

**Zeitschrift:** Schweizer Archiv für Tierheilkunde SAT : die Fachzeitschrift für Tierärztinnen und Tierärzte = Archives Suisses de Médecine Vétérinaire  
ASMV : la revue professionnelle des vétérinaires

**Herausgeber:** Gesellschaft Schweizer Tierärztinnen und Tierärzte

**Band:** 103 (1961)

**Heft:** 1

**Artikel:** Blutgruppenbestimmung bei der Freiburger Schwarzfleckviehrasse sowie einige praktische Anwendungen der Bluttypisierung

**Autor:** Schindler, Anton

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-588516>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 14.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Zum Schluß ist es mir eine angenehme Pflicht, dem Schweizerischen Serum- und Impfinstitut in Bern für die Überlassung des Anatoxins und die Ausführung der Antitoxintitration meinen besten Dank auszusprechen.

### Zitierte Literatur

Bader: Schweiz. Archiv f. Tierheilk., 102, 10, 551 (1960). – Behring von: Zeitschr. f. Hygiene und Infekt'krankh., 12, 1 u. 45 (1892). – Buzello A.: Der Wundstarrkrampf beim Menschen, Enke Stuttgart 1929. – Chodnik, Watson und Hepple: The vet. Record 71, 43, 904 (1959). – Descombez: Annales de l'institut Pasteur, 39, 485 (1925). – Eckmann: Tetanus, Prophylaxe und Therapie, Benno Schwabe, Basel 1960. – Grumbach: Die Infektionskrankheiten und ihre Erreger, Bd. II. Thieme-Verlag, Stuttgart 1958. – Heinis: Arch. exp. Vet. Med., 8, 394 (1954). – Kobusiewicz T.: Med. Weterynaryjna, 8 (1947). – Koopmansch: Ann. méd. vét. 8/9, 369 (1939). – Leuthold: Schweiz. Arch. f. Tierheilk., 77, 1 u. 2 (1935). – Larsen und Schmidt: Acta path. scand. 13 (1935). – Löwenstein: Zeitschr. f. Hygiene, 62, 491 (1909). – Michailowa und Welikanoff: Z'bl. f. Bakt. I. Orig. 123, 43 (1931). – Ramon et Lemétayer: Bull. acad. vét. France, 1, 43 (1942). – Regamey et Schlegel: Schweiz. Zeitschr. f. Allgem. Path. u. Bakt. 14, 5, 550 (1951) u. Schweiz. Med. W'schr., 80, 34, 919 (1950). – Richters: Zeitschr. f. Vet'kunde, 44, 2, 49 (1932). – Seastnij: Ref. Zhr. Vet. Med., 907 (1928). – Szelyes: Allatorvosi Lapok, 53, 185 (1930).

---

Aus dem Institut für Tierzucht der Universität Bern  
Leiter: Prof. Dr. W. Weber

## Blutgruppenbestimmung bei der Freiburger Schwarzfleckviehrasse

sowie einige praktische Anwendungen der  
Bluttypisierung

von Anton Schindler

### I. Einleitung<sup>1</sup>

Im Verlaufe der letzten zwanzig Jahre hat sich die Blutgruppenforschung oder Immunogenetik beim Rind zu einer sehr wertvollen Hilfe für den Tierzüchter entwickelt.

Die Erkenntnisse finden u.a. Anwendung beim Studium der genetischen Grundlagen einer Population und der rassischen Unterschiede oder der Struktur einer Rasse. Sie sind aber auch eine zuverlässige Hilfe bei der Abklärung von zweifelhaften Abstammungen sowie bei der Identifizierung von Tieren. Ferner verdient die Möglichkeit zur Frühdiagnose der Fruchtbarkeit des weiblichen Partners bei Pärchenzwillingen Erwähnung.

Die vorliegende Arbeit hat zum Ziel, die Frequenz von Blutgruppenfaktoren und faktorenkomplexen (namentlich im B-System) beim Frei-

<sup>1</sup> Der Stiftung zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung an der Universität Bern danken wir für die finanzielle Unterstützung bestens.

burger Schwarzfleckvieh zu bestimmen. Ferner enthält sie auch eine Übersicht über die Resultate, die wir im Institut bei der Untersuchung von zweigeschlechtigen Zwillingspaaren ermittelt haben, sowie auch einige Beispiele von Vaterschaftsabklärungen.

Die ermittelten Resultate dienen einerseits zur Charakterisierung der Rasse selbst, andererseits aber auch zum Vergleich mit andern, hauptsächlich ausländischen Rassen. Bisher ist in der Schweiz erst das Simmentaler Fleckvieh untersucht worden [Müller, 14]. Die Typisierung des schweizerischen Braunviehs und der Eringer Rasse ist im Gange.

## II. Literaturbesprechung

In der Schweiz existieren bisher nur drei Publikationen auf dem Gebiet der Blutgruppenforschung beim Rind [14, 56, 57]. Dagegen ist die ausländische Literatur überaus reichhaltig [2, 3, 4, 7, 9, 12, 19, 20, 21, 24, 30, 32, 37, 54], so daß ein umfassender Bericht über den heutigen Stand der Blutgruppenuntersuchungen beim Rind zu weit führen würde.

Die ersten Versuche um die Jahrhundertwende hinsichtlich Methodik wiesen verschiedene Wege; schließlich haben sich zwei Methoden zur Bestimmung der Blutgruppen herausgeschält: die sogenannte Methode der Immun-Sera und diejenige der Iso-Sera [21].

### 1. Die Methode der Immun-Sera

Um die international gebräuchliche Nomenklatur zu respektieren, müssen zuerst einige Begriffe klargestellt werden, wie sie von Stormont [49, 52] fixiert und von Neimann-Sørensen [21] definiert worden sind.

a) *Blutfaktor oder antigener Faktor*: Die verschiedenen antigenen Eigenschaften der Blutkörperchen, die durch ihre Reaktionen mit den in diesen Arbeiten verwendeten Test-Sera charakterisiert werden, heißen «antiger Faktor» oder «Blutfaktor». Ihre Bezeichnung ist willkürlich. Sie wurden mit Buchstaben des Alphabets bezeichnet, und zwar in der Reihenfolge ihrer Entdeckung mit A, B, C . . . Z, und als diese Buchstaben alle gebraucht waren, fing man wieder von vorne an: A', D', K' . . . Z'. Dabei besteht kein serologischer Zusammenhang zwischen z.B. A und A', Z und Z' usw.

b) *Blutgruppe*: Unter Blutgruppe verstehen wir ein mehr oder weniger komplexes Antigen, das von einem bis mehreren Faktoren gebildet und als Ganzes, en bloc vererbt wird. Man findet an Stelle von «Blutgruppe» auch andere Bezeichnungen wie «antiger Komplex» oder «antige Gruppe».

Beispiele von Blutgruppen: I', BIQ, BGKA'2E', RW, W . . .

c) *Blutgruppensystem oder genetisches System*: Zu jedem «Blutgruppensystem» gehört ein ganz bestimmter Chromosomen-locus. Deshalb bilden die genetisch durch allelomorphe Gene kontrollierten Blutgruppen «genetische Systeme». Diese Allele folgen im Prinzip dem dominanten Erbgang.

Zur Kennzeichnung des Systems setzt man vor die Blutgruppe einen großen Buchstaben, also z.B. B I', B BIQ, B BGKA'2E', C RW, Cw; das heißt, daß I', BIQ und BGKA'2E' Blutgruppen aus dem B-System, RW und W solche aus dem C-System sind, mit den entsprechenden Allelen BI', B BIQ, B BGKA'2E', CRW und CW.

d) *Bluttyp* nennt man die komplette Antigen- oder Faktorenformel eines Tieres, wie man sie mit der zur Verfügung stehenden Serie von Test-Sera ermittelt hat. Dabei sind nie alle möglichen Faktoren im Einzelindividuum realisiert, sondern die Zahl kann schwanken zwischen einigen wenigen bis gegen 20.

e) *Test-Serum* nennt man ein Anti-Serum, welches nur eine einzige Art von Antikörpern enthält; es läßt sich durch Absorption nicht mehr weiter aufspalten. Jedem Anti-Serum entspricht deshalb ein ganz bestimmter antigener Faktor [5, 21].

f) *Serologische Subtypen* beim Rind sind in den meisten Fällen den serologischen Subtypen A<sub>1</sub> und A<sub>2</sub> des Menschen ähnlich. Sie werden durch eine arabische Indexzahl gekennzeichnet, z.B. O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>; C<sub>1</sub> und C<sub>2</sub>; A'<sub>1</sub> und A'<sub>2</sub> usw. Viele der serologischen Subtypen sind bis heute noch nicht in einem internationalen Standard-Versuch zum Vergleich der in den verschiedenen Blutgruppenlaboratorien der Welt verwendeten Test-Sera geprüft worden, weshalb wir nur diejenigen erwähnen werden, die in den USA entdeckt wurden oder die uns selbst für diese Arbeit zur Verfügung standen.

g) *Methodisches*: Durch Iso-Immunisationen von Rindern und Hetero-Immunisationen von Kaninchen einerseits und entsprechende Absorptionen andererseits gelang es Ferguson, Stormont und Irwin [5, 6, 49] in Wisconsin (USA), etwa 40 antigene Faktoren der roten Blutkörperchen des Rindes zu isolieren. Ihre Arbeit basiert auf einem hämolytischen System, bestehend aus Immun-Serum, Komplement (= Kaninchen-Serum) und Erythrozyten vom Rind. Mit der Zeit wurde die Liste dieser Faktoren noch erweitert, so daß bis heute mehr als 50 solcher antigener Faktoren identifiziert worden sind [1, 12, 21, 33, 52, s. auch Müller, 14]. In erster Linie Stormont, Owen und Irwin [49, 50, 52], aber auch Neimann-Sørensen [21] und Rendel [33] gelang es, diese Blutfaktoren 11 genetischen Systemen zuzuordnen, die durch 10, eventuell 11 offenbar voneinander unabhängige Gen-loci kontrolliert werden [12].

Die Tabelle 1 zeigt eine Zusammenstellung der Blutgruppensysteme des Rindes mit den antigenen Faktoren und ihren entsprechenden Allelen. So bezeichnen z.B. die Allele A<sup>A</sup>, A<sup>H</sup>, A<sup>AH</sup> und A<sup>-</sup> die Anwesenheit der antigenen Faktoren A, H, A und H auf dem Erythrocyten respektive deren Fehlen (A<sup>-</sup>).

Tabelle 1

*Antigene Faktoren und entsprechende Gene, die in den Blutgruppensystemen des Rindes identifiziert wurden, nach Andresen et al. [1]*

Genetische Systeme	Antigene Faktoren	Allelomorphe* Gene
A	A, H, -	A <sup>A</sup> , A <sup>H</sup> , A <sup>AH</sup> , A <sup>-</sup>
B	B, G, I, K, O <sub>1</sub> , O <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , P, Q, T <sub>1</sub> , T <sub>2</sub> , Y <sub>1</sub> , Y <sub>2</sub> , A', D', E' <sub>1</sub> , E' <sub>2</sub> , E' <sub>3</sub> , I', J', K', D <sub>2</sub> , D <sub>4</sub> , 4, 6, 7, 8, -	über 200 Allele
C	C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> , R, W, X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> **, L', E, -	rund 30 Allele
FV	F, V	FF, FV
J	J <sup>s</sup> , J, -	J <sup>s</sup> , J, J <sup>-</sup>
L	L, -	LL, L <sup>-</sup>
M	M <sub>1</sub> , M <sub>2</sub> , -	M <sup>M<sub>1</sub></sup> , M <sup>M<sub>2</sub></sup> , M <sup>-</sup>
SU	S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> (= H'), U <sub>1</sub> , U <sub>2</sub> , -	SS <sub>1</sub> , SS <sub>2</sub> , SU <sub>1</sub> , SU <sub>2</sub> , SS <sub>1</sub> U <sub>1</sub> , SS <sub>1</sub> U <sub>2</sub> , S <sup>-</sup>
Z	Z, -	ZZ, Z <sup>-</sup>
Z'	Z', -	Z'Z', Z' <sup>-</sup>
D	D, -	DD, D <sup>-</sup>

\* Ein (-) bedeutet in jedem Blutgruppensystem, mit Ausnahme des Systems FV, das Fehlen eines antigenen Faktors respektive eines nachweisbaren Allels. \*\* Nach Neimann-Sørensen [21] und Bouw [2].

*System B:* Die bisher bekannten 27 Faktoren [1, 21, 23, 52] bilden zusammen mindestens 200 verschiedene Blutgruppen.

Neimann-Sørensen [21] konnte drei serologische Subtypen von A' isolieren: A'\_1, A'\_2 und A'\_3, welche eine spezielle Form von kreuzweiser Reaktion ergeben: er nennt sie «nicht-lineare serologische Subtypen». Das dänische Antiserum A'\_1 ist identisch mit dem amerikanischen A'.

Die Faktoren D<sub>2</sub> und D<sub>4</sub> sind keine serologischen Subtypen von D, sondern in Dänemark neu entdeckte Faktoren [1, 21]. Neimann-Sørensen (persönliche Mitteilung an Müller [14]) hat beobachtet, daß D<sub>2</sub> ausschließlich nur in Gesellschaft von Y<sub>2</sub> auftritt; Y<sub>2</sub> ohne D<sub>2</sub>, oder umgekehrt D<sub>2</sub> ohne Y<sub>2</sub> konnte nie beobachtet werden. Die vorliegende Arbeit hat diese Beobachtung bestätigt.

4, 6, 7, 8 sind ebenfalls neue, von Stormont [52] isolierte Faktoren. 4 ist identisch mit E<sub>1</sub> und soll in Zukunft laut Neimann-Sørensen und Spryszak [22] als Y' bezeichnet werden.

*System C:* Dieses System ist dem B-System sehr ähnlich. Seine bisher entdeckten 9 antigenen Faktoren bilden zusammen mindestens 23 Allele [1, 49], doch ist die Bestimmung der C-Allele recht schwierig, weil einzelne Faktoren bei einem hohen Prozentsatz der Tiere auftreten (z. B. W). Der Faktor E ist identisch mit dem dänischen Faktor D<sub>1</sub>. Neimann-Sørensen und Spryszak [22] glauben, daß auch der neue dänische Faktor D<sub>3</sub> zum C-System gehört. Ihnen ist es gelungen, beim Roten Polnischen Vieh die überraschend große Zahl von 22 C-Allelen zu bestimmen.

*System FV:* Es ist dem menschlichen MN-System sehr ähnlich und enthält nur die beiden Allele FF und FV, welche sich alternativ verhalten. Man unterscheidet mindestens zwei serologische Subtypen von F (F<sub>1</sub> und F<sub>2</sub>). Für unsere Untersuchungen stand uns nur das Antiserum F<sub>2</sub> zur Verfügung.

*System J:* Dieses System ist das einzige seiner Art beim Rind. Anti-J Antikörper existieren in der Tat nur als normale Antikörper und können weder durch Iso- noch durch Hetero-Immunisation produziert werden [11, 21, 43, 47].

Stormont [47] hat gezeigt, daß die J-Substanz der Erythrocyten zuerst als Bestandteil des Plasmas auftritt, um später von den roten Blutkörperchen absorbiert zu werden. Es scheint, daß diese J-Substanz im Plasma zuerst eine ganz bestimmte Konzentration erreichen muß, bevor die roten Blutkörperchen sie in einer nachweisbaren Menge aufnehmen. Daher unterscheidet man drei Klassen von Individuen: 1. solche, welche die J-Substanz nur als Bestandteil des Plasmas aufweisen (J<sup>s</sup>); 2. solche, bei welchen die J-Substanz sowohl im Plasma als auch auf den Erythrozyten vorhanden ist (J<sup>cs</sup>), und 3. solche, bei welchen die J-Substanz überhaupt fehlt (J<sup>-</sup>), wobei diese Tiere trotzdem die normalen anti-J Antikörper besitzen können [41, 42].

Es bestehen auch serologische Beziehungen zwischen den Substanzen J des Rindes, R des Schafes und A des Menschen [11, 15, 47].

*System SU:* Stormont – erwähnt bei Andresen et al. [1], Neimann-Sørensen und Spryszak [22] – hat kürzlich entdeckt, daß der Faktor H', der bis dahin ein eigenes antigenes System bildete, genetisch zum SU-System gehört und ein serologischer Subtyp von S ist. Diese beiden Faktoren wurden deshalb umbenannt, und die neue Bezeichnung lautet jetzt: S<sub>1</sub> (früher S) und S<sub>2</sub> (früher H'). Diese Tatsache konnte auch durch die vorliegende Arbeit bestätigt werden.

+ *System Z:* Das durch Hetero-Immunisation von Kaninchen gewonnene Antiserum (Z) ermöglicht die serologische Differenzierung der Genotypen Z<sup>Z</sup>/Z<sup>Z</sup> und Z<sup>Z</sup>/Z<sup>-</sup>.

## 2. Die Methode der natürlichen Iso-Sera

Sie beruht auf einem Konglutinationssystem aus natürlichen Sera, Komplement und roten Blutkörperchen, alle vom Rind stammend [38].

In Göttingen gelang es Schermer und Otte [38] sowie Tolle [54], auf diese Weise auf den roten Blutkörperchen des Rindes acht verschiedene antigene Faktoren zu isolieren, die ursprünglich mit den Symbolen A°-G° und X° bezeichnet wurden. Rendel, Tolle und Neumann-Sørensen [31] wiesen dann aber nach, daß sechs dieser acht Faktoren Antigenen entsprechen, welche mit der Methode der Immun-Sera ebenfalls gefunden wurden, und daß der Faktor E° dem amerikanischen anti-J<sub>2</sub> sehr ähnlich ist. (Anti-J<sub>2</sub> ist ein neues Normalantiserum, welches man als speziell starkes anti-J Antiserum betrachten kann.) Hingegen fanden sie keinen entsprechenden amerikanischen Blutfaktor zum Faktor F°. Um die Nomenklatur nicht allzusehr zu komplizieren, hat man die deutschen Symbole durch die entsprechenden amerikanischen ersetzt.

### III. Eigene Untersuchungen

#### 1. Methode

Wir haben die Methode der Immun-Sera angewendet, wie sie von Neumann-Sørensen [21] beschrieben worden ist. In kurzen Zügen geschildert, ist das Vorgehen folgendes: Die Blutproben werden in Glasrörchen entnommen, die am Schluß etwa 10 ml Blut und 2,5 ml der folgenden Lösung enthalten [14]:

Natrium chloratum purum . . . . .	25.0
Natrium citricum tribasicum purum . . . . .	100.0
Natrium cyanatum purum (NaCN) . . . . .	0.833
Aqua destillata . . . . .	ad 5000.0

Nach der Blutentnahme werden die Proben bis zur Analyse einen bis maximal vier Tage bei einer Temperatur von +2 bis +4° Celsius aufbewahrt.

Vor der Analyse werden die Proben dreimal ausgewaschen, worauf man eine Erythrozyten-Suspension von 2% in physiologischer NaCl-Lösung herstellt (0,92%). Zwei Tropfen Antiserum und ein Tropfen Blutsuspension werden in speziellen kleinen Hämolyse-Röhrchen vermischt (dazu verwenden wir standardisierte Pipetten, die zwanzig Tropfen pro ml geben). Schließlich wird in jedes Röhrchen noch ein Tropfen Komplement zugesetzt (Komplement = Kaninchenblut-Serum, das durch Herzpunktion gewonnen und bis zur Verwendung bei -18 bis -20° Celsius in der Gefriertruhe aufbewahrt wird).

Im Simultanversuch wird das Hämolyse-Vermögen der physiologischen NaCl-Lösung und des Komplements für jede einzelne Blutsuspension kontrolliert.

Die Stärke der Reaktion wird durch drei aufeinanderfolgende Ablesungen geprüft: die erste nach 30 Minuten (nur für einige Test-Sera), die zweite 1 1/2 bis 2 Stunden später (für alle Antisera) und die dritte nochmals 1 1/2 bis 2 Stunden nach der zweiten Ablesung (nochmals für alle Testsera).

Der ganze Versuch wird in einem Raum mit konstanter Temperatur zwischen +24 bis +26° Celsius durchgeführt.

Zur Verfügung standen uns die folgenden 44 dänischen Anti-Sera:

A, B, G, K, I, P, O<sub>1</sub>, O<sub>3</sub>, Q, T, Y<sub>1</sub>, Y<sub>2</sub>, E<sub>1</sub> (= 4), A'<sub>1</sub> (= das amerikanische A'), A'<sub>2</sub>, D', E'<sub>1</sub>, E'<sub>2</sub> + I, E'<sub>3</sub>, I', J', K', D<sub>2</sub>, D<sub>4</sub>, C<sub>1</sub> + P, C<sub>2</sub>, D<sub>1</sub> (= E), R, W, X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub>, F<sub>2</sub>, V, J, L, M, S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> (= H'), U<sub>1</sub>, U<sub>2</sub>, Z, Z', Z'.

#### 2. Material

Weil die Herstellung der Antisera eine mühsame und langdauernde Arbeit ist, haben wir uns mit Blutproben von 265 Tieren begnügt. Diese 265 Blutproben (von 19 Stieren, 123 Kühen und 123 Nachkommen) haben wir im Laufe des Winters 1959/1960 in 19 Viehzuchtgenossenschaften des Freiburger Schwarzfleckviehs gesammelt. In jeder dieser 19 Viehzuchtgenossenschaften entnahmen wir je eine Blut-

probe bei einem Stier und sechs bis acht seiner Nachkommen sowie bei deren Müttern. Die Nachkommen wurden rein zufällig ausgewählt; wir haben höchstens darauf geachtet, daß unter den entsprechenden Muttertieren möglichst geringgradige Verwandtschaft herrschte. Die Nachkommen dienten uns in erster Linie dazu, den Genotyp der Eltern, namentlich im B-System, zu bestimmen. Ein Stier mußte wegen unklarer Ergebnisse im Phänotyp aller Blutgruppensysteme für die Berechnungen ausgelassen werden (wir vermuten, es könnte sich um einen als Zwilling geborenen Stier handeln), so daß für die Berechnung der Gen-Frequenzen 141 Tiere (18 Stiere und 123 Kühe) zur Verfügung standen.

Das Freiburger Schwarzfleckvieh ist eine Rasse, deren Zuchziel ziemlich ähnlich demjenigen des Simmentaler Viehs ist [14]: Milch- und Fleischleistung. Das Originalzuchtgebiet liegt im Gruyererland, im Herzen des Kantons Freiburg. Nachzuchtgebiete von einiger Bedeutung bestehen in den Kantonen Neuenburg, Basel-Land und Bern, wo wir der Vollständigkeit halber auch Blutproben geholt haben.

In den letzten zehn Jahren hat man versucht, die Rasse zu verbessern durch den Import einiger Stiere der Holstein-Friesen-Rasse. Es ließ sich leider nicht ganz vermeiden, daß wir einige Blutproben von Tieren entnahmen mußten, die in dritter oder vierter Generation dieses fremde Blut führten. Die beiden Rassen gleichen sich aber in ihrem Exterieur dermaßen, daß die Herdebuchstelle für das Freiburger Schwarzfleckvieh diese Kreuzungsprodukte offiziell anerkennt.

Wir haben mit einer Ausnahme sämtliche Blutproben in anerkannten Viehzuchtgenossenschaften des Freiburger Schwarzfleckviehs entnommen. Von den 141 Stieren und Kühen trugen 134 eine Metallmarke oder einen Genossenschafts-Hornbrand und wurden zwischen 1945 und 1957 geboren; sie dürfen also als reinrassig anerkannt werden. Die restlichen sieben Tiere stammten aus einem größeren Betrieb im Kanton Bern, auf welchem seit vielen Generationen das Freiburger Schwarzfleckvieh aus Traditionsgriünden gezüchtet wird. Stiere wurden regelmäßig, Kühe periodisch, namentlich infolge der Tbc- und Bangausmerzaktionen, aus dem Originalzuchtgebiet zugekauft, weshalb wir auch diese Tiere als rassenrein betrachtet haben.

### *3. Kontrolle der Hypothese des genetischen Gleichgewichts*

Die zur Frequenzberechnung der Gene in den Systemen A, B, J, L und SU angewendeten Methoden setzen voraus, daß die berücksichtigte Population die Anforderungen des genetischen Gleichgewichts erfüllt.

In einer Rinderpopulation haben nicht alle Tiere dieselben Möglichkeiten, sich fortzupflanzen. In erster Linie sind es züchterisch wertvolle Stiere, deren Gene sich am stärksten verbreiten werden, ganz besonders, wenn die künstliche Besamung angewendet wird. In solchen Populationen kann das so weit führen, daß das genetische Gleichgewicht gestört wird [2]. Die Reproduktionsmöglichkeit der weiblichen Tiere wird auch durch einige limitierende Faktoren bestimmt: Milchleistung, Zwischenfälle bei der Geburt, Sterilität usw.

Im speziellen Fall der Freiburger Schwarzflecken, die heute mit 23 000 Stück nur noch einen kleinen Prozentsatz des gesamtschweizerischen Rinderbestandes ausmachen, werden verhältnismäßig wenige Stiere gehalten, die dadurch zum Teil ein relativ hohes Alter erreichen und so die Chance hätten, sich überdurchschnittlich stark fortzupflanzen. Andrseits spielt die künstliche Besamung in der Schweiz im Moment noch keine große Rolle, was namentlich auch für das Freiburger Schwarzfleckvieh zutrifft, wo sie praktisch nur in Ausnahmefällen zur Anwendung gelangt.

Unsere Population befindet sich im genetischen Gleichgewicht in bezug auf die Systeme FV und Z (s. Tabelle 2), weshalb wir annehmen, sie sei es auch in bezug auf die übrigen Systeme. Die Hypothese des genetischen Gleichgewichts kann an Hand der Systeme FV und Z geprüft werden, weil man in diesen beiden Systemen die homozygoten von heterozygoten Tieren serologisch unterscheiden kann.

Tabelle 2

*Kontrolle der Hypothese des genetischen Gleichgewichts für die Systeme FV und Z*

	FF/FF	FF/FV	FV/FV	ZZ/ZZ	ZZ/Z-	Z-/Z-
Beobachtet . . . .	71	58	12	34	74	33
Erwartet . . . .	70,9	58,2	11,8	35,7	70,5	34,7
$\chi^2$ FV = 0,004; $\chi^2$ Z = 0,338 1 d.f.						

#### 4. Berechnung der Gen-Frequenzen

In der Einführung wurde erwähnt, die Blutgruppenbestimmung erlaube Rückschlüsse zu ziehen auf die genetische Zusammensetzung einer Rasse oder auf Unterschiede zwischen den Rassen. Um darüber etwas aussagen zu können, eignet sich die Bestimmung der relativen Genfrequenzen viel besser als z.B. die Berücksichtigung der Phänotypen (Bluttypen) oder die Berechnung der Frequenzen einzelner Blutfaktoren.

Für diesen Teil unserer Arbeit nehmen wir Bezug auf die Arbeiten und Publikationen von Neimann-Sørensen [16, 17, 21] und Rendel [36], wo die angewendeten Methoden detailliert beschrieben sind.

In den Systemen A, J und L bildete die Quadratwurzel aus der relativen Frequenz der negativ-homozygoten Tiere (= Tiere, die im betreffenden System kein nachweisbares Allel besitzen) den Ausgangspunkt für die Genfrequenzberechnung.

Im System M war die Berechnung insofern einfach, weil alle Antigen-Träger heterozygot waren ( $M^M/M^-$ ), was durch die Kontrolle ihrer Nachkommen herausgefunden wurde; wir wandten hier die Methode der Genzählung an.

Noch einfacher war der Fall im System Z': Alle Tiere waren negativ ( $Z'^-/Z'^-$ ).

Für die Systeme SU und B wurde die von Neimann-Sørensen [16, 17, 21] beschriebene Methode angewendet.

Auf eine Berechnung der Gen-Frequenzen im C-System haben wir verzichtet, weil nur wenige Faktoren im Spiel sind, die dadurch relativ hohe Frequenzen erreichen und die Bestimmung einzelner Allele stark erschweren.

In den Systemen FV und Z, wo der Genotyp serologisch bestimmt werden kann, errechneten wir die Frequenzen direkt durch Genzählung.

#### 5. Resultate

Aus früheren Studien hat man geschlossen, daß rassische Unterschiede herrühren können:

- a) von Unterschieden in einer großen Zahl von Genen mit an und für sich wenig imponierender Wirkung;
- b) von Unterschieden in der Frequenz der Gene mit deutlicher Wirkung; Unterschieden, die vom ganz krassen Beispiel bis zur kaum nachweisbaren Abweichung gehen [Hanset, 10].

Gerade beim Studium der rassischen Unterschiede erweisen sich die immunologischen Methoden als den klassischen überlegen. Will man versuchen, eine biologische Klassifikation der Rassen vorzunehmen, zeigt sich der Vorteil der Blutgruppen gegenüber der rein morphologischen Betrachtungsweise: man kennt die Vererbungsweise der Blutgruppen. Beim Menschen z. B. hat man rassische Unterschiede in der Genfrequenz der Blutgruppen nachweisen können. Analoge Studien bei Rinderrassen sind bis heute noch nicht sehr zahlreich. Gemeinsam haben sie aber alle gezeigt, daß sich die verschiedenen Rinderrassen durch Unterschiede in der Frequenz von Blutgruppengenen oder Blutfaktoren voneinander unterscheiden [2, 5, 21, 25, 29, 36, 50]. Ein zuverlässiger Vergleich zwischen den einzelnen Rassen ist nicht leicht zu ziehen. Dies liegt zum Teil darin begründet, daß noch nicht alle in den verschiedenen Blutgruppenlaboratorien der Welt verwendeten Testsera in einem internationalen Vergleichs-Test kontrolliert worden sind, was z. B. auf Unterschiede hindeuten könnte, welche gar keine sind oder umgekehrt. Deshalb ist es oft schwierig, zu sagen, ob ein bestimmtes Allel schon beschrieben worden ist oder nicht.

Wir wollen trotzdem versuchen, die Rasse des Freiburger Schwarzfleckviehs, gestützt auf die bisher erschienenen Publikationen, mit andern Rassen zu vergleichen. Die Resultate der Blutgruppenuntersuchungen bei der Population des Freiburger Schwarzfleckviehs sind zusammengefaßt in den Tabellen 3 bis 8.

Tabelle 3

*Relative Gen-Frequenzen und Prozentsatz der positiven Tiere in den Systemen A, J, L, M, Z, Z', FV und C bei 141 Tieren der Freiburger Schwarzfleckviehrasse*

System	Prozentsatz der positiven Tiere	Relative Gen-Frequenzen		Mittlerer Fehler
A	75,18	AA: 0,5018	A-: 0,4982	± 0,0365
J	23,40	JJ: 0,1248	J-: 0,8752	± 0,0204
L	9,22	LL: 0,0472	L-: 0,9528	± 0,0128
M	4,26	MM: 0,0213	M-: 0,9787	± 0,0
Z	76,60	ZZ: 0,5035	Z-: 0,4964	± 0,0298
Z'	0,0	Z'Z': 0,0	Z'-.: 1,0000	± 0,0
FV	F: 91,49 V: 49,65	FF: 0,7092	FV: 0,2908	± 0,0273
C	C <sub>1</sub> : 51,77 C <sub>2</sub> : 78,01 R: 26,24 D <sub>1</sub> : 60,28 W: 90,07 X <sub>1</sub> : 4,26 X <sub>2</sub> : 43,97 X <sub>3</sub> : 50,35	Wir haben auf die Genfrequenzberechnung im C-System verzichtet, da wir mit Sicherheit nur die folgenden acht Allele bestimmen konnten: CC <sub>1</sub> , CC <sub>1</sub> W, CC <sub>1</sub> X <sub>2</sub> , CC <sub>2</sub> D <sub>1</sub> W, CRW, CW, CX <sub>2</sub> und C-		

Tabelle 4

*Gen-Frequenzen im SU-System, berechnet an 141 Tieren  
des Freiburger Schwarzfleckviehs*

Gen	1. Schätzung	2. Schätzung	3. Schätzung	4. Schätzung	5. Schätzung
SS <sub>1</sub>	0,1545	0,1304	0,1280	0,1279	0,1279
SS <sub>1</sub> U <sub>1</sub>	0,0091	0,0035	0,0035	0,0045	0,0035
SS <sub>2</sub>	0,3818	0,6176	0,6193	0,6166	0,6142
SU <sub>2</sub>	0,4364	0,2180	0,2144	0,2138	0,2133
S <sup>-</sup>	0,0182	0,0304	0,0347	0,0382	0,0410
	1,0000	0,9999	0,9999	1,0000	0,9999
Prozentsatz der positiven Tiere:					
S <sub>1</sub> :	25,53	S <sub>2</sub> :	96,45	U <sub>1</sub> :	0,71
				U <sub>2</sub> :	39,01

Im SU-System sind die Verhältnisse durch den neuen Faktor S<sub>2</sub> (= H') komplizierter geworden, weil dieser Faktor bei einem sehr großen Prozentsatz der Tiere vorkommt (s. Tab. 4: bei 96,45%). Wir haben die in Tabelle 4 angegebenen 5 SU-Allele mit Sicherheit bestimmen können. Wie schon Neumann-Sørensen [21] bei dänischem Vieh, sind auch wir zur Auffassung gekommen, daß das Allel SS<sub>1</sub>U<sub>2</sub> in unserer Population nicht vorkommt. Möglich wäre das Allel SS<sub>2</sub>U<sub>2</sub>, denn wir haben viele Tiere mit dem Phänotyp (S<sub>2</sub>U<sub>2</sub>) gefunden, jedoch nie mit Sicherheit das Gen SS<sub>2</sub>U<sub>2</sub> identifizieren können, dagegen öfters die Allele SS<sub>2</sub> oder SU<sub>2</sub> sich abspalten sehen. Deshalb haben wir die Bestimmung der Gen-Frequenzen im System SU ohne das Allel SS<sub>2</sub>U<sub>2</sub> durchgeführt.

*B-System:* Bis heute sind schon über 200 verschiedene B-Allele entdeckt worden [2, 14, 21, 22, 36, 49]. Stormont et al. [53] haben vor nicht langer Zeit geschrieben, sie hätten über 50 weitere, neue B-Allele gefunden, ohne aber eine Liste derselben zu veröffentlichen.

Einige dieser über 200 Allele kamen bisher nur bei einer bestimmten Rasse vor, andere wurden bei verschiedenen Rassen beobachtet.

Die Bestimmung der Gene im B-System beim Freiburger Schwarzfleckvieh bildete – wie erwähnt – eines der Hauptziele der vorliegenden Arbeit. Wir haben uns dazu einzelner Elternpaare bedient, die von Neumann-Sørensen [21] «conclusive matings» genannt worden sind: Es sind «aufschlußreiche» Paarungen deshalb, weil man bei ihren Nachkommen sagen kann, welche Faktoren oder Antigen-Komplexe im B-System sie von jedem ihrer Eltern erhalten haben. Von 123 Elternpaaren konnten wir 64 dem Typ der «conclusive matings» zuordnen.

Auf diese Weise haben wir folgende 29 antigenen Faktoren oder Faktoren-Kombinationen beim Freiburger Schwarzfleckvieh gefunden, welche wirklich von den Eltern auf ihre Nachkommen vererbt worden sind:

BGK, BGKQA<sub>2</sub>'E<sub>2</sub>', BGKA<sub>2</sub>'E<sub>2</sub>', BGKE<sub>1</sub>', BGKE<sub>2</sub>', BGO, BGOY<sub>2</sub>D<sub>2</sub>, BIQ, BPY<sub>2</sub>E<sub>1</sub>A<sub>2</sub>'D<sub>2</sub>, BOY<sub>2</sub>D'D<sub>2</sub>, GA<sub>1</sub>', I, P, PQE<sub>1</sub>I', PE<sub>1</sub>I', PI', O, OTE<sub>3</sub>', OTE<sub>3</sub>K', OA<sub>1</sub>', Q, QA<sub>2</sub>', QA<sub>2</sub>E<sub>2</sub>', TA<sub>1</sub>E<sub>3</sub>', Y<sub>1</sub>A<sub>2</sub>'E<sub>1</sub>', Y<sub>2</sub>D<sub>2</sub>, A<sub>1</sub>', I' und b.

Abgesehen von Fehlern, die während der Analyse unterlaufen könnten, oder von falschen Angaben bezüglich der Abstammung eines Tieres, darf man die einmalige Vererbung eines Allels an einen Nachkommen als zureichende Garantie für seine Existenz ansehen [17].

Wir konnten den Genotyp im B-System bei 85 der 141 Elterntiere festlegen. 6 Tiere, deren Phänotypen keiner Kombination von 2 der 29 beobachteten Allele entsprach, mußten von der Berechnung im B-System ausgeschlossen werden. Es handelt sich um folgende Phänotypen:

- a)  $BGKIQA'_1$    b)  $BGKIOQ$    c)  $BGOTY_2E_3I'K'D_2$  und   d)  $OA'_2E'_2$   
(3 Tiere).

a) und b): Die beiden Phänotypen unterscheiden sich nur durch einen Faktor. Mögliche Aufteilungen wären:

- a)  $BGKIQ/A'_1$  oder  $GA'_1$  resp.  $BIQ/BGKA'_1$ ,  
b)  $BGKIQ/O$  oder  $BGO$  resp.  $BIQ/BGKO$ .

Für das Vorkommen der Allele  $B^{BGKIQ}$ ,  $B^{BGKA'_1}$  und  $B^{BGKO}$  haben wir aber keinen Beweis.

- c) Die wahrscheinlichste Kombination ist hier:  $BGOY_2D_2/OTE'_3I'K'$ .

Wir haben das Allel  $B^{OTE'_3K'}$  beim Freiburger Schwarzfleckvieh beobachtet, während das Allel  $B^{OTE'_3I'K'}$  bei andern Rassen bekannt ist, nämlich bei den Simmentalern [14], Guernseys und Brown Swiss [49].

d) Bei den drei Kühen mit dem Phänotyp  $OA'_2E'_2$  konnten die Nachkommen von der Mutter entweder  $B^0$  oder  $B^-$  erhalten haben. Damit bleiben uns folgende Möglichkeiten der Aufteilung:

$O/OA'_2E'_2$  oder  $O/A'_2E'_2$  oder  $-/OA'_2E'_2$ .

Bisher sind weder ein Allel  $B^{OA'_2E'_2}$  noch ein Allel  $B_{A'_2E'_2}$  beschrieben worden, und auch wir können nicht mit Bestimmtheit feststellen, ob beim Freiburger Schwarzfleckvieh eines der beiden Allele vorkommt.

Tabelle 5

*Aufteilung der B-Allele bei 14 Stieren der Freiburger Schwarzflecken*

Stier	Phänotyp	An die Nachkommen vererbte Antigen-Komplexe*	Genotyp des Stiers
Ouragan, 2322	$BGKE'_2$	$BGKE'_2(1)/b(4)$	$BBGKE'_2/Bb$
Miron, 1068	$BGKOE'_2$	$BGKE'_2(1)/0(4)$	$BBGKE'_2/B0$
Négus, 3259	Q	$Q(2)/b(6)$	$BQ/Bb$
Pirli, 1305	$BGKOE'_2$	$BGKE'_2(2)/0(4)$	$BBGKE'_2/B0$
Sugus, 1785	$BGIO$	$BGO(2)/I(6)$	$BBGO/BI$
Riquet, 1761	$GOA'_1$	$GA'_1(2)/0(4)$	$BGA'_1/B0$
Alpin, 2114	IO	$I(3)/0(2)$	$BI/BO$
Japonais, 948	$BGKOTA'_2E'_2$	$BGKA'_2E'_2(4)/OTE'_3(1)$	$BBGKA'_2E'_2/BOTE'_3$
Galé, 3183	$BGKOA'_2E'_2$	$BGKA'_2E'_2(3)/0(3)$	$BBGKA'_2E'_2/B0$
Guerrier, 1939	$BGKQA'_2E'_2$	$BGKA'_2E'_2(6)/Q(2)$	$BBGKA'_2E'_2/BQ$
Diamant, 1319	$BOY_2A'_1D'D_2$	$BOY_2D'D_2(5)/OA'_1(1)$	$BBOY_2D'D_2/BOA'_1$
Ardent, 460	$BOY_2A'_1D'D_2$	$BOY_2D'D_2(5)/OA'_1(2)$	$BBOY_2D'D_2/BOA'_1$
Bonaparte, 1601	$BIPY_2E_1A'_2D_2$	$BPY_2E_1A'_2D_2(1)/I(4)$	$BBPY_2E_1A'_2D_2/BI$
Joyeux, 1012	$GOA'_1$	$GA'_1(2)/0(3)$	$BGA'_1/B0$

\* In Klammer ist die Zahl der Nachkommen angeführt, welche das betreffende Allel jeweils von ihrem Vater bekommen haben.

Tabelle 6

Erste bis vierte Schätzung der Gen-Frequenzen des B-Systems, berechnet für 135 Tiere des Freiburger Schwarzfleckviehs

B-Allele	1. Schätzung	2. Schätzung	3. Schätzung	4. Schätzung
BGK	0,0118	0,0098	0,0091	0,0090
BGKQA' E'₂	0,0176	0,0388	0,0397	0,0397
BGKA' E'₂	0,0471	0,0508	0,0502	0,0502
BGKE'₁	0,0118	0,0083	0,0079	0,0079
BGKE'₂	0,0882	0,1002	0,0999	0,0999
BGO	0,0059	0,0062	0,0049	0,0049
BGO Y₂ D₂	0,0706	0,0582	0,0606	0,0606
BIQ	0,0176	0,0112	0,0111	0,0111
BPY₂ E₁ A'₂ D₂	0,0118	0,0189	0,0191	0,0188
BOY₂ D'₂ D₂	0,0588	0,0410	0,0407	0,0408
GA'₁	0,0588	0,0485	0,0481	0,0482
I	0,1588	0,1124	0,1104	0,1104
P	0,0118	0,0079	0,0076	0,0076
PQE'₁ I'	0,0059	0,0075	0,0074	0,0074
PE'₁ I'	0,0059	0,0075	0,0074	0,0074
PI'	0,0118	0,0075	0,0074	0,0074
O	0,1059	0,1777	0,1865	0,1873
OTE'₃	0,0176	0,0119	0,0114	0,0114
OTE'₃ K'	0,0235	0,0303	0,0300	0,0300
OA'₁	0,0294	0,0325	0,0317	0,0315
Q	0,0412	0,0351	0,0343	0,0344
QA'₂	0,0059	0,0048	0,0045	0,0045
QA'₂ E'₂	0,0294	0,0214	0,0202	0,0202
TA'₁ E'₃	0,0059	0,0037	0,0037	0,0037
Y₁ A'₂ E'₁	0,0059	0,0037	0,0037	0,0037
Y₂ D₂	0,0294	0,0216	0,0202	0,0201
A'₁	0,0235	0,0224	0,0220	0,0221
I'	0,0294	0,0186	0,0185	0,0185
b	0,0588	0,0817	0,0817	0,0813
Total	1,0000	1,0001	0,9999	1,0000

Von 85 Tieren mit bekanntem Genotyp konnten wir die in der ersten Kolonne angegebenen relativen Frequenzen berechnen. Die verbleibenden 50 Phänotypen haben wir in der Folge mehrmals auf die möglichen Genotypen verteilt, indem wir einerseits die 29 beobachteten Allele, andererseits aber auch die durch die jeweiligen verwandtschaftlichen Beziehungen gegebenen Möglichkeiten berücksichtigt haben. Auf diese Weise haben wir uns immer mehr den wirklichen relativen Genfrequenzen genähert. Zwischen der dritten und vierten Schätzung sind die Differenzen minim geworden. Deshalb glauben wir, mit den bei der vierten Schätzung erhaltenen Werten den wirklichen relativen Frequenzen, wie sie auf Grund dieser Methode bestimmt werden können, sehr nahe gekommen zu sein (vgl. Tabelle 6).

Unter Berücksichtigung der von uns verwendeten Antisera und gestützt auf die Angaben in der Literatur (2, 14, 21, 22, 36, 49) sehen wir, daß nur die folgenden vier B-Allele noch nicht beschrieben worden sind, also für das Freiburger Schwarzfleckvieh vorläufig spezifisch sind:

$B^{BGKQA_2'E_2'}$ ,  $B^{PQE_1'I'}$ ,  $B^{Y_1A_2'E_1'}$  und  $B^{QA_2'}$ .

Verglichen mit den Befunden bei andern Rassen ist diese Zahl der neuen Allele relativ klein. Wir dürfen aber nicht vergessen, daß, je mehr neue Rassen beschrieben werden, die Zahl der jeweils neu entdeckten B-Allele um so kleiner wird, denn wir nähern uns mit jedem neu beschriebenen Allel immer mehr der auf Grund der bisher beobachteten B-Blutfaktoren möglichen Kombinationszahl.

Aus der Tabelle 6 ist ersichtlich, daß namentlich die beiden Allele  $B^0$  (0,1873) und  $B^I$  (0,1104) beim Freiburger Schwarzfleckvieh häufig vorkommen. Diese Zahlen sind so zu interpretieren, daß von 100 beliebig aus dieser Population herausgegriffenen Tieren etwa 19 das Allel  $B^I$  und 11 das Allel  $B^0$  besitzen. Alle übrigen Gene zeigen Frequenzen von weniger als 0,1000. Die Frequenz für das Allel  $B^0$  ist mit 0,0813, verglichen mit den bisher beschriebenen Frequenzen in fast allen andern Rassen, verhältnismäßig niedrig. Trotzdem müssen wir uns bewußt sein, daß sich hinter dem Allel  $B^b$  noch Faktoren oder Faktorenkombinationen verbergen können, für die wir vorläufig noch kein Test-Serum besitzen.

In der Tabelle 7 ist eine Zusammenstellung der B-Allele enthalten, welche das Freiburger Schwarzfleckvieh gemeinsam mit andern Rassen aufweist. Die Tabelle 8 enthält als Ergänzung hiezu noch den Vergleich der relativen Gen-Frequenzen, soweit wir die nötigen Unterlagen besaßen.

Der Einfachheit halber haben wir in den Tabellen 7, 8 und 9 an Stelle der Rassenbezeichnungen Zahlen mit folgender Bedeutung gesetzt:

- 1 = Freiburger Schwarzfleckvieh
- 2 = Simmentaler Fleckvieh, nach Müller [14]
- 3 = schweizerisches Braunvieh, unveröffentlichte Daten aus einer noch nicht abgeschlossenen Arbeit
- 4 = Holländisch-Friesen, nach Bouw [2]
- 5 = Maas-Rijn-Yssel [2]
- 6 = SRB: schwedisches rot-weißes Rind, nach Rendel [36]
- 6\* = fast reine Ayrshire-Linie innerhalb des SRB [36]
- 7 = SLB: Schwedisch-Friesen [36]
- 8 = SKB: schwedische Polled [36]
- 9 = rotes polnisches Vieh, nach Neimann-Sørensen und Spryszak [22]
- 10 = RDM: rotes dänisches Rind, nach Neimann-Sørensen [21]
- 11 = SDM: schwarz-weißes jütländisches Rind [21]
- 12 = dänische Jersey [21]
- 13 = Holstein-Friesian, nach Stormont, Owen und Irwin [49]
- 14 = Guernsey [49]
- 15 = Brown Swiss [49]
- 16 = amerikanische Jersey [49]

Tabelle 7

Verzeichnis der B-Allele, welche sowohl beim Freiburger Schwarzfleckvieh als auch bei andern Rassen vorkommen

Allel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
BGK	+	+	+						+							
BGKA' <sub>2</sub> E' <sub>2</sub>	+	+	+						+							
BGKE' <sub>2</sub>	+	+														
BGO	+	+				+				+						
BGOY <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	+	+														
BIQ	+	+	+						+							
BPY <sub>2</sub> E <sub>1</sub> A <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	+	+														
BOY <sub>2</sub> D'D <sub>2</sub>	+		+			+	+				+					
GA' <sub>1</sub>	+	+							+							
I		+														
P		+							+							
PQE' <sub>1</sub> I'	+		+													
PE' <sub>1</sub> I'	+	+														
PI'	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	
O	+	+							+	+	+	+	+	+	+	
OTE' <sub>3</sub>	+		+						+	+	+	+	+	+	+	
OTE' <sub>3</sub> K'	+	+														
OA' <sub>1</sub>	+								+	+	+	+	+	+	+	
Q	+	+	+						+	+	+	+	+	+	+	
TA' <sub>1</sub> E' <sub>3</sub>	+								+							
Y' <sub>2</sub> D' <sub>2</sub>	+		+						+	+						
A' <sub>1</sub>	+	+	+						+							
I'	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
b	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Total gemeinsame Allele	24	16	*	3	3	8	4	3	13	5	5	2	9	8	5	3
Total beobachtete Allele	29	40	*	15	14	31	22	18	42	23	20	15	60	37	21	12

\* Für das schweizerische Braunvieh können wir noch keine Zahlen angeben, weil die Arbeit noch nicht abgeschlossen ist.

Wie nicht anders zu erwarten war, ist die Zahl der gemeinsamen Allele zwischen dem Freiburger Schwarzfleckvieh und andern schweizerischen Rinderrassen hoch. Die Züchter des Freiburger Schwarzfleckviehs behaupten zwar, daß es sich bei ihrer Rasse um eine autochthone Rasse handle. Es steht mit Sicherheit fest, daß seit vielen Jahrzehnten keine Einkreuzungen mit ausländischen Rassen vorgekommen sind, hingegen ist sehr gut möglich, daß Kreuzungen innerhalb der schweizerischen Rassen bis ins 19. Jahrhundert stattgefunden haben. Überraschend hoch ist auch die Zahl der gemeinsamen Allele mit dem roten polnischen Vieh, bei welchem Neimann-Sørensen und Spryszak [22] auch eine große Zahl gemeinschaftlicher Allele mit den Simmentalern und Guernseys festgestellt haben.

Tabelle 8

*Vergleich der relativen Frequenz gemeinsamer Allele im B-System*

Allel	1	2	4	5	6	6*	7	8	9	10	11	12
BGK . . .	0,009	0,005							0,01			
BGKA <sub>2</sub> 'E <sub>2</sub> ' .	0,050	0,030							0,02			
BGKE <sub>2</sub> ' . .	0,100	0,012										
BGO . . .	0,005	0,023			0,040	0,038				0,003		
BGOY <sub>2</sub> D <sub>2</sub> ' .	0,061	0,003										
BIQ . . .	0,011	0,007							0,01			
BPY <sub>2</sub> E <sub>1</sub> A <sub>2</sub> 'D <sub>2</sub> '	0,019	0,002										
BOY <sub>2</sub> D'D <sub>2</sub> ' .	0,041				0,115	0,243	0,043				0,017	
GA <sub>1</sub> ' . . . .	0,048	0,097							0,01			
P . . . . .	0,008							0,005	0,02			
PE <sub>1</sub> I' . . . .	0,007	0,011										
PI' . . . . .	0,007	0,011	0,011	0,005	0,004			0,004		0,026	0,009	
O . . . . .	0,187	0,029			0,016			0,050	0,01	0,004		0,009
OTE <sub>3</sub> 'K' . . .	0,030	0,026										
OA <sub>1</sub> ' . . . .	0,032				0,013	0,005		0,102	0,01		0,004	
Q . . . . .	0,034	0,060			0,007				0,01	0,004		
TA <sub>1</sub> 'E <sub>3</sub> ' . . .	0,004								0,01			
Y <sub>2</sub> D <sub>2</sub> ' . . .	0,020								0,03	0,215		
A <sub>1</sub> ' . . . .	0,022	0,056							0,02			
I' . . . . .	0,019	0,017	0,094	0,007	0,031	0,041			0,03		0,186	
b . . . . .	0,081	0,252	0,299	0,376	0,217	0,284	0,295	0,117	0,20	0,101	0,278	

Tabelle 9

*Einteilung der Rassen nach der Anzahl von B-Allelen, die sie mit den Freiburger Schwarzflecken gemeinsam haben*

Anzahl Allele	Rassen
10 und mehr 5 bis 9 1 bis 4	2, 3, 9, 6, 10, 11, 13, 14, 15 4, 5, 7, 8, 12, 16

Die Vergleiche in den Tabellen 7, 8 und 9 zeigen uns, daß «qualitative» Beziehungen zwischen den Rassen herrschen, andererseits aber auch jede Rasse Allele besitzt, die sicher rassen-spezifisch sind. Wie viele solcher Allele aber die Bedingungen der Spezifität erfüllen, können wir erst wissen, wenn einmal alle wichtigen Rassen untersucht sein werden. Sicherlich läßt dieser «qualitative» Vergleich auch Rückschlüsse auf die Verwandtschaft unter den Rassen ziehen. Im Moment ist aber für die Charakterisierung einer Rasse der Vergleich der beobachteten relativen Gen-Frequenzen ebenso wertvoll, denn diese «quantitative» Vergleichsbasis erlaubt zusätzlich oft noch deutliche Differenzierungen innerhalb von «qualitativ» verwandten Rassen.

Wie schon Neimann-Sørensen [17] erwähnt hat, ist beim Rind namentlich das B-System dank seiner Vielzahl von Faktoren und Genen geeignet, zuverlässige Vergleiche zwischen den Rassen zu ziehen. Leider besaßen wir keine Unterlagen zu einem «quantitativen» Vergleich mit den amerikanischen Rassen, die von Stormont, Owen und Irwin [49] beschrieben worden sind.

Was für das B-System gilt, dürfte sich auch bei den andern Systemen, vor allem FV und Z, bewahrheiten, doch fehlen auch hierzu größtenteils die Unterlagen.

#### IV. Einige praktische Nutzanwendungen der Bluttypisierung

##### 1. Vaterschaftsuntersuchungen und Abstammungskontrollen

Eine für den Tierzüchter sehr wertvolle Anwendungsmöglichkeit der Blutgruppenbestimmung ist die Abklärung umstrittener Vaterschaftsfragen und die Kontrolle von Abstammungspapieren.

Es ist ein durchaus physiologisches Phänomen, daß die Trächtigkeitsdauer beim Rind oft beträchtlich von der landläufig gebräuchlichen Faustregel – 9 Monate + 10 Tage = 280 Tage – abweicht.

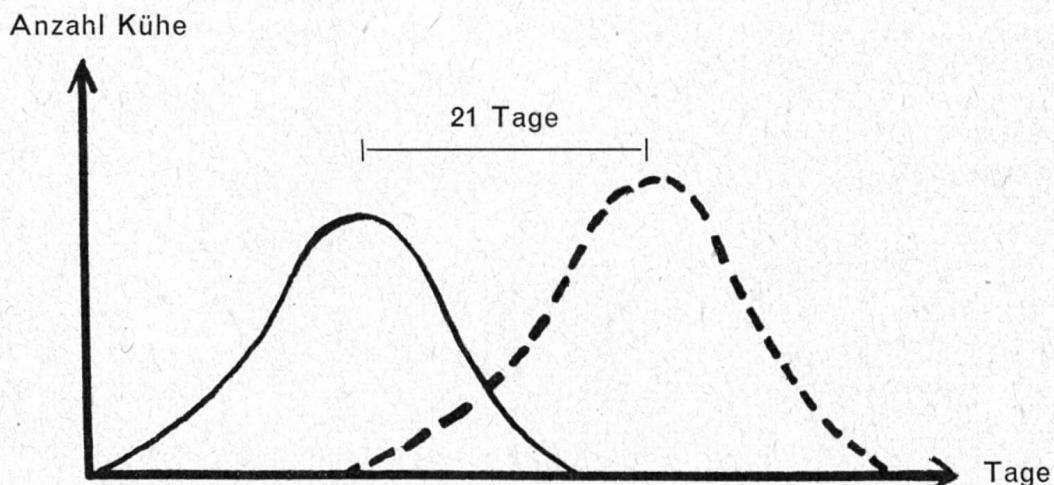


Abbildung 1: Variation der Tragezeit des Rindes. Abkalbedaten von Kühen, von welchen Gruppe A (—) eine Brunstperiode früher belegt wurde als Gruppe B (— — —) (vgl. 13, 34, 55).

Aus Abbildung 1 ist ersichtlich, wie sich in einem bestimmten Bereich die Kurven der Abkalbedaten der Gruppen A und B überdecken. Wenn wir nun von der Voraussetzung ausgehen, daß es sich bei den beiden Gruppen (A und B) um dieselben Tiere handelt, also um Kühe, die drei Wochen nach der ersten Belegung wiederum brünstig wurden und ein zweites Mal belegt wurden, dann sehen wir, daß die zu einem bestimmten Zeitpunkt geborenen Kälber sowohl beim ersten als auch beim zweiten Belegen hätten gezeugt werden können. Es ist eine bekannte Tatsache, daß ein gewisser

Prozentsatz der Kühe nach drei, sechs oder mehr Wochen wiederum Brunstsymptome zeigt, obwohl schon beim ersten Belegen eine Konzeption eingetreten ist.

Dieser Umstand bekommt dann eine gewisse Bedeutung, wenn die Tiere in zwei aufeinanderfolgenden Brunstperioden zwei verschiedenen Stieren zugeführt werden respektive mit Sperma von verschiedenen Stieren besamt werden, was namentlich in Gegenden und Ländern mit starker Verbreitung der künstlichen Besamung häufig vorkommt. So erwähnt z.B. Rendel [34], daß in Schweden höchstens 10% der wieder brünstig gewordenen Kühe mit Sperma des gleichen Stiers besamt werden wie bei der vorhergehenden Brunst. In der Schweiz werden die Kühe in der Regel nochmals dem gleichen Stier zugeführt. Wenn aber in zwei aufeinanderfolgenden Brunstperioden die Kühe bei verschiedenen Stieren belegt werden, dann ist die bis heute allgemein gebräuchliche Regel, die Kälber dem zuletzt verwendeten Stier zuzuschreiben, nur bedingt richtig. Dies zeigt vor allem die Tabelle 10.

Tabelle 10

*Prozentsatz der Kälber, für die beide Stiere als Vater in Frage kommen, wenn ihre Mütter in zwei aufeinanderfolgenden Brunstperioden durch zwei Stiere belegt wurden, in Abhängigkeit von der Länge des Brunstzyklus, nach Mischscherlich und Tolle [13], Rendel [34] und Tolle und Beuche [55]*

Intervalle zwischen zwei Brunstperioden in Tagen	Prozentsatz der Kälber, für die beide Stiere als Vater in Frage kommen
21	6 %
18	11 %
15	18 %
12	28,5 %

Im umgekehrten Fall, wenn das Intervall zwischen zwei Brunstperioden größer wird, wird der Prozentsatz der Kälber, die beide Stiere zum Vater haben könnten, entsprechend kleiner.

Neimann-Sørensen et al. [18] haben erwähnt, daß nach ihren Untersuchungen an dänischem Vieh rund 20% der Kälber, die drei oder mehr Tage zu früh geboren wurden (berechnet nach dem Zeitpunkt der letzten Besamung), bei der vorletzten Insemination gezeugt wurden.

Diese Tatsachen scheinen auch in schweizerischen Züchterkreisen langsam berücksichtigt zu werden. So haben wir andeutungsweise gehört, daß die Herdebuchstelle für das schweizerische Braunvieh Kälber von Kühen, welche in zwei aufeinanderfolgenden Brunstperioden durch zwei verschiedene Stiere belegt wurden, in Zukunft nicht mehr markieren lassen will, bevor die Vaterschaft des einen der beiden Stiere abgeklärt sei.

Rendel [30] hat z.B. gefunden, daß bei schwedischem Vieh bei etwa 8% der Tiere die auf den Abstammungspapieren angegebene mit der wirklichen Abstammung nicht übereinstimmen konnte. Wir haben bei schweizerischen Rassen auch einige Fälle von falschen Abstammungspapieren beobachtet, wollen aber auf eine Veröffentlichung von Zahlenmaterial verzichten und nur zur Illustration einige Beispiele anführen (s. weiter hinten).

Die Ursachen falscher Abstammungspapiere können verschiedene Quellen haben: a) das oben beschriebene Belegen (Besamen) von Kühen in zwei aufeinanderfolgenden Brunstperioden durch zwei verschiedene Stiere oder das Belegen einer Kuh während einer einzigen Brunst durch mehr als einen Stier; b) Verwechslungen von Kälbern (etwa in größeren Betrieben, wo mehrere Kühe am gleichen Tag abkalben, auf Alpen usw.); c) Fehler und Verwechslungen beim Registrieren der Kälber, Verwechslungen von Metallmarken usw.; d) absichtliche Unterschiebungen durch Besitzer oder Angestellte.

Dem Verfahren der Blutgruppenbestimmung zur Abklärung von Vaterschaftsfragen kommt auch – wie in der Humanmedizin – forensische Bedeutung zu. Neimann-Sørensen [23] hebt folgende Kriterien hervor, welche in der forensischen Praxis allgemein als Voraussetzungen erfüllt sein sollten:

a) Die betreffende Population muß in bezug auf die geprüfte Eigenschaft weitgehend heterogen sein.

Diese Bestimmung erfüllen die Blutgruppen des Rindes wegen ihrer großen Zahl und den daraus sich ergebenden vielen Kombinationsmöglichkeiten sicher. Sehr vielseitig erweist sich dabei speziell das B-System, denn es gibt unter den über 200 bisher beobachteten antigenen Gruppen und Faktoren im B-System nur sehr wenige, welche in einer bestimmten Rasse überdurchschnittlich frequent auftreten.

b) Die Eigenschaft muß sich als unwandelbar während des ganzen Lebens des betreffenden Individuums erweisen.

Auch diese Voraussetzung erfüllen die Blutgruppen: Die antigenen Eigenschaften sind auf den Blutmutterzellen lokalisiert und gehen auf die stets neugebildeten Erythrocyten über [12]. Auch Infektions- und andere Krankheiten beeinflussen die antigenen Eigenschaften der roten Blutkörperchen nicht. Wir selbst haben im Institut einen andern interessanten Fall feststellen können: bei einem frischgeborenen, innerlich verbluteten Kalb mit Verdacht auf Hämophilie haben wir etwa 72 Stunden post mortem die Blutgruppenbestimmung durchgeführt. Wir haben das Resultat dieser Bestimmung später durch eine Blutgruppenuntersuchung der beiden Elterntiere überprüft und dabei eine vollständige Übereinstimmung zwischen dem erwarteten und dem tatsächlich ermittelten Resultat gefunden. Es scheint somit, daß auch eine teilweise Gerinnung des Blutes, sowie andere postmortale Einflüsse während mindestens 72 Stunden, zu keiner Beeinträchtigung der antigenen Eigenschaften der roten Blutkörperchen geführt haben.

c) Die Vererbungsweise der betreffenden Eigenschaft muß bekannt sein.

Ein Rind kann nur Blutgruppen und -faktoren besitzen, welche es von mindestens einem der beiden Elterntiere erhalten hat; es gibt bekanntlich für die Blutgruppen des Rindes keine rezessiven, sondern nur dominante Erbgänge.

d) Der Nachweis der betreffenden Eigenschaft muß leicht durchführbar und objektiv sein.

Die Blutgruppenbestimmung mit Hilfe des Hämolyse-Verfahrens ist eine objektive Methode. Die meisten Testsera sind in hohem Grade spezifisch. Durch die internatio-

nalen Vergleichs-Tests der in den verschiedenen Blutgruppenlaboratorien verwendeten Testsera schafft man eine allgemeingültige, objektive Vergleichsbasis.

Die Blutgruppen des Rindes entsprechen den unter a bis d genannten Voraussetzungen in hohem Maße, weshalb wir ihre Bestimmung als ideales Hilfsmittel für die gerichtliche Veterinärmedizin betrachten dürfen. Irwin [12] setzt die Bedeutung der Blutgruppenbestimmung beim Rind der Ermittlung der Fingerabdrücke beim Menschen gleich.

### Beispiele

Mit Hilfe der Bluttypisierung lassen sich die meisten fraglichen Abstammungen klären. Je mehr Faktoren pro Tier vorhanden sind – dies gilt speziell für das B-System – desto größer wird die Wahrscheinlichkeit der Abklärung.

Neimann-Sørensen et al. [18] konnten von 37 Fällen mit einem beteiligten Stier 37 = 100%, von 43 Fällen mit zwei beteiligten Stieren 37 = 86% und von 11 Fällen mit drei und mehr Stieren 8 = 73% lösen.

Rendel [34] gelang es, von 167 Fällen mit zwei und drei beteiligten Stieren 139 = 83,2% abzuklären.

Tolle und Beuche [55] erreichten folgende Erfolgsquoten: von 107 Fällen mit einem beteiligten Stier 107 = 100% abgeklärt; von 45 Fällen mit zwei beteiligten Stieren 37 = 82% abgeklärt; von 3 Fällen mit je sieben Stieren 3 = 100% abgeklärt; von 3 Fällen mit je sechzehn (!) Stieren 1 = 33% abgeklärt!

Unsere eigenen Untersuchungen haben uns bisher erlaubt, von 15 Fällen mit einem oder zwei beteiligten Stieren alle bis auf einen Fall (s. Beispiel 5) abzuklären, doch müssen wir noch bedeutend mehr Material bekommen, um zuverlässige Zahlenangaben machen zu können.

Die Problemstellung bei Vaterschaftsabklärungen kann vielgestaltig sein:

a) Wenn nur ein Stier im Spiel ist, wobei es sich oft bloß um die Kontrolle der Abstammung handelt, lautet die Frage meistens: Kann der betreffende Stier der Vater dieses Kalbes sein?

### Beispiel 1

Stier: Globus, 3283 . . .	-	BGKIY <sub>2</sub> E <sub>1</sub> E' <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> D <sub>1</sub> WX <sub>2</sub>	F/F	J	-	-	S <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	-/-
Kuh: Amalie, 3400 . . .	-	OY <sub>2</sub> E <sub>1</sub> E' <sub>2</sub> J'D <sub>2</sub>	C <sub>1</sub> D <sub>1</sub> WX <sub>2</sub>	V/V	J	-	-	S <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	-/-
Kalb: Gundo . . . . .	-	BGKOE' <sub>2</sub> J'	C <sub>1</sub> D <sub>1</sub> WX <sub>2</sub>	F/V	-	-	-	S <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	-/-
Faktoren, die das Kalb sicher vom Vater erhalten hat . . . . .		BGK		F					

Der Stier «Globus», 3283, besitzt die vier Faktoren B, G, K und F, die das Kalb sicher von seinem Vater erhalten haben muß, weil sie nicht von der Mutter kommen können. Seine Vaterschaft kann nicht angezweifelt werden.

## Beispiel 2

Stier: Vik, 9128 . . .	A	BIY <sub>2</sub> E <sub>1</sub> I'D <sub>2</sub> D <sub>4</sub>	C <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	F/V	J	-	-	S <sub>2</sub>	-/-
Kuh: 2141 . . . . .	-	BIQY <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	C <sub>1</sub> D <sub>1</sub> WX <sub>2</sub>	F/V	-	-	-	S <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	-/-
Kalb: 2922 . . . . .	A	BIQA'	D <sub>1</sub> WX <sub>2</sub>	F/F	-	-	-	S <sub>2</sub>	Z/-
Faktoren des Kalbes, die sicher vom Vater stammen müssen . . .	A	A'		F					Z

Der Stier «Vik», 9128, besitzt wohl die Faktoren A und F, nicht aber A' und Z. Er kann somit nicht der Vater des Kalbes 2922 sein.

b) Wenn zwei oder mehr Stiere als Vater in Frage kommen: Welcher Stier ist der Vater dieses Kalbes?

## Beispiel 3

Stier: Max, 638 . . .	-	GA' <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> D <sub>1</sub> W	F/F	-	L	-	S <sub>2</sub>	Z/-
Stier: Heinz, 5084 . . .	A	GOTA' <sub>1</sub> E' <sub>3</sub> I'K'	C <sub>1</sub> W	F/F	J	-	-	S <sub>2</sub>	Z/Z
Kuh: Liga, 5061 . . .	A	GA' <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> W	F/V	J	L	-	S <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	Z/Z
Kalb: Lupe, 5995 . . .	A	GA' <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> D <sub>1</sub> W	F/V	J	L	-	S <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	Z/-
Faktoren des Kalbes, die vom Vater kommen müssen . . . . .			D <sub>1</sub>						/-

Das Kalb «Lupe», 5995, hat den Faktor D<sub>1</sub> sicher vom Stier «Max», 638, erhalten. Da die Kuh «Liga», 5061, für Z homozygot ist, stammt das Z beim Kalb sicher von dieser. Wäre der für Z ebenfalls homozygote Stier «Heinz», 5084, der Vater, dann müßte er ebenfalls den Faktor Z an das Kalb weitergegeben haben. Dies trifft aber nicht zu, denn das Kalb «Lupe» ist für Z heterozygot, womit die Vaterschaft des Stiers «Max», 638, weiter belegt wird, weil dieser für Z ebenfalls heterozygot ist und das Gen Z- von ihm stammen kann.

## Beispiel 4

Stier: Lido, 653 . . .	A	BGKA' <sub>1</sub> E' <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> D <sub>1</sub> WX <sub>2</sub>	F/F	-	-	-	S <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	Z/-
Stier: Gold, 679 . . .	-	-	C <sub>2</sub> D <sub>1</sub> WX <sub>2</sub>	F/F	-	-	-	S <sub>2</sub>	Z/-
Kuh: Ginster, 620 . . .	A	BGKA' <sub>1</sub> E' <sub>2</sub>	RW	F/F	-	-	-	S <sub>2</sub>	Z/-
Kalb: Gloria . . . . .	A	BGKE' <sub>2</sub>	RW	F/F	-	-	-	S <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	Z/-
Faktoren, die das Kalb von seinem Vater erhalten hat . . . . .				F				S <sub>1</sub>	

Hier handelt es sich um einen Fall, der sich mit Hilfe des Systems SU lösen läßt: In allen andern Systemen kann man keinen der beiden Stiere als Vater ausschließen, doch den entscheidenden Faktor S<sub>1</sub> besitzt nur der Stier «Lido», 653; er ist sicher der Vater des Kalbes «Gloria», weil laut der Anamnese nur diese zwei Stiere als Vater in Frage kommen.

## Beispiel 5

Stier: Sämi, 431 . . .	-	GA <sub>1</sub> 'I'	C <sub>1</sub> D <sub>1</sub> W	F/F	J	L	-	S <sub>2</sub>	Z/-
Stier: Firn, 4376 . . .	A	GOTA' <sub>1</sub> E' <sub>3</sub> I'K'	W	F/F	-	-	-	S <sub>2</sub>	Z/Z
Kuh: Gemse, 330 . . .	A	A' <sub>1</sub>	D <sub>1</sub> W	F/F	J	-	-	S <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	-/-
Kalb: Meyeli . . . . .	A	GA <sub>1</sub> '	D <sub>1</sub> W	F/F	-	-	-	S <sub>2</sub>	Z/-
Faktoren des Kalbes, die sicher vom Vater stammen: . . . . .		G		F					Z

Dieser Fall läßt sich nicht mit Sicherheit lösen. Die drei Faktoren G, F und Z, die sicher von väterlicher Seite stammen, finden sich bei beiden Stieren. Wir können also keinen Stier ausschließen, da an Hand ihres Bluttyps beide als Vater möglich sind.

## Beispiel 6

Hier handelt es sich um eine Verwechslung von Kälbern: beide stammen vom gleichen Stier, doch herrscht Unsicherheit in bezug auf die Mütter.

Stier: Dany, 4882 . . .	A	GA <sub>1</sub> '/-	W	F/V	-	-	-	S <sub>2</sub> U <sub>2</sub>	Z/-
Kuh: Marquise, 1191 . . .	A	I'/A' <sub>2</sub> E' <sub>3</sub>	C <sub>1</sub> W	F/V	-	-	-	S <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	Z/-
Kuh: 270 . . . . .	A	GA <sub>1</sub> '/OI'	C <sub>1</sub> D <sub>1</sub> W	F/V	-	L	-	S <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	Z/-
Kalb: 1720 . . . . .	A	GA <sub>1</sub> '/I'	C <sub>1</sub> W	V/V	-	-	-	S <sub>2</sub>	Z/-
Kalb: 1721 . . . . .	A	GA <sub>1</sub> '/?	W	F/V	-	-	-	S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> U <sub>2</sub>	Z/-

Die Frage läßt sich an Hand des B-Systems beantworten, weil wir in diesem Fall die Genotypen der Tiere bestimmen konnten: die Kuh «Marquise», 1191, mit dem B-Genotyp I'/A'<sub>2</sub>E'<sub>3</sub> muß die Mutter des Kalbes 1720 (GA<sub>1</sub>'/I') sein, während das Kalb 1721 (GA<sub>1</sub>'/? von der Kuh 270 (GA<sub>1</sub>'/OI') stammt. Es hat das Allel GA<sub>1</sub>' sicher von der Mutter und eventuell zusätzlich auch vom Vater erhalten; sein Genotyp im B-System ist daher entweder GA<sub>1</sub>'/- oder GA<sub>1</sub>'/GA<sub>1</sub>'.

Es folgen noch einige Beispiele von falschen Abstammungsangaben, bei denen die Untersuchungsergebnisse offensichtlich im Widerspruch zu den auf den Abstammungspapieren angegebenen verwandtschaftlichen Beziehungen standen. In den Abstammungsausweisen der Kälber der nachfolgenden Beispiele 7 bis 9 waren immer die entsprechenden Stiere und Kühe als Eltern angegeben.

## Beispiel 7

Stier: Diamant, 1319 . . .	A	OA <sub>1</sub> '/BOY <sub>2</sub> D'D <sub>2</sub>	RW/-	F/F	-	-	-	S <sub>2</sub>	Z/-
Kuh: Susi, 502 . . . . .	-	I/O	C <sub>1</sub> D <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	F/F	-	-	-	S <sub>2</sub>	-/-
Kalb: Sennerin, 659 . . .	-	O/	C <sub>1</sub> W	F/F	-	-	-	S <sub>2</sub>	-/-

Der Genotyp sowohl im B- als auch im C-System des Stiers «Diamant», 1319, ist durch seine Nachkommenschaft gesichert. Er kommt somit als Vater des Kalbes «Sennerin», 659, nicht in Frage. Hingegen kann die Kuh «Susi», 502, die Mutter des Kalbes «Sennerin» sein.

## Beispiel 8

Stier: Alpin, 2114 . . .	A	I/O	C <sub>1</sub> D <sub>1</sub> W	F/F	J	-	-	S <sub>2</sub> U <sub>2</sub>	Z/-
Kuh: Bella, 871 . . .	A	BGKE'_2/BOY <sub>2</sub> D'D <sub>2</sub>	C <sub>1</sub> D <sub>1</sub> WX <sub>2</sub>	F/V	-	-	M	S <sub>2</sub> U <sub>2</sub>	Z/-
Kalb: Drapeau, 1563 . . .	-	O/	C <sub>1</sub> D <sub>1</sub> WX <sub>1</sub>	F/F	-	-	-	S <sub>2</sub> U <sub>2</sub>	-/-

Die Kuh «Bella», 871, kommt als Mutter des Kalbes «Drapeau», 1563, nicht in Frage auf Grund des Befundes im B-System. Der Stier «Alpin», 2114, kann der Vater sein, dann muß aber das Kalb «Drapeau» den Faktor X<sub>1</sub> von seiner wirklichen Mutter erhalten haben.

## Beispiel 9

Stier: Mars, 2027 . . .	A	OI'/-	C <sub>1</sub> D <sub>1</sub> W	F/F	J	L	-	S <sub>2</sub>	Z/-
Kuh: Nonette, 1233 . . .	-	-/OE'_2J'	W	F/V	-	L	-	S <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	-/-
Kalb: Nadia, 1492 . . .	-	BKQ/-	C <sub>1</sub> D <sub>1</sub> W	F/F	-	L	-	S <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	-/-

Auf Grund des Befundes im B-System kommen entweder der Stier «Mars», 2027, oder die Kuh «Nonette», 1233, oder beide zusammen als Eltern des Kalbes «Nadia», 1492, nicht in Frage, weil es das Allel B<sup>BKQ</sup> von einem der beiden Eltern erhalten haben muß.

## 2. Untersuchungen an Rinderzwillingen

## a) Frühzeitige Diagnose der potentiellen Fruchtbarkeit des Kuhkalbes aus zweigeschlechtigen Zwillingsgeburten

Es ist eine altbekannte Tatsache, daß beim Rind, im Gegensatz zu andern Tierarten (z. B. Ziege, Schwein usw.), die meisten weiblichen Partner aus zweigeschlechtigen Mehrlingsgeburten Zwölfer, landläufig als sogenannte «Zwölfe» bezeichnet, sind. Bei vielen lassen sich schon äußerlich Anomalien beobachten: Veränderungen an der Vulva, anormales Absetzen des Harnes, anormale Entwicklung der Euteranlage usw. Bei einem Teil der Tiere sieht man jedoch morphologisch keine Anomalien, und eine sichere Beurteilung der potentiellen Fruchtbarkeit der betreffenden Tiere war bis vor kurzer Zeit erst beim Eintritt der Geschlechtsreife möglich. Bedingt durch die schlechten Erfahrungen, die mit Abwarten gemacht wurden, weil doch der Großteil der weiblichen Zwillingspartner sich als steril erwiesen hat, sind viele Züchter dazu übergegangen, Kuhkalber aus Pärchenzwillingsgeburten prinzipiell nicht mehr aufzuziehen.

Die Methode der Blutgruppenbestimmung erlaubt nun aber eine zuverlässige Frühdiagnose der potentiellen Fruchtbarkeit solcher Zwillings-Kuhkalber zu stellen, und zwar bereits im Alter von etwa drei Wochen. Es leuchtet ein, daß diese Möglichkeit eine wertvolle Hilfe für den Viehzüchter darstellt, namentlich in Fällen, wo es sich um die Nachkommenschaft hochwertiger Zucht- und Leistungstiere handelt.

Bedingt durch die große Anzahl der bis heute beobachteten Blutfaktoren und deren Verteilung auf mindestens 10 verschiedene Blutgruppensysteme ist die Wahrscheinlichkeit, daß selbst Vollgeschwister identische Bluttypen besitzen, sehr klein. Hingegen hat man beobachtet [12, 18, 26, 27, 28, 30, 54], daß in etwa 90 % der zweigeschlechtigen Zwillinge beide Partner identische Bluttypen aufweisen. Die meisten Antisera ergeben wegen ihrer großen Spezifität klare Reaktionen: 4 (= maximale Hämolyse bei Anwesenheit des betreffenden Faktors) oder 0 (= keine Reaktion, d.h. Fehlen des betreffenden antigenen Faktors). Bei rund 90 % der Zwillinge mit identischem Bluttyp findet man aber für eine kleinere oder größere Zahl von Faktoren Zwischenreaktionen (Hämolysegrade 3 oder 2 oder 1), nebst solchen, die 4 oder 0 ergeben.

Die bei Weber [57] und Osterhoff und Rendel [24] erwähnten Beobachtungen von Tandler und Keller, sowie auch von Lillie, haben zur Erkenntnis geführt, daß bei etwa 90 % von Zwillingsträchtigkeiten, gleichgültig, ob es sich um gleich- oder ungleichgeschlechtige Zwillinge handelt, Verwachsungen der Eihäute bestehen. Dadurch können im Verlauf der embryonalen Entwicklung intra-uterine Gefäßanastomosen zwischen den beiden Fötten entstehen, worauf es zu einem Blutaustausch kommt. Diese Wanderung machen auch Blutmutterzellen mit und werden dann zum Teil im blutbildenden Gewebe des Zwillingspartners verankert [12, 26]. Weil somit neben den mit den eigenen antigenen Eigenschaften behafteten Erythrocyten auch fortwährend solche mit dem dem Partner eigenen antigenen Charakter neu gebildet werden, behalten Zwillinge ihre identischen Bluttypen zeitlebens. Man bezeichnet diesen Zustand der Blutkörperchen-Mischung als sogenanntes «Erythrocyten-Mosaik».

Auf dieselbe Weise können neben Blutkörperchen auch Geschlechtshormone auf dem Blutweg von einem Partner zum andern wandern. Weil, wie man annimmt, die männlichen Geschlechtshormone früher gebildet werden als die weiblichen, kommt es zu einer sogenannten «Vermännlichung» des weiblichen Partners, d.h. zu einer fehlerhaften Ausbildung der weiblichen Geschlechtsorgane.

Bei der Blutgruppenbestimmung bei zweigeschlechtigen Zwillingen achten wir deshalb auf das Auftreten eines Erythrocyten-Mosaiks. Wenn ein solches vorhanden ist, d.h. wenn die beiden Partner identische Bluttypen mit einzelnen nicht maximalen Reaktionen aufweisen, müssen wir die Existenz intra-uteriner Gefäßanastomosen annehmen. Dann ist die Wahrscheinlichkeit irgendeiner Veränderung an den weiblichen Sexualorganen groß, somit die potentielle Fruchtbarkeit des weiblichen Partners als sehr zweifelhaft zu beurteilen. Hingegen ist ein Kuhkalb als potentiell fruchtbar zu betrachten, wenn sich die beiden Zwillinge in mindestens einem Faktor deutlich unterscheiden und alle andern antigenen Faktoren entweder 4 oder 0 reagieren [12, 26].

Tabelle 11

*Ergebnisse der hämolytischen Reaktionen bei drei ungleichgeschlechtigen Zwillingspaaren*

Die Zahlen bedeuten: 4 = totale Hämolyse; 3, 2, 1, Sp (Sp = Spur-Reaktion) = abgestufte Hämolysegrade, wobei in jedem Röhrchen ein größerer oder kleinerer Teil von nicht hämolysierten Erythrocyten zurückbleibt; ○ = keine Reaktion, d.h. Fehlen des betreffenden antigenen Faktors (bei den nicht aufgeführten Faktoren zeigten alle sechs Tiere ○-Reaktionen)

Faktoren	A	B	G	I	P	O <sub>1</sub>	O <sub>3</sub>	Q	T	Y <sub>2</sub>	E <sub>1</sub>	A' <sub>2</sub>	D'	E' <sub>1</sub>	E' <sub>2</sub>	E' <sub>3</sub>
1. Zwillingspaar: 61 . .	4	○	○	3	○	○	○	○	○	○	○	2	○	○	○	3
62 . .	3	○	○	2	○	○	○	○	○	○	○	2	○	○	○	2
2. Zwillingspaar: 125 . .	○	○	○	Sp	○	2	4	○	4	4	Sp	○	Sp	○	○	2
126 . .	○	○	○	Sp	○	2	4	○	4	4	Sp	○	Sp	○	○	2
3. Zwillingspaar: 48 . .	4	○	○	○	4	4	4	4	4	4	○	○	○	4	4	4
49 . .	○	○	4	○	○	4	4	○	4	4	○	○	○	○	○	4
Faktoren	I'	D <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	W	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	F <sub>2</sub>	J	L	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	Z	
1. Zwillingspaar: 61 . .	○	○	2	4	3	4	○	○	○	3	○	3	○	1	4	
62 . .	○	○	2	3	2	3	○	○	○	2	○	2	○	1	4	
2. Zwillingspaar: 125 . .	○	4	Sp	Sp	Sp	3	○	1	4	3	Sp	Sp	4	4	2	
126 . .	○	2	Sp	Sp	Sp	3	○	Sp	4	3	Sp	Sp	4	4	1	
3. Zwillingspaar: 48 . .	4	3*	4	4	4	4	○	○	○	4	○	4	○	4	○	
49 . .	○	3*	○	4	4	4	4	4	4	4	○	4	○	4	4	

\*D<sub>2</sub>: wie schon weiter vorne erwähnt (s. unter II.g), tritt D<sub>2</sub> nur in Begleitung von Y<sub>2</sub> auf. D<sub>2</sub> ist ein nicht sehr spezifisches Antiserum, wobei die positiven Reaktionen einen Hämolysograd von 2 bis 4 zeigen.

Die Paare 1 und 2 (Zwillinge 61/62, resp. 125/126) zeigen identische Reaktionen bei beiden Partnern, mit relativ wenigen Faktoren, die maximalen Hämolysograd aufweisen (Z beim Paar 1; O<sub>3</sub>, T, Y<sub>2</sub>, X<sub>3</sub>, H' beim Paar 2). Es besteht somit ein Erythrocyten-Mosaik und infolgedessen potentielle Unfruchtbarkeit der weiblichen Kälber bei beiden Zwillingspaaren.

Der Unterschied zum Paar 3 (Zwillinge 48/49) ist deutlich: Wir beobachten, mit Ausnahme von D<sub>2</sub>, welches aber ein ziemlich unspezifisches Antiserum ist (s. Anmerkung unter Tabelle 11), lauter spezifische Reaktionen. Beide Partner besitzen die folgenden Faktoren gemeinsam: O<sub>1</sub>, O<sub>3</sub>, T, Y<sub>2</sub>, E'<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>, D<sub>1</sub>, W, F<sub>2</sub>, L und H'. Die für das Stierkalb spezifischen Faktoren (Zwilling 48) sind: A, P, Q, E'<sub>1</sub>, E'<sub>2</sub>, I', C<sub>1</sub>. Das Kuhkalb (Zwilling 49) besitzt die Faktoren G, X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub> und Z allein. Die Genotypen im B-System der beiden Tiere sind somit auch verschieden:

Stierkalb: PQE'<sub>1</sub>I'/OTY<sub>2</sub>E'<sub>3</sub>D<sub>2</sub>; Kuhkalb: G/OTY<sub>2</sub>E'<sub>3</sub>D<sub>2</sub>.

In diesem Fall können wir das Kuhkalb als potentiell fruchtbar bezeichnen.

Die Existenz eines Erythrocyten-Mosaiks kann auf verschiedene Weise nachgeprüft werden:

1. Durch eine Prüfung an Hand der Nachkommenschaft (namentlich bei Stieren). Wir haben z. B. bei einem Stier der schweizerischen Braunviehrasse beobachtet, daß er beim hämolytischen Test im B-System Reaktionen verschiedenen Grades mit folgenden Antisera ergab: B, G, K, I, Y<sub>2</sub>, A'<sub>2</sub>, E<sub>1</sub>, E'<sub>2</sub>, D<sub>2</sub>. Auf seine Nachkommen vererbte er aber nur die Allele B<sup>IA'<sub>2</sub>E'<sub>3</sub></sup> oder B<sup>-</sup>. Sein Genotyp im B-System war somit IA'<sub>2</sub>E'<sub>3</sub>/-. Wir zogen den Schluß, daß es sich um einen als Zwilling geborenen Stier handeln mußte, bei welchem ein Erythrocyten-Mosaik bestand, wobei die Faktoren B, G, K, Y<sub>2</sub>, E<sub>1</sub>, E'<sub>2</sub> und D<sub>2</sub> vom andern Zwillingsspartner stammten.

2. Owen [26], erwähnt bei Irwin [12], beobachtete Erythrocyten-Mosaik nach Superfökondation. Eine Guernsey-Kuh warf Zwillinge, bei welchen das Stierkalb die typischen Merkmale der Guernsey-Rasse, das Kuhkalb dagegen solche der Hereford-Rasse aufwiesen. Nachforschungen ergaben, daß die Kuh von zwei Stieren verschiedener Rasse (Guernsey und Hereford) hatte belegt werden können. Die Blutgruppenbestimmung bei den Zwillingssäuglingen zeigte, daß ein Erythrocyten-Mosaik bestand, wobei beide Kälber auch Blutgruppen des rassenfremden Stiers besaßen.

3. Stormont [51] berichtet von einem Erythrocyten-Mosaik bei einem Kuhkalb, von dem behauptet wurde, es sei als Einzeltier geboren worden. Dieser scheinbare Widerspruch läßt sich durch den vorzeitigen intrauterinen Fruchttod (Mumifikation usw.) des einen Zwillingsspartners erklären.

4. Mit Hilfe der sogenannten Differential-Hämolyse läßt sich feststellen, welche Blutgruppen jedem Partner eigen sind und welche sie gemeinsam besitzen. In der Regel ist die Mischung eine gleichmäßige, d. h. die eigenen und die Blutkörperchen des andern Partners verhalten sich ungefähr wie 50 : 50. Doch wurden auch schon Mischungsverhältnisse von bis zu 15 : 85 festgestellt.

#### *b) Nachweis von eineiigen Zwillingen*

Die Anwendungsmöglichkeit der Blutgruppenbestimmung zur Unterscheidung eineiiger Zwillinge von zweieiigen hat, weil seltener vorkommend, eine weniger große Bedeutung als die frühzeitige Fruchtbarkeitsdiagnose des weiblichen Partners aus Pärchenzwillingsgeburten. Doch hat es sich gezeigt, besonders bei Rassen mit uniformem Phänotyp, daß etliche Zwillinge morphologisch als eineiig betrachtet werden, in Wirklichkeit aber zweieiig sind. So hat Rendel [30] von 145 morphologisch als eineiig beurteilten Zwillingspaaren 25 Paare (= 17,9 %) mit Hilfe der Blutgruppenbestimmung als zweieiig klassifiziert. Eineiige Zwillinge sind gleichen Geschlechts und weisen identische Bluttypen mit lauter spezifischen Blutgruppenreaktionen auf.

Will man mit eineiigen Zwillingen experimentelle Studien durchführen, dann ist eine zuverlässige Diagnose der Eineiigkeit mit Hilfe der Blutgruppenbestimmung unerlässlich.

c) *Resultate*

Es ist interessant, die von verschiedenen Autoren bei Zwillingsuntersuchungen ermittelten Resultate zu vergleichen. Allgemein [12, 18, 26, 30] wird bei verschieden- und gleichgeschlechtigen Zwillingen in etwa 90 % der Fälle ein Erythrocyten-Mosaik beobachtet.

Tabelle 12

*Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse  
an verschiedengeschlechtigen Zwillingspaaren*

Autor	Untersuchte Paare total	Nicht-identische Bluttypen (= potentiell fertile Kuhkälber)	
		Anzahl	Prozent
Rendel [35], 1958 . . . . .	146	19	13,27
Neimann-Sørensen et al. [18], 1956	126	13	10,32
Neimann-Sørensen, erwähnt bei Rendel [35], 1958 . . . . .	215	21	9,77
Stone, erwähnt bei Rendel [35], 1958 . . . . .	80	11	13,75
Eigene Ergebnisse, 1960 . . . . .	69	5	7,25

Aus der Zusammenstellung der ausländischen Literatur geht hervor, daß durchschnittlich etwa 11 % der weiblichen Partner von Pärchenzwillingen fruchtbar sind. Es ist zu erwarten, daß auch bei den eigenen Untersuchungen der Prozentsatz der fruchtbaren Tiere noch etwas steigen wird. Unsere Erhebungen erstrecken sich vorläufig auf eine Zeitspanne von 18 Monaten und umfassen Zwillingspaare der Simmentaler (rund 75 %) und der schweizerischen Braunviehrasse (rund 25 %). Bemerkenswert ist auch der Fall einer Simmentaler Kuh, die innert drei Jahren dreimal Zwillinge geworfen hat. Die beiden ersten Geburten waren ungleichgeschlechtige Zwillinge; die Bluttypisierung ergab, daß beide Kuhkälber fruchtbar sein sollten. Bei der dritten Geburt handelte es sich um zwei weibliche Partner, bei denen wir ein Erythrocyten-Mosaik festgestellt haben. Inzwischen hat das weibliche Tier aus der ersten Geburt auch schon einmal Zwillinge geworfen, und zwar ein Paar, bei welchem das weibliche Tier schon klinisch als Zwitter beurteilt werden konnte.

Im gleichen Zeitraum haben wir auch drei Drillingsgeburten mit je einem Stier- und zwei Kuhkälbern untersucht. In allen drei Fällen stellten wir identische Bluttypen mit Erythrocyten-Mosaik bei allen drei Partnern fest.

### Zusammenfassung

Es werden die Resultate der Blutgruppenbestimmung bei 141 erwachsenen Tieren der Freiburger Schwarzfleckviehrasse beschrieben. Die Blutproben wurden im Laufe des Winters 1959/1960 in 19 anerkannten Viehzuchtgenossenschaften entnommen.

Hauptaufgabe dieser Arbeit war die Bestimmung der relativen und absoluten Genfrequenzen, namentlich im B-System. Einige Beispiele solcher Frequenzen:  $B^0$ : 0,1873,  $B^I$ : 0,1104,  $B^{BIQ}$ : 0,0114,  $B^{PQE'I'}$ : 0,0074;  $S^{S_2}$ : 0,6142,  $S^-$ : 0,0410;  $S_1$ : 25,53 %, A: 75,18 %, Z': 0,00 %, W: 90,07 %,  $X_1$ : 4,26 %. Von 29 mit Sicherheit festgestellten B-Allelen sind 4 bisher noch für keine andere Rasse beschrieben worden.

Es werden auch einige praktische Anwendungsmöglichkeiten der Bluttypisierung besprochen. Der Prozentsatz der bei der Untersuchung von ungleichgeschlechtigen Zwillingen als potentiell fruchtbar zu betrachtenden Kuhkälber beträgt 7,25 % (= 5 von 69 Paaren).

### Résumé

Description des résultats de la détermination des groupes sanguins chez 141 animaux adultes de la race tachetée noire fribourgeoise. Les prises de sang furent effectuées au cours de l'hiver 1959/1960 dans 19 syndicats d'élevage reconnus. Le but principal recherché était la détermination des fréquences de gènes relatives et absolues. Quelques exemples de ces fréquences:  $B^0$ : 0,1873,  $B^I$ : 0,1104,  $B^{BIQ}$ : 0,0114,  $B^{PQE'I'}$ : 0,0074;  $S^{S_2}$ : 0,6142,  $S^-$ : 0,0410;  $S_1$ : 25,53 %; A: 75,18 %, Z': 0,00 %, W: 90,07 %,  $X_1$ : 4,26 %. L'auteur décrit aussi certaines possibilités d'application de la typisation sanguine. Le pourcentage des veaux femelles pouvant être considérés comme féconds (lors de l'examen de jumeaux de sexe différent), s'élève à 7,25 % (= 5 sur 69 paires).

### Riassunto

Si descrivono i risultati della determinazione dei gruppi sanguigni in 141 animali adulti della razza friborghese nero-pezzata. Le prove sanguigne furono eseguite durante l'inverno 1959/1960 in 19 consorzi d'allevamento riconosciuti. Compito principale di questo lavoro fu la determinazione delle frequenze relative ed assolute da geni, soprattutto nel sistema B. Alcuni esempi di tali frequenze:  $B^0$ : 0,1873,  $B^I$ : 0,1104,  $B^{BIQ}$ : 0,0114,  $B^{PQE'I'}$ : 0,0074;  $S^{S_2}$ : 0,6142,  $S^-$ : 0,0410;  $S_1$ : 25,53 %, A: 75,18 %, Z': 0,00 %, W: 90,07 %,  $X_1$ : 4,26 %. Abbiamo trovato con sicurezza 29 B-alleli, dei quali finora 4 non furono descritti per un'altra razza. Si riferiscono anche alcune possibilità pratiche della tipizzazione del sangue. Nell'esame di gemelli di sesso diverso, la percentuale dei vitelli femmine potenzialmente fertili ammonta al 7,25 % (= 5 su 69 paia).

### Summary

Results of examinations of blood groups in 141 full-grown animals of the Fribourg Black Spotted breed made during the winter 1959/60 in 19 certified breeding societies. The aim was the fixation of absolute and relative frequencies of genes especially in the B system. Some examples of frequencies:  $B^0$ : 0,1873,  $B^I$ : 0,1104,  $B^{BIQ}$ : 0,0114,  $B^{PQE'I'}$ : 0,0074,  $S^{S_2}$ : 0,6142,  $S^-$ : 0,0410,  $S_1$ : 25,53 %, A: 75,18 %, Z': 0,00 %, W: 90,07 %,  $X_1$ : 4,26 %, of 29 certain B-alleles 4 have not yet been described for any other race. Some

practical possibilities of application of the blood typing are discussed. The percentage of potentially fertile female calves to be expected in twins of different sex amounts to 7.25 (= 5 of 69 pairs).

### Literaturverzeichnis

- [1] Andresen A., Larsen B. and Neimann-Sørensen A.: Blood groups of domestic animals. 16. Int. Vet. Kongreß Madrid, 1959. – [2] Bouw J.: Bloodgroup studies in Dutch cattle breeds. Diss. Wageningen, 1958. – [3] Braend M.: Some results from cattle blood group work in Norway. 7. Int. Tierzuchtkongreß Madrid, 1956. – [4] Dujarric de la Rivière M. et Eyquem A.: Rec. méd. vét. 7, 405–415 (1952). – [5] Ferguson L. C.: J. of Imm., 213–242 (1940). – [6] Ferguson L. C., Stormont C. and Irwin M. R.: J. of Imm., 147–164 (1942). – [7] Ferguson L. C.: J. Am. Vet. Med. Ass. 111, Nr. 849, 466–469 (1947). – [8] id.: Int. Vet. Bulletin 1, 17–26 (1959). – [9] Hanset R.: Ann. Méd. Vét. 100, 127–142 (1956). – [10] id.: Ann. Méd. Vét. 100, 309–324 (1956). – [11] Hayashi J. A., Stone W. H., Link K. P. and Irwin M. R.: J. of Imm. 81, Nr. 1, 82–90 (1958). – [12] Irwin M. R.: Blood grouping and its utilization in animal breeding. 7. Int. Tierzuchtkongreß Madrid, 1956. – [13] Mitscherlich E. und Tolle A.: «Der Tierzüchter» 3 (1956). – [14] Müller E.: Diss., Zschr. f. Tierzüchtung u. Z'biologie (1960). – [15] Neimann-Sørensen A., Rendel J. and Stone W. H.: J. of Imm. 73, Nr. 6, 407–414 (1954). – [16] Neimann-Sørensen A.: Acta Agric. Scand. VI 2, 115–137 (1956). – [17] id.: Roy. Vet. and Agric. College, Copenhagen, Yearbook 49–63 (1956). – [18] Neimann-Sørensen A., Havskov Sørensen P., Andresen E. and Moustgaard J.: Danish investigations on blood groups of cattle and pigs. 7. Int. Tierzuchtkongreß Madrid, 1956. – [19] Neimann-Sørensen A.: Acta Haemat. 20, Nr. 1–4, 225–235 (1958). – [20] id.: Dtsche. Tierärztl. Wschr. 64, 1 (1957). – [21] id.: Blood groups of cattle, immunogenetic studies on Danish cattle breeds. Diss. Kopenhagen 1958. – [22] Neimann-Sørensen A. and Spryszak A.: J. of the Brit. Soc. of Animal Production 1, 179–188 (1959). – [23] Neimann-Sørensen A.: Blutgruppenlabor Kopenhagen, B-23 (1958). – [24] Osterhoff D. und Rendel J.: Zschr. f. Tierzüchtung u. Z'biologie 63, 1 (1954). – [25] Owen R. D., Stormont C. J. and Irwin M. R.: J. of An. Science 3, Nr. 4, 315–321 (1944). – [26] Owen R. D.: Science 102, No. 2651, 400–401 (1945). – [27] id.: Genetics 31, 227 (1946). – [28] Owen R. D., Davis H. P. and Morgan R. F.: J. of Hered. XXXVII, 10, 290–297 (1946). – [29] Owen R. D., Stormont C. and Irwin M. R.: Genetics 32, 64–74 (1947). – [30] Rendel J.: Blood grouping and its utilization in animal breeding. 7. Int. Tierzuchtkongreß Madrid, 1956. – [31] Rendel J., Tolle A. und Neimann-Sørensen A.: Zschr. für Tierzüchtung u. Z'biologie 70, Nr. 1, 21–28 (1957). – [32] Rendel J.: An. Breed. Abstr. 25, Nr. 3, 223–238 (1957). – [33] id.: Acta Agric. Scand., VIII Nr. 1, 40–61 (1958). – [34] id. VIII, Nr. 2, 131–161 (1958), – [35] ibid., Acta Agric. Scand., 162–190, [36] ibid. VIII, Nr. 3, 191–215. – [37] Richter O.: Bayerisches Landwirtsch. Jahrbuch 36, Nr. 1 (1959). – [38] Schermer S. und Otte E.: Zschr. f. Imm'forschung u. exp. Therapie 110, 296–317 (1953). – [39] Schermer S.: Forschungen u. Fortschritte 32, Nr. 5, 131–134 (1958). – [40] Stone W. H., Stormont C. and Irwin M. R.: An. Science 11, 744 (1952). – [41] Stone W. H. and Irwin M. R.: Genetics, 38, 693, 1953. – [42] Stone W. H. and Irwin M. R.: J. of Imm. 77, Nr. 5, 369–376 (1956). – [43] id. J. of Imm. 73, Nr. 6, 397–406 (1954). – [44] Stone W. H.: Blood groups of cattle. Pers. communication, 1956. – [45] Stormont C. and Cumley R. W.: J. of Hered. XXXIV, Nr. 2, 34–41 (1943). – [46] Stormont C. and Irwin M. R.: J. An. Science 7, Nr. 4, 516 (1948). – [47] Stormont C.: Nat. Academy of Science 35, Nr. 5, 232–237 (1949). – [48] id. Genetics 35, 76–94 (1950). – [49] Stormont C., Owen R. D. and Irwin M. R.: Genetics 36, Nr. 2, 134–161 (1951). – [50] Stormont C.: Genetics 37, Nr. 1, 39–48 (1952). – [51] id.: J. of An. Science 13, Nr. 1, 94–98 (1954). – [52] id.: The American Naturalist, LXXXIX, 845, 105–116 (1955). – [53] Stormont C., Miller W. J. and Suzuki Y.: Genetics 42, 400 (1957). – [54] Tolle A.: Berl. u. Münchn. Tierärztl. Wschr. 69, Nr. 20, 406–410 (1956). – [55] Tolle A. und Beuche H.: Züchtungskunde 30, Nr. 8, 341–353 (1958). – [56] Weber F.: «Die Grüne» 12, 348–353 (1958). – [57] Weber W.: Schweiz. Landwirtsch. Mon'hefte 5, 232–241 (1960).