ähnlich wie bei Menschen können die drei Typen M, N und MN unterschieden werden, vorausgesetzt, dass ausgewählte Anti-M- und Anti-N-Reagenzien verwendet werden. Die Tatsache, dass nicht alle, sondern nur ausgewählte Anti-M- und Anti-N-Reagenzien mit Gibbonerythrozyten

Tabelle III  
Menschentypus-M- und -N-Blutgruppen in Menschenaffen

Art	M-ähnliche Faktoren		
	vorhanden	(abwesend) fehlen	Gesamt
Schimpansen ( <i>Pan troglodytes</i> )	130	0	130
Gibbon ( <i>Hylobates lar lar</i> )	21	31	52
Gibbon ( <i>Hylobates lar pileatus</i> )	4	0	4
Orang-Utan ( <i>Pongo pygmaeus</i> )	12	12	24
Gorilla ( <i>Gorilla gorilla gorilla</i> )	9	3	12
	N <sup>v</sup> -Faktor ( <i>Vicia graminea</i> )		
Schimpansen ( <i>Pan troglodytes</i> )	42	62	104
Gibbon ( <i>Hylobates lar lar</i> )	43	9	52
Gibbon ( <i>Hylobates lar pileatus</i> )	0	4	4
Orang-Utan ( <i>Pongo pygmaeus</i> )	0	24	24
Gorilla ( <i>Gorilla gorilla gorilla</i> )	12	0	12

Der Menschentypus N wird bei den Affen mit Hilfe des Lectins *Vicia graminea* bestimmt und deshalb als N<sup>v</sup> (v für *Vicia*) bezeichnet

Tabelle IV

Vergleich der Verteilung von A-B-0- und M-N-Typen in zwei Unterarten des Gibbons<sup>1</sup>

Unterarten des Gibbons	Anzahl der Tiere				Anzahl der Blutgruppen			Summe
	A <sub>1</sub>	B	A <sub>1</sub> B	A <sub>2</sub> B	(M) <sup>Gi</sup>	(N) <sup>Gi</sup>	(MN) <sup>Gi</sup>	
<i>Hylobates lar lar</i>	10	20	20	2	9	31	12	52
<i>Hylobates lar pileatus</i>	0	4	0		4	0	0	4

<sup>1</sup> MOOR-JANKOWSKI, J., und WIENER, A. S.: unveröffentlichte Angaben<sup>2</sup> Von den *Hylobates lar lar* gehören etwa zwei Fünftel zu Gruppe B, so dass der Zufall, 4 Gruppen B-Tiere nacheinander zu beobachten wie in den *Hylobates lar pileatus*, nur  $(\frac{2}{5})^4$  oder nur einer aus 40 ist<sup>3</sup> Bei den *Hylobates lar lar* gehören nur 9 von 52 Tieren zum Typ M, so dass der Zufall, 4 Tiere mit Typ M nacheinander zu beobachten, wie es im *Hylobates lar pileatus* der Fall ist, nur  $(\frac{9}{52})^4$  oder etwa einer in tausend istDie Bezeichnung <sup>Gi</sup> für Gibbon wird verwendet, um den Unterschied zwischen den Gibbons und menschlichen M-N-Typen zu unterstreichen

reagieren, beweist, dass trotz ihrer serologischen und genetischen Ähnlichkeit chemische Unterschiede zwischen M-N-Agglutinogenen der Menschen und der Gibbons bestehen.

Auch bei den Schimpansen reagieren die roten Blutkörperchen mit den meisten, jedoch nicht mit allen Anti-M-Reagenzien, so dass auch das Agglutinogen M der Schimpansen serologisch eng verwandt, jedoch nicht identisch mit dem menschlichen Agglutinogen M ist. Die Lage hinsichtlich des Agglutinogens N bei Schimpansen ist ähnlich, ausser dass sowohl N-positive wie N-negative Tiere ausgesondert werden können, wenn spezielle Reagenzien benutzt werden. Nur die beiden Typen M und MN wurden bei den Schimpansen gefunden.

Alle Flachlandgorillas, die bisher untersucht wurden, besaßen N-Agglutinogene. Dagegen konnten M-positive und M-negative Tiere mit den passenden Anti-M-Reagenzien unterschieden werden, womit man die beiden Typen N und MN demonstrierte.

In Orang-Utans konnten N-Agglutinogene nicht nachgewiesen werden, es gibt aber M-positive und M-negative Tiere, wiederum unter Benützung ausgewählter Anti-M-Reagenzien.

Unserer Meinung nach zeigen die Befunde über M-N-Agglutinogene die grösste serologische Ähnlichkeit zwischen Menschen und Gibbons, gefolgt von Schimpansen, Gorillas und Orang-Utans.

#### Menschentypus-Rh-Hr-System

Wie wohl bekannt ist, ist das menschliche Rh-Hr-System äusserst komplex und umfasst nach letzten Schätzungen über 30 bestimmte Blutfaktoren. Wir beschränkten die Tests in unseren Untersuchungen auf die drei Haupt-Rh-Faktoren Rh<sub>0</sub>, rh', rh'' sowie die beiden Hr-Faktoren hr'

Tabelle V  
Menschentypus-Rh-Hr-System in Menschen und Menschenaffen

Art	Vorkommende Rh-Hr-Faktoren	Rh <sub>0</sub> -Typen
Mann ( <i>Homo sapiens</i> )	Rh <sub>0</sub> , rh', rh'', hr', hr'', usw.	Rh <sub>0</sub> +, Rh <sub>0</sub> —, Rh <sub>0</sub> Varianten
Flachland-Gorilla ( <i>Gorilla gorilla</i> )	Rh <sub>0</sub> , hr'	Rh <sub>0</sub> +, Rh <sub>0</sub> — (Varianten ?)
Schimpanzen ( <i>Pan troglodytes</i> )	Rh <sub>0</sub> , hr'	Alle Rh <sub>0</sub> +
Gibbon ( <i>Hylobates lar</i> )	hr'	Alle Rh <sub>0</sub> —
Orang-Utan ( <i>Pongo pygmaeus</i> )	Rh <sub>0</sub> , hr'	Alle Rh <sub>0</sub> +, schwächere Reaktionen als beim Menschen

Rh-Faktoren rh', rh'' und hr'' kommen in Affen nicht vor  
Aktivität gegen Rh<sub>0</sub>-positive Menschenerythrozyten verbleibt in den Anti-Rh<sub>0</sub>-Seren auch nachdem sie mit Schimpansenerythrozyten absorbiert wurden

und hr''. Die Teste wurden mit menschlichen Antiseren und mit Meer-schweinchen-Antirhesusseren durchgeführt. Beim Menschen sind das Paar rh' und hr' sowie das Paar rh'' und hr'' reziprok verwandt, ähnlich wie M und N, jedoch gibt es keinen Faktor, der reziprok zu dem Hauptfaktor Rh<sub>0</sub> ist.

In den neuesten unveröffentlichten Beobachtungen wurde eine scharfe Trennung in Rh<sub>0</sub>-positive und Rh<sub>0</sub>-negative Typen bei Flachlandgorillas gefunden, so dass die Gorillas in bezug auf das Rh-Hr-System dem Menschen am nächsten kommen.

Bei Schimpansen sind Rh<sub>0</sub>- und hr'-Faktoren vorhanden, aber beide Faktoren des Paares rh'' und hr'' fehlen, so dass das reziproke Verhältnis für dieses Paar bei Schimpansen nicht zutrifft. In Anlehnung an die Arbeiten von MASOUREDIS fanden wir, dass menschliche Anti-Rh-Seren nach Absorption mit ausgewählten Schimpansenerythrozyten Untertypen in Schimpansen bestimmten. Ein weiterer Beweis für die enge Verwandtschaft zwischen Schimpansen und menschlichen Spezifitäten im Rh-Hr-System ist die Tatsache, dass die Untertypen, die auf diese Weise mit menschlichen Anti-Rh<sub>0</sub>-Antiseren bestimmt wurden, ebenfalls mit gewissen Isoimmunseren der Schimpansen bestimmt werden können.

Bei Gibbons reagieren die roten Blutkörperchen nicht mit Anti-Rh-Seren, sie reagieren jedoch mit den meisten, aber nicht allen Anti-hr'-Seren. Bei Gibbons, wie auch bei Schimpansen, scheinen die beiden Faktoren des Paares rh'' und hr'' zu fehlen. Daher reagieren die roten Zellen der Gibbons ähnlich, aber nicht identisch, wie die menschlichen Rh-negativen (rh-Typ-)Zellen.

Die Lage ist bei den Orang-Utans komplizierter, da, obwohl positive Reaktionen für Rh<sub>0</sub> und hr' vorliegen, die Reaktionen viel schwächer sind und eine bedeutende Unähnlichkeit mit den menschlichen Rh-Hr-Typen aufweisen. Bezüglich der Rh-Hr-Typen kann zusammenfassend gesagt werden, dass die Reaktionen der roten Blutkörperchen von Gorillas jenen



des menschlichen Blutes am ähnlichsten sind, gefolgt von denen der Schimpansen, Gibbons und Orang-Utans.

#### *Andere Menschentypus-Blutgruppen*

Untersuchungen für den Xg<sup>a</sup>-Faktor, die an Erythrozyten einer grossen Anzahl von LEMSIP-Affen verschiedener Spezies im Laboratorium von RACE und SANGER durchgeführt wurden, zeigen, dass der Xg<sup>a</sup>-Faktor in roten Zellen der Gibbons vorhanden ist, jedoch nicht in Erythrozyten anderer Menschenaffen, niederer Affen oder der übrigen Tiere.

Hinsichtlich der menschlichen Blutfaktoren, ausser den obenerwähnten, vermeiden wir es absichtlich, über unsere Versuchsergebnisse zu berichten. Die Reagenzien für diese Blutfaktoren sind grösstenteils ungeeignet zur Bestimmung an anderem als menschlichem Blut, entweder wegen des niedrigen Titers oder wegen der Notwendigkeit, spezielle Techniken zu verwenden, die leicht zu falschen positiven Reaktionen führen können, wenn anderes als menschliches Blut getestet wird. Wir möchten diese Gelegenheit benutzen, davor zu warnen, sich auf Ergebnisse von Untersuchungen mit schwachen Antiseren zu verlassen. Dies gilt besonders, wenn Heteroagglutinine nicht völlig entfernt wurden und wenn die Reaktionen nicht bei Blindablesen reproduzierbar waren.

#### *Affentypus-Blutgruppen*

Untersuchungen bei Affentypus-Blutfaktoren ergaben weitere Beweise des engen Verhältnisses zwischen den Blutgruppen der Schimpansen und des Menschen. Bei Schimpansen wurde ein Blutgruppensystem V-A-B bestimmt, das sich als analog zu dem menschlichen M-N-System erwies, während ein weiteres Schimpansen-Blutgruppensystem C-E-F analog zu dem menschlichen Rh-Hr-System ist. Darüber hinaus gibt es noch einen weiteren Beweis für ein enges Verhältnis durch die Tatsache, dass Injektionen mit Menschenblut bei Schimpansen Kreuzimmun-Antikörper auslösen, die individuelle Unterschiede zwischen Schimpansen bestimmen. Analoge Untersuchungen bei anderen Affenarten sind noch nicht weit genug vorangetrieben, um eine Diskussion in diesem Übersichtsreferat zu gestatten.

### NIEDERE AFFEN

#### *Menschentypus-A-B-0-Blutgruppen*

Wie anzunehmen war, ähneln die Blutgruppen der Affen den menschlichen Blutgruppen weniger als die Blutgruppen der Menschenaffen. Die frühesten Versuche, das Vorhandensein der Menschentypus A-B-0 bei Affen zu zeigen, waren erfolglos, weil die Affenerythrozyten nicht mit den Anti-A- und Anti-B-Reagenzien reagieren, obwohl das Vorhandensein von Anti-A beziehungsweise Anti-B-Agglutininen in den Seren verschiedener Affenarten von mehreren Untersuchern gerichtet werden konnte

(zitiert nach LANDSTEINER). Dieses serologische Rätsel wurde von WIENER gelöst, der 1933 den Speichel von Affen untersuchte und die erwarteten, den Serumagglutininen reziproken A- und B-Blutgruppen-Substanzen fand. Diese frühen Befunde wurden von uns in den Jahren 1963–1970 in Untersuchungen an einer grossen Anzahl von Affen mehrerer Arten weiter ausgedehnt. Wir fanden, dass die vier Menschentypus-Blutgruppen 0, A, B und AB in verschiedenen Affenarten vorhanden sind. Die Blutgruppen-substanzen können jedoch nur in den Ausscheidungen und nicht in den roten Zellen gezeigt werden. Diese Lage unterscheidet sich von der Situation beim Menschen und den Menschenaffen, ausgenommen, wie erwähnt, beim Gorilla.

Untersuchungen der A-B-0-Blutgruppen in Affen zeigten eine grössere Ähnlichkeit mit dem Menschen bei Affen der Alten Welt (*Catarrhina*) als bei den Affen der Neuen Welt (*Platyrrhina*). Bei den Affen der Alten Welt wird LANDSTEINERS Regel vom reziproken Verhältnis zwischen Blutgruppensubstanzen und Antikörpern mit ganz wenigen Ausnahmen bestätigt. Bei den Affen der Neuen Welt ist es andererseits recht häufig, dass die Anti-A- oder Anti-B-Agglutinine fehlen, die man im Serum auf Grund der Speicheluntersuchungen erwartet. Ausserdem haben die Affen der Neuen Welt auf ihren Erythrozyten, wie bereits LANDSTEINER und MILLER zeigten, ein B-ähnliches Agglutinogen, das unabhängig von ihren A-B-0-Blutgruppen zu sein scheint.

Wegen der grösseren Ähnlichkeit ihrer Blutgruppen mit denen des Menschen wurden die Affen der Alten Welt von uns viel eingehender als die Affen der Neuen Welt untersucht. In den Affen der Alten Welt ist die Verteilung der A-B-0-Gruppen in den verschiedenen Spezies unterschiedlich. Es zeigt sich z. B., dass alle Rhesusaffen (*Macaca mulatta*) der Gruppe B angehören, während die Geladas (*Theropithecus gelada*) nur Gruppe A aufweisen. In anderen Arten wurden Polymorphismen der Menschentypus-Blutgruppen beobachtet. Bei Pavianen, von denen bei weitem die grösste Zahl untersucht wurde, fanden wir zuerst nur A, B und AB, wie bei Gibbons und Orang-Utans. Unser anfänglicher Eindruck, dass die Blutgruppe 0 bei den Pavianen fehlen könnte, wurde jedoch widerlegt, als drei 0-Paviane nach Untersuchungen von Hunderten von Pavianen gefunden wurden. Bei den anderen Affenarten, wie Vervetaffen (*Cercopithecus pygerythrus*), in denen nur die Gruppen A und B gefunden wurden, könnte man annehmen, dass ausgedehntere Untersuchungen das Vorhandensein der fehlenden Typen der Menschentypus-Blutgruppen A-B-0 aufdecken könnten. Diese Annahme betrifft aber nicht solche Arten, in welchen eine grosse Anzahl von Tieren untersucht und nur eine einzige Blutgruppe gefunden wurde, wie z. B. die Rhesusaffen, die Geladas und die Patasaffen.

#### *Menschentypus-M-N-Blutgruppen*

Gemäss der Originalarbeit von LANDSTEINER und WIENER haben die roten Zellen aller Affen der Alten und der Neuen Welt bisher nur negative Reaktionen mit Anti-N erbracht. In Untersuchungen auf die M-

Spezifität geben die roten Zellen aller Affen der Alten Welt positive Reaktionen, jedoch nur mit einigen und nicht mit allen Anti-M-Reagenzien. In den meisten Affenarten der Neuen Welt reagieren die roten Zellen nicht mit Anti-M, und jene Arten, die reagieren, tun dies nur mit relativ wenigen Anti-M-Reagenzien. Diese Ergebnisse zeigen, dass die M-N-Charakteristika der Affen der Alten Welt jenen der Menschenaffen und Menschen mehr ähneln als jene der Affen der Neuen Welt.

#### *Menschentypus-Rh-Hr-System*

Untersuchungen auf Rh-Hr-Blutfaktoren in niederen Affen der Alten und der Neuen Welt ergaben nur negative Reaktionen mit Reagenzien, die im Menschen zubereitet wurden. Diese Beobachtung bestätigt wiederum die Schlussfolgerung, dass die Menschentypus-Blutgruppen der niederen Affen denjenigen des Menschen weniger ähnlich sind als die Blutgruppen der Menschenaffen.

Es mag auf den ersten Anhieb überraschen, dass der Rhesusaffe «rhesusnegativ» bei Untersuchungen mit menschlichen Antiseren ist, da doch der Rhesusfaktor beim Menschen mit Reagenzien entdeckt wurde, die durch Immunisierung von Versuchstieren mit dem Blut der Rhesusaffen zubereitet wurden. Diese Tatsache wird jedoch an Hand des folgenden Beispiels verständlich: Die Antiseren gegen die Erythrozyten der Rhesusaffen und die menschlichen Anti-Rh-Seren, die beide dasselbe Agglutinogen Rh des Menschen aufdecken, unterscheidet sich in ihrer serologischen Spezifität auf die gleiche Weise, wie sich eine photographische Profil- und eine Frontansicht voneinander unterscheiden, obwohl beide das gleiche Gesicht darstellen.

Bei den Affen der Neuen Welt wurden keine Affentypus-Blutgruppen untersucht.

#### *Andere Menschentypus-Blutgruppen*

Abschliessend sollte noch bemerkt werden, dass nicht alle Erythrozytenagglutinogene unter den Arten entlang taxonomischen Linien verteilt sind. Dies betrifft z. B. die Menschentypus-I-i-Blutgruppen. Die Verteilung der I-i-Agglutinogene wurde von uns in einer grossen Anzahl von Menschenaffen und niederen Affen sowie auch anderen Tierarten untersucht, ohne dass ein regelmässiges Verteilungsmuster aufgestellt werden konnte.

### SEROPRIMATOLOGIE

Der Ausdruck «Seroprimateologie» wurde von uns im Jahr 1965 eingeführt, um die Charakterisierung der Affenbevölkerungen durch Unterschiede in der Verteilung ihrer serologischen Eigenschaften zu definieren. Dies geschieht analog zu der gut fundierten Disziplin der «Seroanthropologie», die sich mit den Unterschieden in der Verteilung der serologischen Eigenschaften zwischen Rassen und anderen Bevölkerungsgruppen beim Menschen befasst.

Während jedoch beim Menschen die Familie, Unterfamilie, Geschlecht und Art identisch sind, können bei den Affen die seroprimatologischen Untersuchungen schon bei den grössten taxonomischen Unterabteilungen begonnen werden. Demnach sind die *Catarrhina* und *Platyrrhina* die grössten serologisch unterschiedlichen Unterabteilungen, wie es die oben diskutierten Unterschiede ihrer Menschentypus-A-B-0-Charakteristika zeigen. Unter den *Catarrhina* bilden die Menschenaffen eine getrennte, serologisch unterschiedliche Gruppe, die durch die Ähnlichkeit ihrer Menschentypen-A-B-0, -M-N und -Rh-Hr gegenüber denen des Menschen bestimmt ist, obwohl einige Arten in den Eigenschaften eines dieser Blutgruppensysteme abweichen können (z.B. Gorilla, dessen A-B-0-System dem der niederen Affen ähnelt, aber dessen Rh-Hr-System eher wie das des Menschen im Vergleich zu allen anderen Primaten erscheint).

Zu einem Vergleich der Arten stehen ausreichende serologische Unterlagen über Affen zur Verfügung, so dass sie als Kriterien für eine taxonomische Klassifizierung verwendet werden können. Auf der Grundlage der Menschentypus-A-B-0-Blutgruppen allein kann der *M. mulatta* von dem *M. fascicularis*, der *Theropithecus gelada* von allen *Papio*-Arten und der *Hylobates lar lar* von dem *Hylobates lar pileatus* unterschieden werden, um nur einige auffallende Beispiele zu nennen. Daneben können Antiseren in einer Primatenart produziert werden, die selektiv mit den roten Zellen einer anderen Art reagieren, was Immunologen eine «artspezifische» Reaktion nennen, wie es hier weiter unten in Gibbons gezeigt wird.

Von allen Varianten seroprimatologischer Differenzierungen hat die Bestimmung der Bevölkerungsgruppen innerhalb einer einzigen Art die grösste Ähnlichkeit mit der Seroanthropologie.

1964 wurde zum erstenmal ein solcher Unterschied in der Verteilung serologischer Eigenschaften zwischen zwei Bevölkerungen derselben Art beobachtet, nämlich in der Paviankolonie der Southwest Foundation for Research and Education, San Antonio, Texas. Die Häufigkeiten der Menschentypus-A-B-0-Blutgruppen waren signifikant verschieden in einer Inzuchtkolonie von gefangengehaltenen Pavianen und in den frisch gefangenen Tieren. 1966 deuteten statistische Untersuchungen der Resultate unserer Affentypusbestimmungen in Schimpansen auf Beziehungen zwischen Blutfaktoren, die nach serologischem Beweis nicht zu dem gleichen Blutgruppensystem gehörten. Es schien uns, dass diese Beziehungen nur auf Nichthomogenität der untersuchten Schimpansenbevölkerung beruhen konnten, obwohl alle Tiere derselben Art, *Pan troglodytes*, angehörten. Im Laufe weiterer Nachforschungen machte uns Dr. W. C. OSMAN HILL auf seine damals noch unveröffentlichten Beobachtungen aufmerksam, die auf morphologisch und geographisch definierte Untergruppen innerhalb der Art *Pan troglodytes* hinwiesen. Als die untersuchten Schimpansen nach ihren morphologischen Eigenschaften von OSMAN HILL klassifiziert wurden, erhielt man Bevölkerungsgruppen, die hinsichtlich ihrer Blutgruppenverteilung homogen waren. Darüber hinaus konnten statistisch signifikante Unterschiede in der Verteilung sowohl der Menschentypus- als auch der Affentypus-Blutgruppen für die Bevölkerung des

*Pan troglodytes schweinfurthi* und des *Pan troglodytes verus* gezeigt werden, welche die grösste Mehrzahl der untersuchten Tiere umfassten. Es ist bemerkenswert, dass ähnlich signifikante Unterschiede zwischen den zwei Unterarten derselben Schimpansenbevölkerung auch in der Verteilung der genetischen Faktoren der Serumimmunoglobuline des Gm- und des Inv-Types gefunden wurden.

Bezüglich der niederen Affen der Alten Welt wurden statistisch signifikante Unterschiede in der Verteilung der Menschentypus-A-B-0-Blutgruppen bei Pavianen aus verschiedenen Teilen Afrikas gefunden. Ausreichende Unterlagen über andere Affenarten sind noch nicht vorhanden.

Wie erwartet, scheinen Affentypus-Blutgruppen spezifischer bei der Unterscheidung seroprimatologischer Unterschiede zu sein. So können Antiseren, die durch Immunisierung einer Gruppe von *M. mulatta* entwickelt wurden, Polymorphismen in der ursprünglichen Gruppe und in einigen Zufallsgruppen ihrer Art zeigen, wogegen sie mit allen oder mit keinem der Tiere anderer Zufallsgruppen reagieren. Dasselbe betrifft auch die Affentypus-Blutgruppen der Paviane.

Die vielleicht auffallendste Demonstration des taxonomischen Wertes der Seroprimatologie zeigte sich in unserer Untersuchung von Gibbons, die 1963 begann. Zu dieser Zeit war uns und den klassischen Primatologen, die wir konsultierten, der Artunterschied zwischen *Hylobates lar lar* und *Hylobates lar pileatus*, der kürzlich durch eine Untersuchung von Dr. GROVES in die Literatur einging, nicht bekannt. Die Unterschiede zwischen *Hylobates lar lar* und *Hylobates lar pileatus* in der Verteilung der Menschentypus-Blutgruppen A-B-0 und M-N waren jedoch dargestellt, dass sie mindestens eine Rassen- oder Unterartdifferenzierung anzeigten. Diese Unterschiede wurden bis auf das Niveau eines Artunterschiedes bestätigt und ausgedehnt durch unsere Untersuchungen über Affentypus-Blutgruppen. Wenn die beiden Gibbonarten reziprok isoimmunisiert wurden, reagierten die entstandenen Antikörper mit den roten Zellen aller Gibbons der reziproken Spezies; eine derartige Reaktion ist in immunologischen Experimenten als «artspezifisch» bekannt und tritt zwischen Tieren verschiedener Arten auf.

Die Schlussfolgerung, zu der wir 1965 auf Grund von serologischen Untersuchungen kamen, dass *Hylobates lar lar* und *Hylobates lar pileatus* getrennte Arten seien, wurde später durch die Unterschiede in Hämoglobinen bei den gleichen Tieren beobachtet von HOFFMAN und noch später durch die bereits erwähnte Untersuchung von GROVES bestätigt.

Damit scheinen Polymorphismus und Variationen in der Verteilung der Blutgruppen, die zuerst bei Menschenbevölkerungen beobachtet wurden, ebenfalls bei Affen vorzukommen. Die Befunde in Menschenaffen und Affen können dazu beitragen, Licht in den Ursprung derselben Phänomene, die beim Menschen angetroffen werden, zu bringen.