Zeitschrift: Jahrbuch der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. Wissenschaftlicher und administrativer Teil = Annuaire de la Société Helvétique des Sciences Naturelles. Partie scientifique et administrative

Herausgeber: Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

Band: 160 (1980)

Artikel: Zytogenetik im Dienste der Nutztierzucht

Autor: Stanzinger, Gerald

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-90834

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: 04.07.2025

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

Zytogenetik im Dienste der Nutztierzucht

Gerald Stranzinger

Einleitung

Eine etwas freizügige Definition für die Tierzucht könnte so lauten: Tierzucht ist das Bestreben und Handeln, nach den gegenwärtigen bestehenden praktischen und wissenschaftlichen Kenntnissen und wirtschaftlichen Bedingungen die besten Tiere oder deren Keimzellen für die Erzeugung der nächsten Generation auszusuchen und zusammenzuführen, um eine fortpflanzungsfähige neue Generation zu erzeugen.
Um dieses Ziel zu erreichen, hat es in der Geschichte der Tierzucht verschiedene Phasen gegeben, wobei die Tierbeurteilung, Tiermessung, Populationsgenetik und Zellgenetik den historischen Verlauf wiedergeben. Heute bilden alle 4 Methoden, zwar in unterschiedlicher Gewichtung, die Eckpfeiler der Tierzuchtwissenschaften. Der Begriff Tierproduktion ist dieser Umschreibung übergeordnet, ein Tierproduzent muss also nicht unbedingt ein Tierzüchter sein.
Die Zytogenetik ist eine rel. junge Wissenschaft, die die Zytologie und Genetik verbindet und das Verhalten der Chromosomen und Gene in den Zellen in bezug auf die Vererbung und Variation betrachtet.
Ein Fortpflanzungszyklus zwischen zwei Generationen beinhaltet verschiedene Abschnitte, die biologisch signifikantesten Phasen sind Geburt - Wachstum - Reproduktion und Tod, wobei innerhalb eines Individuums die funktionell genetischen Teile die Zellen, Chromosomen, Gene und Genprodukte sind.
Hier setzt die Bedeutung der Zytogenetik in der Tierzucht ein.
Die grossen Aufwendungen und Erkenntnisse in der Humangenetik, Zell- und Molekularbiologie, Botanik und Zoologie haben auch für die Tierzucht grossen Nutzen gebracht, obwohl daraus nicht der Name Nutztierzucht abgeleitet werden kann. Auch wenn zunehmend mehr Wissenschafter in ca. 30 Labors um die Welt herum sich um die Anwendung moderner zytogenetischer Methoden in der Tierzucht bemühen, ist doch noch ein gewaltiger Rückstand gegenüber der Humangenetik zu verzeichnen.
Gregor Mendel legte die Grundlagen für die Populationsgenetik, Watson und Crick gaben der experimentellen Genetik ein Fundament, auf dem sich auch die Zytogenetik entwickeln konnte. T.C. Hsu beschreibt in seinen historischen Perspektiven (1980) den harten Weg all jener Zytogenetiker, die mit wenig offizieller Unterstützung sowie mangelhaften Methoden und Geräten, die Universalität der zytogenetischen Phänomene von der Fliege bis zum Menschen erarbeiteten. Zu dieser Chromosomentheorie der Vererbung hat R. Matthey in dieser schwierigen Situation durch seine Arbeiten viel beigetragen und durch die Entdeckung eines morphologisch signifikaten Phänomens der weitgehend konstanten Anzahl an Chromosomenarme, von ihm auch Nombre fondamental (NF) genannt, einen Meilenstein in die Zytogenetiklandschaft gesetzt. Seither und besonders in den letzten 15 Jahren war eine enorme Entwicklung zytogenetischer Techniken zu verzeichnen, die zur genauen Beschreibung der Chromosomen führten. Besonders hervorzuheben sind die Bänderungsfärbungen an den Chromosomen (Caspersson et al., 1973), die zur exakten Bezeichnung und Zuordnung der Chromosomen dienen. Der kleinste morphologisch darstellbare und eindeutig in den Generationen verfolgbare genetische Komplex ist heute noch das Chromosom bzw. Abschnitte desselben. Die lineare Anordnung dieser Genträger ist erwiesen und nur durch Sekundär- und Tertiärstrukturen scheinbar unterbrochen. Genetische Kopplungseinheiten sind auf eine verschiedene Anzahl von Chromosomen verteilt, wobei die Anzahl und Form

der Chromosomen für jede Spezies charakteristisch ist. Bei Säugern variiert sie im diploiden Zustand von 6 bei Muntjakus muntjak bis zu 88 bei Geocapromis brownii.
Alle Abweichungen vom Normalzustand der Chromosomenstrukturen und der Zusammensetzung werden Aberrationen genannt, wobei polymorphe Erscheinungen einen fliessenden Übergang zu den morphologisch erkennbaren Mutationen darstellen. Ob sie in allen Fällen auch Anomalien sind, soll hier nicht diskutiert werden, für eine Einteilung wird aber dieser Begriff verwendet. Zu den Chromosomenanomalien rechnet man alle autosomalen und gonosomalen sowie strukturelle und numerische Abweichungen. Als Struktur-verändernde Eingriffe an Chromosomen sind Brüche und Verwachsungen in Form von Inversionen, Defizienzen, Deletionen, Duplikationen und Translokationen aufzuzählen. Numerische Anomalien, sind Polyploidien und Aneuploidien, wobei Mosaike und Chimären Sonderformen darstellen.

Zytogenetik bei bestimmten Tierarten

Das Pferd: Equus caballus 2n = 64

Von der Entwicklungsgeschichte her betrachtet, ist das Pferd äusserst interessant und aufschlussreich, sowohl für sich selbst wie auch in Verbindung mit dem Menschen. Die Hippologen haben so manchen Abstammungsdisput ausgefochten. Die Chromosomenzahl und Kreuzbarkeit der Equiden soll in der Tab. 1 aufgezeigt werden. In dieser Tabelle kommen die Erkenntnisse von Matthey über die Nombre fondamental sehr gut zum Ausdruck, da generell mit zunehmenden Differenzen die Kreuzbarkeit beeinträchtigt ist. Zusätzliche Bänderungsfärbungen an den Chromosomen der Ausgangstypen und Kreuzungsprodukte zeigen, dass zu den Fusions- und Fissionsmechanismen, die die Anzahl der Chromosomenarme verändern, auch Translokationen, Inversionen und eventuell Duplikationen und Deletionen zur Spezialisierung beigetragen haben. Die reproduktive Diskontinuität besteht nicht in allen Fällen, ist aber bei den Pferd × Eselskreuzungen allgemein bekannt und diente zu sehr interessanten weiteren Studien, wie der Inaktivierung von X-Chromosomen in der frühembryonalen Phase weiblicher Zygoten. Dieses Phänomen wird durch die Lyon's Hypothese (Lyon, 1962) gut umschrieben und hat im Lichte neuester Erkenntnisse über die Repressortheorie des H-Y-Antigens neue Aktualität erlangt. Für die Pferdezüchter ist das XO Syndrom bei Stuten von Bedeutung. Diese geschlechtschromosomale Abnormität tritt bei Pferden erstaunlicherweise sehr häufig auf (Chandley et al. 1975) und kann am Phänotyp durch schwächeren Wuchs und z. T. durch veränderte Genitalien erkannt werden.
Dieser Befund ist aber erst an jedem einzelnen Tier durch eine Chromosomenanalyse

Tab. 1. Chromosomenzahl, Nombre fondamental und Kreuzbarkeit bei Equiden.

	Metaz.		Akroz.		Total	Nombre fondamental		Hybriden
	♂	♀	♂	♀	♂ ♀	♂	♀	
E. przewalskii Mongol. Wildpferd	25	26	41	40	66	91	92	*
E. caballus Dom. Pferd	27	28	37	36	64	91	92	
E. asinus Esel	40	40	22	22	62	102	102	
E. hemionus onager Onager (Pers)	45	46	11	10	56	101	102	
E. grevyi Grevy Zebra	34	34	12	12	46	80	80	
E. burchelli boehmi Grant's Zebra		36		8	44		80	
E. zebra hartmannae Hartmann's Zebra	29	30	3	2	32	61	62	

* fruchtbar

zu bestätigen. Das X Chromosom beim Pferd ist durch eine Bänderungsfärbung (G, Q oder R-Band) eindeutig festzustellen und zeigt durch G-Bänder am kurzen Arm ein schwächeres Band am telomeren Ende zum Unterschied vom zweiten morphologisch ähnlichen autosomen Chromosom mit einem starken Band (Abb. 1). Das X-Chromosom ist deshalb als das zweitgrösste submetazentrische Chromosom im Karyotyp zu bezeichnen. Das Y-Chromosom bei Pferd weist, wie bei allen anderen Säugern, einen Grössenpolymorphismus auf, ist aber zumeist das kleinste akro- bis telozentrische Chromosom im gesamten Komplement und weist kein signifikantes Band im Vergleich zu den kleinsten autosomen Chromosomen auf.

Tab. 2. Chromosomenmessungen beim Pferd

Chromosomenbezeichnung	Messergebnisse Ø der Einzelwerte* RGL x̄	RGL s	ALV x̄	ALV s
A1	214,41	14,97	61,10	2,32
A2	144,19	10,28	59,88	4,24
A3	141,17	8,91	63,62	4,89
A4	134,36	10,87	65,16	6,67
A5	126,24	10,39	58,64	5,87
A6	123,62	7,54	56,29	4,36
A7	119,13	10,16	60,45	6,80
A	143,30	6,49	60,74	1,83
B1	114,55	6,62	59,53	4,37
B2	113,27	7,26	56,71	4,54
B3	105,55	7,44	57,25	4,08
B4	86,22	9,00	53,19	3,48
B5	78,87	5,81	53,48	3,92
B6	68,98	7,92	55,82	3,64
B	94,21	5,61	56,00	1,93
C1	116,33	6,58	*3 männliche Tiere, 3 weibliche Tiere und 5 Metaphasen pro Tier.	
C2	110,37	5,90		
C3	106,31	5,47		
C4	101,33	6,65		
C5	96,06	5,82		
C6	92,46	6,72		
C7	85,13	6,58		
C	100,91	4,41		
D1	78,95	5,32		
D2	72,73	5,85		
D3	69,92	6,41		
D4	64,31	5,54		
D5	62,71	4,61		
D6	58,87	5,36		
D7	55,10	4,11		
D	65,92	3,85		
E1	52,54	5,17		
E2	51,07	5,92		
E3	47,66	4,87		
E4	44,30	7,98		
E	48,75	4,36		
X	155,32	11,67	61,62	4,24
Y	39,79	9,53		

RGL = Relative Gesamtlänge
ALV = Armlängenverhältnis
x̄ = Mittelwert, s = Standardabweichung

Das Rind: Bos taurus und Bos indicus 2n = 60

Das bisher eindeutigste chromosomale Unterscheidungskriterium zwischen taurus und indicus stellt das Y-Chromosom dar, bei taurus submetazentrisch, bei indicus akrozentrisch. Dieser Unterschied, neben sicher noch weiteren Disharmonien, die unerforscht sind, bringt bei Kreuzungstieren und Neuzüchtungen von Rassen in ariden Gebieten, wie bei Santa Gertrudis, Bonsmara und Belmont, Schwierigkeiten in der Fruchtbarkeit, da sich beide Komplemente in 2. und 3. Generation durch spezielle Segregationserscheinungen als inkompatibel erweisen. Dies sind für Züchtungsprojekte der Entwicklungshilfe sehr wesentliche Ergebnisse der Forschung, da sie

1. schwerwiegende Verluste verursachen (20 Prozent weniger Kälber)
2. beim langen Generationsintervall bei Rindern relativ spät sichtbare Folgen haben.

Das Rind ist vielleicht von den landwirtschaftlichen Nutztieren am besten zytogenetisch untersucht worden.

In der Tab. 4 und 5 werden die bisher beschriebenen Chromosomenanomalien aufgeführt (Popescu, 1980)

Der Fusionstyp 1/29 und der Chimärismus sind die herausragenden Erscheinungen, so dass ich hierüber etwas ausführlicher berichten werde.

Tab. 3. Anzahl geborene Kälber bei verschiedenen Kreuzungsstufen der Belmont Rasse mit Bos taurus und indicus Chromosomenanteile

Generation	Linie AX	Linie BX	Linie HS
Erste	76*	81	70
		20%	
Zweite + Dritte	77	61	67

AX = Afrikaner Kreuzungslinie
BX = Brahman Kreuzungslinie
HS = Hereford + Shorthorn
* = Prozentanteil geborener Kälber

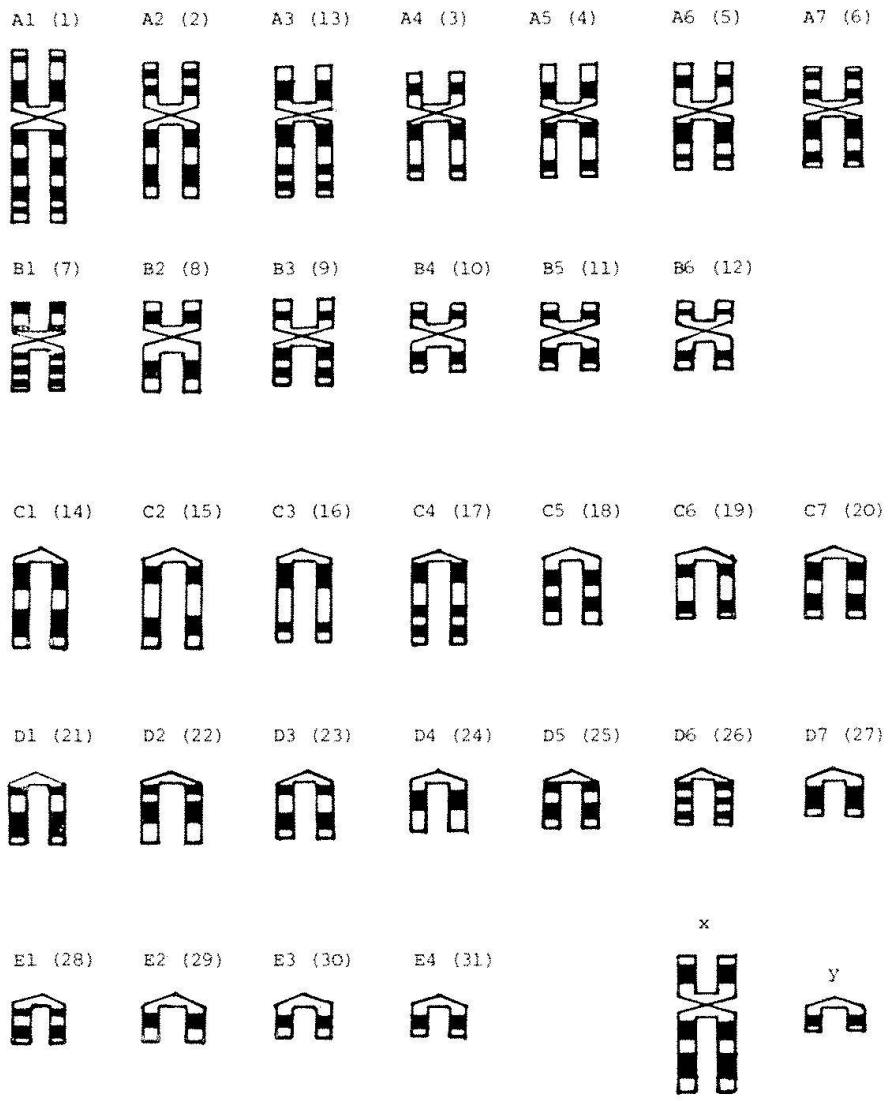


Abb. 1. G-Bandkaryotyp beim Pferd. Zahl in Klammer ist die Reihenfolge nach dem Reading System.

Die Vereinigung des grössten (1) und kleinsten (29) autosomen Chromosoms zu einem Markerchromosom 1/29 als Zentromerfusion beschäftigt die Tierzüchter besonders, da es in Frequenzen von 0–70% in verschiedenen Populationen auftritt und die Fruchtbarkeit der Trägertiere betroffen sein soll. Art und Zeitpunkt der Entstehung sind unbekannt, die Auswirkungen in der Tierzucht sehr umstritten. Theoretische Überlegungen weisen auf mögliche fruchtbarkeitsmindernde Effekte hin, speziell im Hinblick auf Non-Disjunction in der Meiose und dadurch auftretende unbalancierte Gameten. Dies ist aber nie eindeutig für alle Fusionstypen bewiesen worden. Eine Zusammenfassung der heterozygoten Trägerstiere im Aufspaltungsverhältnis ihrer weiblichen Nachkommen zeigt, dass jeder Stier sein eigenes Charakteristikum hat und keine Verallgemeinerung möglich ist (Tab. 6). Gibt man den Spermien mit oder ohne Fusionschromosomen dieselbe Chance, eine Eizelle zu befruchten und analysiert die Nachkommen (Tab. 7), so zeigt sich, dass Spermien mit den Fusionschromosomen keinen selektiven Nachteil in der Befruchtung und Embryonalentwicklung haben. Diese Ergebnisse der eigenen Untersuchungen aus Tab. 6 und 7 veranlassen mich daher zu folgenden Schlussfolgerungen.

Eine ständige Veränderung der Chromosomen und dadurch entstehende Abweichungen vom Standardkaryotyp muss im Evolutionsgeschehen auftreten und bildet in ihrer Frequenz innerhalb einer Population ein Equilibrium, welches durch Selektionsvor- und Nachteile in Balance gehalten wird. Dieser Zustand wird durch jede Gen-Um-

Tab. 4. In der Literatur beschriebene Zentromerfusionen beim Rind

Nr.	betroffene Chromosomen	Rasse	Phänotyp	Autoren
1	1/29	viele	normal	viele
2	2/4	engl. Schwarzbunte	normal	Pollock, 1972
3	3/4	Limousin	normal	Popescu, 1977
4	5,6/15,17	Dexter	–	Eldridge, 1974
5	7,11/20,25	Blonde Limousin	?	Darre et al., 1974
6	8/9	Braunvieh	?	Tschudi, 1977
7	13/21 Mosaike	Holstein-Friesian	normal	Kovacs et al., 1973
8	11,12/15,16	Simmental	normal	Bruere et Chapman, 1973, Harvey 1974
9	1/25	Fleckvieh	normal	Stranzinger, Foerster' 1976
10	14/28	Holstein	abnormal	Ellsworth et al., 1979
11	14/24	?	?	Di Bernadino, 1979
12	25/27	Grauvieh	normal	De Giovanni et al., 1979
13	5/21	Japanese Black	normal	Masuda et al., 1980

welt Interaktion verändert, dies kann sehr kurzfristig geschehen oder durch Isolation lange Zeiträume beanspruchen. Jede neue Chromosomenmutation muss aber dieses Sieb durchlaufen, um sich etablieren zu können. Die Chromosomenmutation alleine gibt daher keine Auskunft über deren Überlebenschance, es müssen die auf diesen Chromosomen liegenden Gene in ihrer Ausprägung und Genwirkung und deren epistatischen Effekte berücksichtigt werden. Ohne Forschung auf dem Gebiete der Genkartierung sind diese Effekte nicht verifizierbar, und daher gehen unsere Bemühungen in diese Richtung. Die Reduzierung der Erscheinungen auf einfache Genwirkungen, Selektionsmechanismen und Phänotypen ist daher die erste Aufgabe der Tierzuchtforschung.

Der Chimärismus tritt beim Rind in Form von Intersexen, Freemartins oder Zwicken auf. Durch Gefässanastomosen bei Zwillingen in der Plazenta werden sowohl foetale Zellen wie humorale Stoffe ausgetauscht. Der wirksamste Stoff für die Geschlechtsdifferenzierung dürfte das H-Y Antigen sein und jede weitere Forschung auf dem Gebiet des Chimärismus muss diese Erkenntnisse in die Betrachtungen einbeziehen.

Für die Tierzüchtung wäre der gonadale Chimärismus interessant (Stranzinger et. al., 1981), da in der künstlichen Besamung und Zuchtwertschätzung sowie im Embryotransfer genetische Auswirkungen zu erwarten sind.

Wie kann der gonadale Chimärismus eindeutig erfasst und untersucht werden? Ein Beispiel soll diesen Fall verdeutlichen

Tab. 5. In der Literatur beschriebene Chromosomenaberrationen beim Rind

Typ	betroffene Chromosomen	Rasse	Phänotyp	Autoren
Translokation	27/29	Guernsey	Normal	Bongso und Basrur (1976)
Translokation	X/Autosom	Schwedische Rote und Weisse	Normal	Gustavsson et al. (1968)
Translokation	X/13	1/4 Brown Swiss und 3/4 Holstein	Normal	Eldridge (1977)
Tandem Translokation	1/18	Dänische Rote	Normal	Hansen (1969)
Reziproke Translokation	(10;11) (41;14)	Fleckvieh	Normal	Mayr et al. (1979)
Perizentrische Inversion	?	Charolais x Guernsey	free-martin	Short et al. (1969)
Perizentrische Inversion	14	Normande	Normal	Popescu (1972, 1976)
Insertion	16	Charolais	Normal	Moraes (1978)
Verlängertes Y	Y	Ayrshire	Normal	Fechheimer (1973)
Verlängertes Y	Y	Charolais	Normal	Cribiu und Popescu (1974)
Chimären	XX/YY	viele	♂ normal ♀ free-martin	viele

Tab. 6. Zusammenfassung einzelner Nachkommenuntersuchungen von heterozygoten Zentromerfusionsstieren

	I	II	III	IV	V	VI
Rasse Bulle	Bayr. BV	Brown Swiss	Bayr. Fleckv.	CH Simm.	CH Simm.	Summe
Kuhmaterial	Bayr. BV	CH BV	Bayr. Fleckv.	CH Simm.	CH Simm.	
Anz. Töchter untersucht	392	46	73	45	59	615
Davon Het. Zentromerfus.	182	22	15	22	22	263
in %	46,5	47,8	20,5	48,8	37,2	42,8
Signifikanz	n.s.	n.s.	xxx ($P < 0{,}05$)	n.s.	n.s.	xxx ($P < 0{,}05$)
Autoren	Stranzinger Förster 1976	Stranzinger (unveröffentl.)	Stranzinger Förster 76	Zahner 1977	Zahner 1977	

BV = Braunvieh; Simm. = Simmentaler Fleckvieh

(Abb. 2). Mit Hilfe von Markerchromosomen, in unserem Fall die vorher besprochene 1/29 Zentromerfusion, kann bei Zwillingen dieses Phänomen gut untersucht werden. Als Endzustand sollte durch den Zellaustausch über die Plazenta in der Frühphase der embryonalen Entwicklung Zellen des Zwillingspartners in die Gonaden des zweiten Partners eingebaut werden. Es wurde auch beim Menschen bewiesen, dass weibliche Zellen im Hoden des Zwillingspartners zu Spermien sich entwickeln und Nachkommen erzeugen können. In der Tierzucht ergeben sich daraus weitreichende Konsequenzen, von der Verschiebung des Geschlechtsverhältnisses angefangen bis zur grossen Vermehrungsrate eines weiblichen Individuums über integrierte gonadale Zellen im männlichen Zwillingspartner, der zur Zucht eingesetzt wird.

Generell werden alle Stiere, die in der künstlichen Besamung in der Schweiz eingesetzt werden, auf ihre Chromosomenstruktur untersucht und, wenn Anomalien auftreten, aus der Zucht ausgeschieden.

Tab. 7. Mischspermaeinsatz von verschiedenen Zentromerfusionsstieren

Mischung	Kälber Total	Kälber 1. Stier	Theor. erwartet*	Vorteil 1. Stier über 2. Stier
Jonick 58/60	164	98	81,75	+ 9,91%
Fasnick 59/60	172	124	76,-	+ 27,91%
Jonfas 58/59	216	68	102,-	− 15,74%

* korrigiert nach unterschiedlicher Anzahl Kälber
Fasan > Jonny > Nick

Das Schaf: Ovis aries 2n = 54.

Beim Schaf wurden die in der Schweiz vertretenen Rassen kaum zytogenetisch untersucht. Aus Neuseeland liegen jedoch interessante chromosomale Untersuchungen vor, die ebenfalls Zentromerfusionen betreffen und in Tab. 8 in Verbindung mit der unterschiedlichen Chromosomenzahl bei Wildschafen aufgezeigt werden (Bruère, 1975). Da diese Fusionstypen von Bruère durch gezielte Paarungen kombiniert wurden und bei einer grösseren Zahl die Fruchtbarkeitsverhältnisse studiert werden konnten, sind diese Untersuchungen richtungsweisend auf dem Züchtungssektor. Keine Fruchtbarkeitsreduktionen sind durch diese Fusionstypen beim Schaf festgestellt worden.

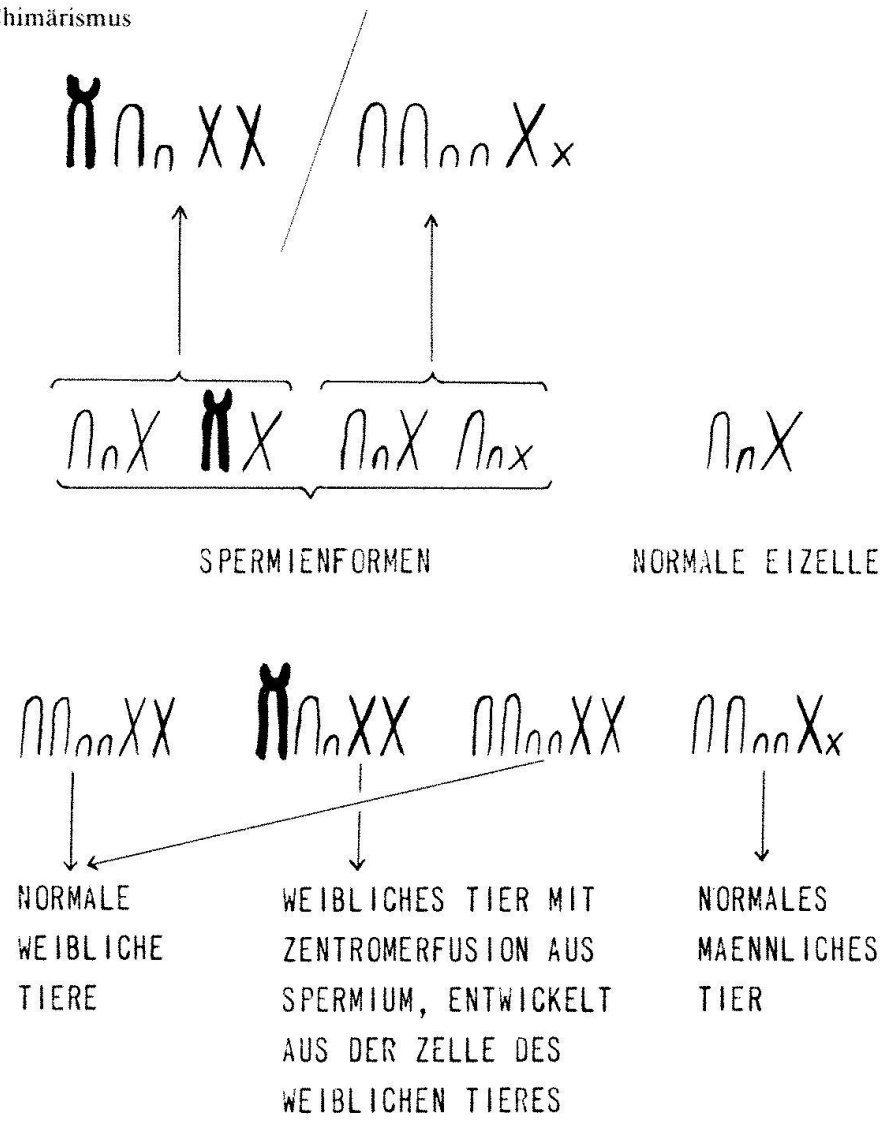
Autosomale Monosomen, selbst in Mosaikform, führten beim Schaf zu schwerwiegenden Skelettanomalien.

Die Ziege: Capra hircus 2n = 60

Ähnlich wie beim Rind und Schaf findet man auch bei der Ziege die Zentromerfusionen verschiedener autosomer Chromosomen (Abb. 3).

Zytogenetisch interessant ist jedoch bei der Ziege die Kopplung des Hornlosigkeitsgens mit der Bildung von Intersexen, die zur Verschiebung des Geschlechtsverhältnisses und für den Züchter zu wirtschaftlichen Verlusten führen. Auch hier spielt das H-Y

Abb. 2. Gonadaler Chimärismus



Antigen eine Rolle, hier dürften sich 2 unabhängige Mutationen so nahe aneinander befinden, dass es zu dieser engen Kopplung dieses Phänomens kam. In Verbindung dazu steht auch die Gynäkomastie bei Ziegenböcken, Pseudomännchen mit 2 X-Chromosomen und der Samenstau. Da in vielen Gebieten hornlose Ziegen bevorzugt werden, sind dabei auftretende wirtschaftliche Verluste unausbleiblich.

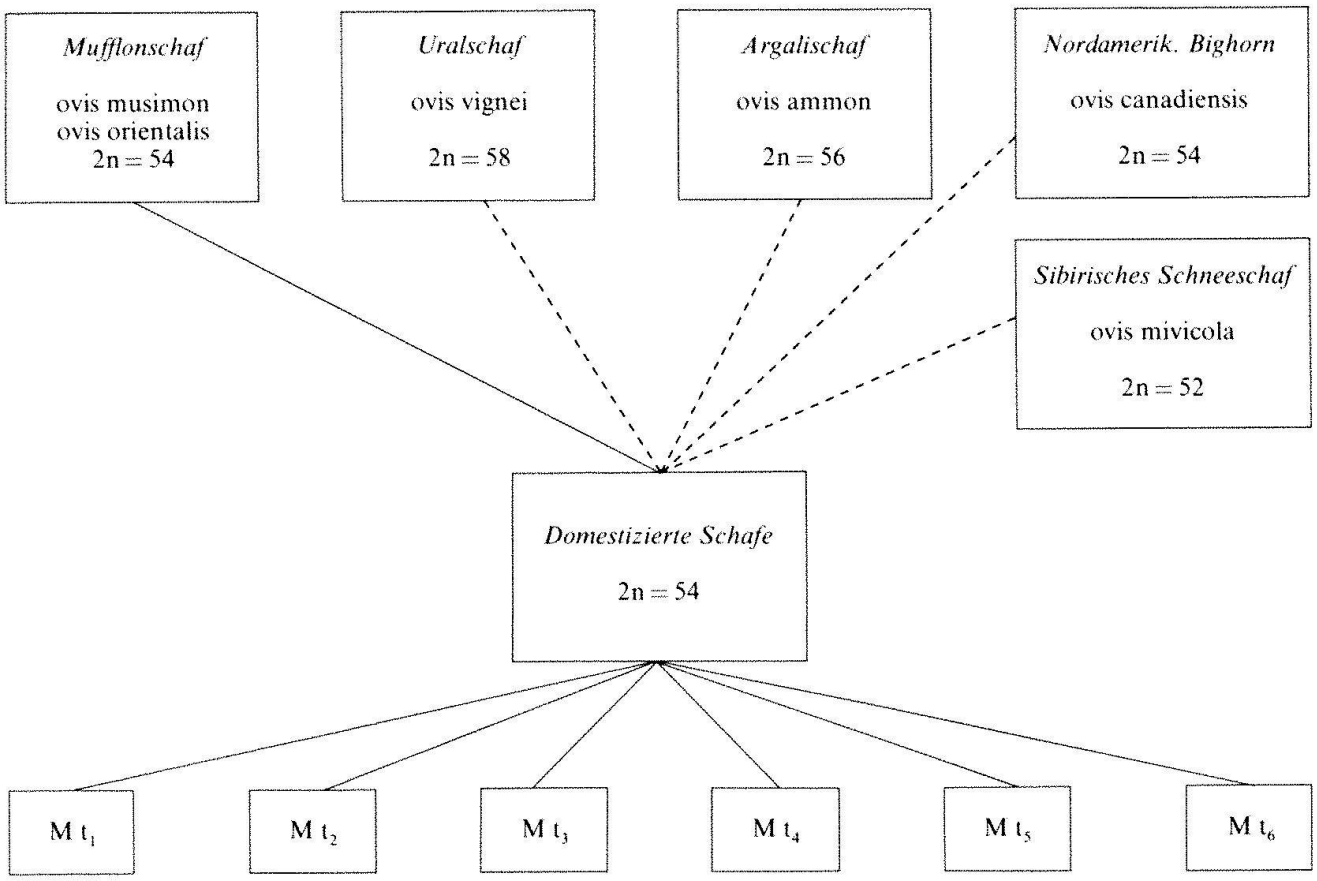
Das Schwein: Sus scrofa ferrus 2n = 38

Im Produktionswert liegt diese Tierart als Nutztier an zweiter Stelle in der Schweiz. Durch seine hohe Reproduktionsrate bedingt, sind zytogenetische Aspekte, die die Fruchtbarkeit beeinflussen, besonders interessant. Da beim Schwein die künstliche Besamung ebenfalls zunehmend eingesetzt wird, sind genauere zytogenetische Untersuchungen als zuchthygienische Massnahme zu bezeichnen. In welchem Ausmass eine Chromosomenmutation eines Ebers die Fruchtbarkeit der von ihm gedeckten oder besamten Sauen beeinflusste, zeigt die Darstellung der Daten von Henricson und Bäckström (1964) Tab. 9.

Die Chromosomenmutationsrate scheint beim Schwein relativ hoch zu liegen, da mehrere Translokationstiere in der Literatur beschrieben wurden. Die Fruchtbarkeit in Form geborener Ferkel war immer stark beeinträchtigt.

Für die Genkartierung haben wir solche Tiere über die Bestrahlung von Spermien erzeugt, wobei die 2. Generation der Translokationsindividuen vorliegt (1,4; 1,16; 2,15; 5,15;) und auch hier die Wurfgrösse bei 2–6

Tab. 8. Chromosomenzahl bei Wildschafarten und Mutationsformen bei Kulturrassen



Ferkel liegt, der schweizerische Durchschnitt der Abferkelergebnisse liegt bei 9 Ferkel.

Das europäische Wildschwein hat 2n = 36 Chromosomen, wobei die Hausschweinechromosomen Nr. 15 und 17 als Fusionschromosom vorliegen (Abb. 4). Die Kreuzung zwischen Hausschwein und Wildschwein ist ohne Schwierigkeiten möglich, und die F_1 Individuen spalten nach Mendelschen Regeln in ihrer Chromosomenzahl wieder auf. Für uns sind diese Kreuzungen aus verschiedener Sicht sehr interessant, da sie

1. Markerchromosom tragen,
2. sonstige polymorphe Chromosomen bei Wild- und Hausschwein auftreten,

und damit die Segregation von Chromosomen oder Segmente davon in Familienanalysen untersucht werden können. Dies ist der normale Weg zur Genkartierung, wie er vor dem Erscheinen der Zellhybridisationsmethoden auch bei Tier und Mensch durchgeführt wurde, aber heute durch die speziellen Bandfärbemethoden effizienter geworden ist. C-Band polymorphe Chromosomen kennen wir von Nr. 16 und 17 und bei den Wildschwein-Hausschweinkreuzungen die Nr. 13, 16 und 18. Damit sind 10 Autosome markiert, also mehr als 50% des Genoms. Hier ist auch eine Antwort auf die Ausnutzung von Genen aus Wildpopulationen in unserer Zuchtrasse, deren Chromosomen in Kreuzungspopulationen verfolgt werden können, zu geben, da allgemein angenommen wird, dass diese Wildformen gegenüber Umwelt-

Tab. 9. Ferkelzahlunterschiede zwischen einem Translokationseber und einem normalen Eber bei Anpaarung der gleichen Muttersauen (nach Henricson u. Bäckström, 1964) (4, 14 Translokation; Reading System 11q−, 15q+).

1. Paarung	♂	X	51 ♀
1. Wurf	$\bar{X}$ = 5,1 Ferkel		↓
2. Paarung			21 ♀ X ♂
2. Wurf			↓ $\bar{X}$ = 12,7 Ferkel
3. Paarung	♂	●	21 ♀
3. Wurf	$\bar{X}$ = 5,6 Ferkel		

TR = Translokationstier; N = normales Tier

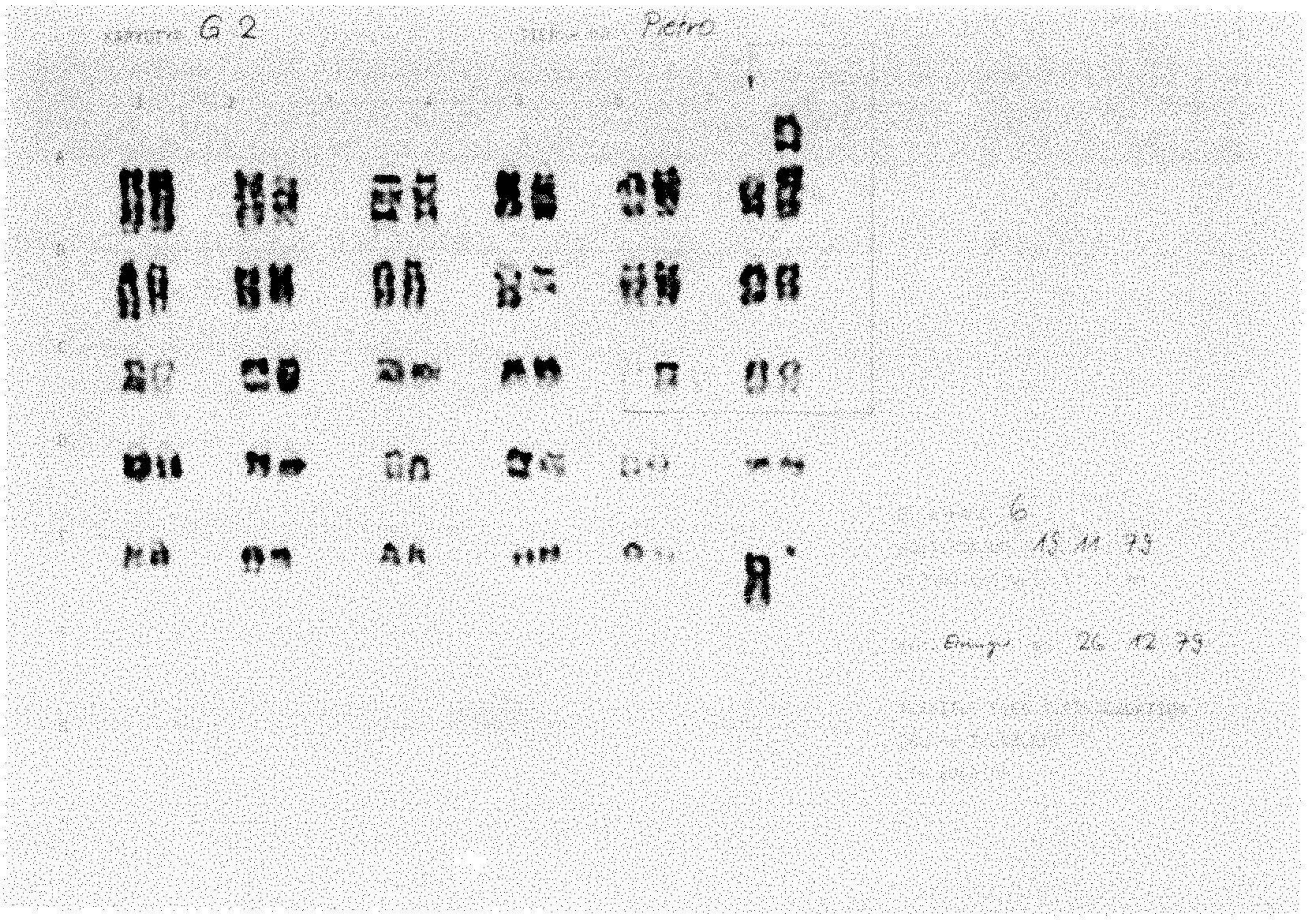


Abb. 3. Zentromerfusion bei Ziege.

einflüssen besser gewappnet sind. Dies trifft nach eigenen vorläufigen Untersuchungen nicht zu, speziell die Krankheitsresistenz konnte bei Kreuzungsnachkommen nicht verbessert werden. Zusätzlich wird die Vorhersage bestimmter Leistungserwartung aus diesen Tieren sehr ungenau, was für den Tierzüchter und Konsument ein grosses finanzielles Risiko bedeutet.

Das Huhn: Gallus domesticus 2n = 78 (18 Makrochromosomen)

Das Geflügel, speziell durch die Umkehrung der Geschlechtschromosomen beim homogametisch männlichen Tier und heterogametisch weiblichen Tier zytogenetisch interessant, ist besonders in der Chromosomenforschung stark eingesetzt worden. Ein besonderes Phänomen konnte hierbei mit Hilfe von Markerchromosomen von Fechheimer und Mitarbeiter (1979) geklärt werden. Das Auftreten von verschiedenen haploiden Zellinien, neben der normalen diploiden Form innerhalb einzelner Individuen wird durch das Eindringen mehrerer Spermien in die Eizelle und die selbständige Entwicklung verschiedener Spermien zu haploiden Zellinien ausgelöst.
Eine unterschiedlich hohe erbliche Disposition liegt bei verschiedenen genetischen Herkünften vor. Der Einsatz von Mischsperma aus verschiedenen Hähnen mit unterschiedlichen Translokationschromosomen war Voraussetzung für diese Studien.

Zytogenetische Methoden in der Biotechnik

Einige technische Methoden haben in der Tierzucht Eingang gefunden. In den letzten 20 Jahren ist die künstliche Besamung eine Standardmethode geworden. Besondere Auswirkungen hatte diese Methode auf die Zuchtstruktur, aber auch der Zuchterfolg ist in Verbindung mit dem Einsatz der Populationsgenetik entsprechend hoch gewesen. Im Extremfall kann ein Stier auf diese Weise ca. 100000 Kälber zeugen, ein Eber sicher einige Tausend Nachkommen und bei den

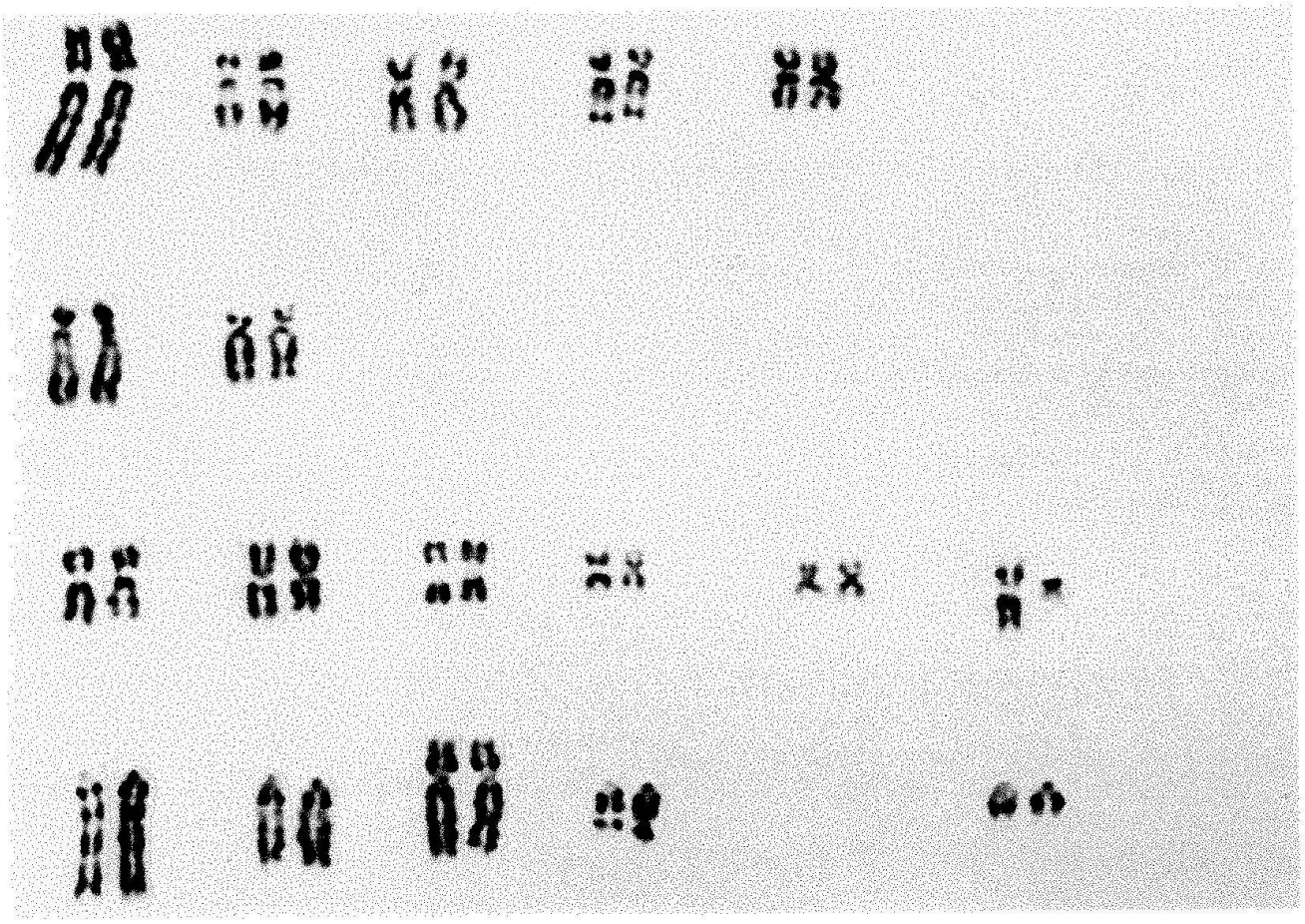


Abb. 4. Fusionschromosom bei Wildschwein.

anderen Tierarten sind dieselben Verhältnisse gegeben. Es leuchtet daher ein, dass bei dieser Vermehrungsrate eine genaue genetische Analyse vorgeschaltet werden muss und erst nach einem Testeinsatz und der Überprüfung aller Parameter ein genereller Einsatz erlaubt wird. Zunehmend werden daher auch biochemische, zellgenetische und chromosomale Analysen durchgeführt. Diese Untersuchungen dienen mehr der Erbfehlerprophylaxe und weniger den genetischen und produktionstechnischen Überlegungen. Ein Wunschtraum ist noch immer die exakte Spermientrennung, um weibliche oder männliche Nachkommen gezielt zu erzeugen. Auch hier werden in der Experimentalphase zytogenetische Methoden eingesetzt, insbesondere um den Erfolg der Trennung möglichst rasch an Hand der Geschlechtschromosomen konstatieren zu können.

Realität wurde die Auftrennung nach Geschlecht beim Embryotransfer, einer weiteren biotechnischen Methode, da über eine Zellentnahme und Chromosomenanalyse das Geschlecht des Embryos bestimmt werden kann, bevor der Embryo wieder auf ein Empfängertier übertragen wird. Dieser Vorgang kommt der Amniocentese beim Menschen sehr nahe. Beim Rind wurde die Amniocentese ebenfalls erfolgreich durchgeführt, hat aber keine direkte Anwendung gefunden, da es keine Alternativen nach Kenntnis des Geschlechtes oder einer Abnormität gibt, als das Kalb austragen zu lassen und dann der Verwertung zuzuführen.

Sowohl für die Theorie wie auch in der Praxis kann die Zytogenetik wertvolle Erkenntnisse liefern. In der Tierzucht werden heute noch viele Massnahmen auf Grund von empirisch ermittelten Annahmen getroffen. Diese sind zu überprüfen und mit Testverfahren wie z.B. auch zytogenetischen Techniken aufzuklären.

Tierzucht bedeutet Selektion; die genetische Variation ist eine Voraussetzung für die Selektion. Eigenschaften erkennbar machen, die als Selektionsmerkmale effizient genutzt werden können, dazu sind ebenfalls Chromosomenanalysen unter Verwendung von Markerchromosomen aufschlussreich. Segre-

gationsanalysen in Populationen geben Einsicht in Beziehungen von Determinanten, die für den Aufbau und den Erhalt einer Tierpopulation entscheidend sind. Ausnahmen in der allgemeinen genetischen Gesetzmässigkeit sind züchterisch interessante Sonderfälle, die zumeist ihren Ursprung in Neukombinanten oder Mutanten haben. Als Allele sind Genmutationen in ihrer Frequenz in einer Population bedeutsam und haben grosse Auswirkungen, sofern diese Genorte gekoppelte Eigenschaften, wie positive oder negative züchterische Merkmale, beinhalten. Selektion auf wenige Eigenschaften stört das genetische Gleichgewicht und damit wird ein Selektionsdruck auf eine Population ausgelöst. In der Folge werden meiotische Abläufe, wie Crossing over, Segregation und Differenzierungsvorgänge sowie die Befruchtungskapazität und embryonale Sterblichkeit beeinflusst. Zusätzliche biotechnische Methoden, wie die künstliche Besamung, geben diesen Entwicklungen eine erhöhte Wirksamkeit.

Zusammenfassung

Die Tierzucht konnte viele experimentelle Erkenntnisse aus anderen Disziplinen aufgreifen und ohne viel zusätzlichen Aufwand in der Theorie und Praxis einsetzen. Es sind aber nicht alle biologischen und zytogenetischen Phänomene direkt übertragbar, und daher muss die Tierzuchtforschung eigene Aktivitäten entwickeln. Im Austausch der Erfahrungen zwischen den einzelnen Disziplinen kann durchaus auch das Tier wertvolle Informationen für den Menschen liefern, wenn auch meist mit umgekehrten Vorzeichen, wie das Fruchtbarkeitsgeschehen aufzeigt: Antibabypille beim Mensch und Superovulation beim Tier. Im Vordergrund der zytogenetischen Untersuchungen steht die Aufklärung genetischer Phänomene, die mit biotechnischen und populationsgenetischen Analysen nicht erklärbar sind und meist am Tier selbst untersucht werden müssen. Besondere Bedeutung haben die Embryonalverluste in der Tierzucht, deren kausale Ursachen zumeist in Letalgenen und Chromosomenanomalien gesucht werden müssen. Bei der Aufzählung einzelner zytogenetischer Erkenntnisse bei den verschiedenen Nutztierarten wie Pferd, Rind, Schaf, Ziege, Schwein und Geflügel liegt der Schwerpunkt immer im Einsatz der Tiere zur Zucht. Beziehungen zu produktionstechnischen Aspekten haben zur Zeit kaum Bedeutung, obwohl in Zukunft über die Genkartierung Auswirkungen zu erwarten sind. Die Symbiose der Populationsgenetik mit der Zytogenetik in der Tierzucht ist sehr interessant, da dem Einzeltier als Individuum wieder mehr Aufmerksamkeit geschenkt wird.

Die Arbeiten von R. Matthey sind den Tierzüchtern wohl bekannt. Gerade das Zentromerfusionsgeschehen bei allen Nutztierarten steht im direkten Zusammenhang mit den wertvollen Erkenntnissen von R. Matthey, die von vielen Zytogenetikern in ihrer Bedeutung lange nicht erkannt wurden.

Literatur

Bongso, A. and P.K. Basrur: Chromosome anomalies in Canadian Guernsey bulls. Cornell Vet. *66:* 476–489 (1976).

Bruère, A.N., and Chapman, Helen M.: Autosomal translocation in two exotic breeds of cattle in New Zealand. Vet. Rec., *92:* 615–618 (1973).

Bruère, A.N.: Further evidence of normal fertility and formation of balanced gametes in sheep with one or more different Robertsonian translocations. J. Reprod. Fert. *45:* 323–331 (1975).

Caspersson, T. and Zech, C.: Chromosome identification technique and applications in biology and medicine (Uppsala 1973).

Chandley, A.C., Fletcher, J., Rossdale, P.D., Peace, C.K., Ricketts, S.W., McEnery, R.J., Thorne, J.P. Short, R.V., Allen, W.R.: Chromosome abnormalities as a cause of infertility in mares. J. Reprod. Fert., Suppl. *23:* 377–383 (1975).

Cribiu, E.P., and C.P. Popescu. 1974. Un cas de chromosome Y anormalement long chez Bos taurus L. Ann. Génét. Sél. Anim. *6:* 387.

Darré, R., Qéinnec, G. et Berland, H.-M.: La translocation 1/29 des bovins: Etude générale et importance du phénomène dans le Sud-Ouest. Rev. Méd. vét. *123:* 477–494 (1972).

De Giovanni, A.M., Succi, G., Molteni, L., Castiglioni, M.: A new autosomal translocation in 'Alpine Grey Cattle'. Ann. Génét. Sél. anim. *11:* 115–120 (1979).

Di Bernardino, D., Iannuzzi, L., Ferrara, L., Malassino, D.: A new case of Robertsonian translocation in cattle. The J. of Heredity 70(6) (1979).

Eldridge, F.E.: A dicentric Robertsonian translocation in a Dexter cow. J. Hered. *65:* 353–355 (1974).

Eldridge, F.E. and W.F. Blazak: Comparison between the Y chromosomes of Chianina and Brahma crossbred steers. Cytogenet. Cell Genet. *18:* 57–60 (1977).

Fechheimer, N.S.: A cytogenetic survey of young bulls in the U.S.A. Vet. Rec. *93:* 535–536 (1973).

Fechheimer, N.S.: Cytogenetics in Animal Production. J. of Dairy Science. Vol. *62/5:* 844–853 (1979).

Gustavsson, I., M. Fraccaro, L. Tiepolo and J. Lindsten: Presumptive X-autosome translocation in a cow: Preferential inactivation of the normal X chromosome. Nature *218:* 183–184 (1968).

Hansen, K.M.: Bovine tandem fusion and infertility. (Abstr.) Hereditas, *63:* 453–454 (1969).

Harvey, M.J.A.: Cytogenetic studies in bulls. Vet. Rec. *95:* 353 (1974).

Henricson, B. and Bäckström, L.: Translocation heterozygosity in a boar. Hereditas *52:* 166–170 (1964).

Hsu, T.C.: Human and Mammalian Cytogenetics (an Historical Perspective). (Springer Verlag, New York) 1980.

Kovacs, A., Meszaros, I., Sellgei, M., and Vass, L.: Mosaic centromeric fusion in a Holstein-Friesian bull, Acta Biologica Academiae Scientarium Hungaricae *24(3/4):* 215–220 (1973).

Lyon, M.F.: Sex chromatin and gene action in the mammalian X-chromosome. Amer. J. Hum. Genet. *14:* 135 (1962).

Masuda, H., Shioya, Y., Fukuhara, R.: Robertsonian translocation in Japanese Black cattle. Jap. J. Zootech. Sci. *51:* 26–32 (1980).

Moraes, J.C.F., M.S. Mattevi, F.M. Salzano, J.L.E.H. Poli and B. Erdtmann: A cytogenetic survey of five breeds of cattle from Brazil. The J. of Heredity *71:* 146–148 (1980).

Pollock, D.: A chromosome abnormality in Friesian cattle in Great Britain. Vet. Rec., *90:* 309–310 (1972).

Popescu, C.P.: Un cas possible d'inversion péricentrique chez les bovins. Ann. Génét. *15:* 197–199 (1972).

Popescu, C.P.: New data on pericentric inversion in cattle (Bos taurus L.). Ann. Génét. Sél. Anim. *8:* 443–448 (1976).

Popescu, C.P.: New type of Robertsonian translocation in cattle. J. Hered. *68:* 138–142 (1977).

Popescu, C.P.: Les recherches cytogénétiques des animaux domestiques. Weiterbildungskurs des SVIVAL an der ETH Zürich, Tab. 4 und 5, 13.–14. August 1980.

Short, R.V., J. Smith, T. Mann, E.P. Evans, J. Hallett, A. Fryer, J.L. Hamerton: Cytogenetic and endocrine studies of a freemartin heifer and its bull cotwin. Cytogenetics 8, Nr. *5:* 369–388 (1969).

Stranzinger, F.G. and M. Förster: Autosomale Chromosomen Translokationen beim Fleck- und Braunvieh. Experientia *32:* 24–27 (1976).

Stranzinger, G.: Die Bedeutung zytogenetischer Untersuchungen für die praktische Tierzucht. Tierzüchter *9:* 366–369 (1978).

Stranzinger, G., Dolf, G., Fries, R. und Stocker, H.: Some rare cases of chimaerism in twin cattle and their proposed use for determing germinal cell migration. J. of Heredity *72:* 360–362 (1981).

Tschudi, P., B. Zahner, U. Küpfer, and G. Stämpfli: Chromosomenuntersuchungen an schweizerischen Rinderrassen. Schweiz. Arch. Tierheilk. *119:* 329–336.

Zahner, B.: Robertson'sche Translokationen (zentrische Fusionen) bei Schweizer Rinderrassen. Dissertation der Veterinär-Medizinischen Fakultät der Universität Bern (1977).

Adresse des Autors:

Prof. Dr. Gerald Stranzinger
Institut für Tierproduktion ETH
Gruppe Tierzucht
Tannenstrasse 1
CH-8006 Zürich