

Genetische Einflüsse auf die Fruchtbarkeit bei Rassenkreuzungen

Genetic influences on the fertility in crossbreeding

Von Gerald F. Stranzinger¹

1 Einleitung

Die Grundlagenforschung trägt zur Erweiterung des Wissens in allgemeiner Form bei. Die Erkenntnisse stehen Jedermann zur Verfügung und sind wertneutral, d.h. ihre Anwendung ist sowohl in positiver wie auch in negativer Richtung möglich. Innerhalb der Genetik wird die Erbinformation und deren Weitergabe über Generationen erforscht, wobei die Interaktion mit der Umwelt auf allen Ebenen berücksichtigt werden muß. Die Tierzucht im engeren Sinne versucht eine gerichtete Veränderung vererbbarer Eigenschaften durch eine entsprechende Auswahl von Elterntieren zu erreichen. Tierzüchtung ist eine Sache von Generationen und erfordert Geduld und Stabilität, Kontinuität und Kreativität und auch Wissen und Glück. In Entwicklungsländern beruht die Tierzucht primär auf den erweiterten Aspekten der Haltung und Fütterung. Unter günstigen Voraussetzungen, Stabilität und vorhandener Infrastruktur kann eine langfristige Züchtungsstrategie eingeschlagen werden. Trotz dieser Einschränkungen müssen die biologischen Zusammenhänge einzelner Selektions- und Züchtungsmaßnahmen bekannt sein oder weiter erforscht werden, um langfristig einen Erfolg erzielen oder mögliche Schäden zu verhindern. Als Beispiele könnten hier negative Kopplungsbeziehungen zwischen zwei Eigenschaften wie Hornlosigkeit und Zwitterbildung bei Ziegen, Kreuzungsprogramme bei extremen Rinderrassen und dabei auftretende verringerte Fruchtbarkeit oder Artkreuzungen und Unfruchtbarkeit der F1 Nachkommen genannt werden. Das Beispiel der reduzierten Fruchtbarkeit bei *Bos taurus* und *Bos indicus* Kreuzungen (*Santa Gertrudis*, *Bonsmara*, *Belmont*, etc.) ist für Entwicklungsländer sehr aktuell. Die Problematik und auch Lösungsansätze durch eine Grundlagenforschung sollen aufgezeigt werden.

¹ Prof. Dr. G. Stranzinger, Eidgenössische Technische Hochschule, Institut für Nutztierwissenschaften, Gruppe Züchtungsbiologie, Tannenstr. 1, CH-8092 Zürich, Schweiz

2 Problemübersicht

In verschiedenen Veröffentlichungen zum Beispiel bei RENDEL 1980 wird berichtet, daß bei den Kreuzungsprogrammen, in denen *Bos taurus* und *Bos indicus* zur Kombination erwünschter Eigenschaften wie Krankheitsresistenz, Hitzetoleranz, Milch- und Fleischleistung usw. miteinander gekreuzt werden, immer wieder Fruchtbarkeitsstörungen auftreten. Obwohl für viele Fruchtbarkeitsprobleme auch Umweltfaktoren, wie schlechte Aufzucht und Fütterung, extreme Haltungsbedingungen usw. verantwortlich gemacht werden können, sind trotzdem bei einer Optimierung der Umweltverhältnisse immer noch Fruchtbarkeitsprobleme zu beobachten. Primär äußert sich dieses Problem bei Stieren mit geringer Spermienanzahl im Ejakulat und Libidoschwächen. Bei Kühen äußert sich dies mit einem Anöstrus, erhöhter Embryonalsterblichkeit und langen Zwischenkalbezeiten. Sowohl die gestörte Keimzellenreifung, wie auch unbalanzierte Gameten und Embryonalsterblichkeit, aber auch Hormonstörungen können Ursachen der reduzierten Fruchtbarkeit sein. Da die Reproduktionsfähigkeit für die Tierzucht das entscheidende Element darstellt, müssen die kausalen Zusammenhänge für die oben erwähnten Probleme näher untersucht werden.

3 Zytogenetische Grundlagen

Die Chromosomen sind die Träger der Erbanlagen und jede Tierart hat eine der Art entsprechende Anzahl und Form von Chromosomen. Die Anzahl der Chromosomen im Zellkern ist für viele Arten bekannt, der Aufbau und die Reihenfolge der Gene auf den Chromosomen jedoch kaum. Erst seit ca. 20 Jahren sind die einzelnen Chromosomen eines Karyogrammes durch spezielle Chromosomenbänderungsfärbungen einzeln identifizierbar. Damit konnte auch der Weg zur Chromosomenkartierung freigegeben werden, allgemein wird diese Forschungsrichtung auch in der Genomanalyse zusammengefaßt. Kleinste morphologische Abweichungen innerhalb homologer Chromosomen haben bereits innerhalb einer Art große Auswirkungen bei der Keimzellenbildung. In der Meiose, sowohl bei den Autosomen in deren ganzen Länge, wie auch partiell im pseudoautosomalen Bereich bei den unterschiedlichen Geschlechtschromosomen X und Y findet eine Paarung der homologen Chromosomenbereiche statt. Bei konventionellen zytogenetischen Präparationen von Meiosestadien war bisher der pseudoautosomale Bereich der X und Y Chromosomen nicht sichtbar und deshalb ging man davon aus, daß hier keine Paarung stattfindet. Erst mit den Möglichkeiten der Elektronenmikroskopie und einer Präparation der Meiosestadien während der Synapsis im Pachytenstadium zur Darstellung des synaptonemalen Komplexbereichs, konnte diese Wissenslücke gefüllt werden. Es muß vorausgesetzt werden, daß nur derartige Chromosomenabschnitte mit genau gleicher Genabfolge sich in der Meiose paaren können und auch dort nur ein Genaustausch in Form des Crossing over stattfindet. In diese Genabfolge und Paarung durch mutationelle Vorgänge oder durch Artkreuzung mit unterschiedlichen Chromosomen gestört, könnten auch keine Keimzellen gebildet

werden oder es entstehen unbalanzierte Keimzellen, die nach einer Befruchtung für die Zygote zum Embryonaltod führt. Da für die meisten Tierarten und Chromosomen noch keine ausreichenden Genkarten zur Verfügung stehen und damit auch der Aufbau der Chromosomen weitgehend unbekannt ist, können nur Präparationsformen, die das Paarungsverhalten von Chromosomen in der Meiose darstellen helfen, auch Informationen über Störungen geben. Dies trifft für die synaptonemalen Komplexstudien zu (SWITONSKI et al., 1990).

In normalen zytogenetischen Analysen von Karyogrammen verschiedener Rindertypen konnte festgestellt werden, daß *Bos taurus* und *Bos indicus* normalerweise ein unterschiedliches Y Chromosom haben (KIEFER & CARTWRIGHT, 1968; HALNAN & FRIES, 1976; MEYER, 1984; MÄRKI & ROBINSON, 1984; STRANZINGER et al., 1986). *Bos taurus* zeigt ein metazentrisches bis submetazentrisches Y Chromosom, *Bos indicus* im Regelfall ein telozentrisches Y Chromosom. Ausnahmen sind die meisten afrikanischen Zebutypen, die auch ein submetazentrisches Y Chromosom haben können (MEYER, 1984; STRANZINGER et al., 1986). Diese Geschlechtschromosomenunterschiede müssen eigentlich Konsequenzen in der Meiose haben, je nach dem, welche Paarungskombinationen zwischen *taurus* und *indicus* X und Y Chromosomen auftreten. Gleichzeitig wird das Paarungsverhalten zwischen den Geschlechtern unterschiedlich sein, da bei weiblichen Tieren zwischen den X Chromosomen bisher keine größeren Bänderungsunterschiede festgestellt wurden und außerdem das Studium des Paarungsverhalten in der Prophase der Meiose im Fötalstadium erfolgen mußte und daher kaum Untersuchungen vorliegen. Von den Beobachtungen bei Rind mal Bison oder Yak Kreuzungen ist auch bekannt, daß nur die männlichen F1 Produkte steril sind, die weiblichen F1 Produkte jedoch fertil (STRANZINGER, 1983). Ähnliche Beobachtungen gibt es auch bei anderen Tierarten wie Mäusen und entsprechende Gentransferversuchen mit geschlechtsbestimmenden Gensonden (MCLAREN, 1991).

4 Forschungsschwerpunkte

Aus dieser beschriebenen Situation heraus wurden bereits relativ viele Untersuchungen im Feld und im Labor durchgeführt. Erhebungen über die Spermaqualität, Spermamenge, Befruchtungskapazität, Ovarenentwicklung, Brunsterscheinung und Ovulation, hormonelle Untersuchungen, Einflüsse auf die Embryonalentwicklung, histologische und immunologische Untersuchungen und Kreuzungsversuchen in allen Kombinationen haben bisher bereits einen guten Einblick in mögliche Einflußgrößen ergeben, letztlich aber die kausalen Ursachen der Fruchtbarkeitsstörungen noch nicht aufklären können. Die Ursachen müssen daher mehr im genetischen Aufbau der Chromosomen und in der Genwirkung speziell dafür verantwortlicher Gene gesucht werden. Zu diesem Zweck müssen die Chromosomen während der unterschiedlichen Phasen der Entstehung der Keimzellen (Miose) und auch während der embryonalen Entwicklung analysiert und deren Verhalten bei der Befruchtung untersucht werden. Zusätzlich wird die genetische Aufschlüsselung der wichtigen Chromosomenregionen, die bei der

Geschlechtsdifferenzierung verantwortlich sind, eine wichtige Forschungsaufgabe sein. Bisher wurden bereits mit Hilfe der Chromosomenforschung wertvolle Informationen erzielt, z.B. die Unterschiede der Y Geschlechtschromosomen zwischen *Bos taurus* und *Bos indicus*, wobei der Geschlechtschromosomenpolymorphismus eine zusätzlich bemerkenswerte Variante der Evolution darstellt. Auch die verschiedenen Genzuweisungen auf Chromosomen zwischen Arten allgemein und auf die Geschlechtschromosomen im speziellen geben einen Hinweis auf die Homologien und konservierten Bereiche zwischen Arten. Besonders interessant sind die Untersuchungen über den synaptonemalen Komplex, der das Paarungsverhalten der Chromosomen in der Meiose aufzeigt und auf sehr eindruckliche Weise auch Synapsisstörungen aufzeigt. In größeren Bereichen von Chromosomenmutationen, z.B. bei reziproken Translokation sind derartige Untersuchungen besonders aussagekräftig. Im Vergleich des Paarungsverhaltens der Geschlechtschromosomen bei Rind, Ziege und Schaf in der pseudoautosomalen Region von X und Y Chromosomen sind deutlich die Veränderungen während der Evolution erkennbar. Damit ist auch ein möglicher Einfluß dieser Unterschiede zwischen den Y Chromosomen bei *Bos taurus* und *Bos indicus* auf die Kreuzungsnachkommen und deren Fruchtbarkeit denkbar.

5 Konsequenzen für Tierzuchtprojekte

Der Wunsch zur Ausnutzung vorteilhafter Eigenschaften verschiedener Rassen durch Kreuzung oder die Nutzung der Heterosiseffekte bei Rassenkreuzungen ist verständlich. Die Anwendung unter bestimmten Verhältnissen ist erprobt und reproduzierbar. In einigen speziellen Situationen zeigen sich aber auch negative Erscheinungen, besonders wenn es sich um Versuche zur Neuzüchtung von angepassten Rassen handelt und die Effekte der Fruchtbarkeitsstörungen erst mit steigenden Generationsfolgen zunehmen. Bei Kreuzungen zeigt sich bei F1 Tieren oft ein positiver Effekt auf Fruchtbarkeit, was irrtümlicherweise auf alle Kreuzungsstufen extrapoliert wird, jedoch in vielen Fällen nicht zutrifft.

Die Gründe für die zunehmend beobachteten Probleme der Fruchtbarkeit sind unbekannt und bedürfen einer Aufklärung. Eine intensivere Forschung im Bereich der Genetik ist daher unumgänglich und muß auf allen Ebenen durchgeführt werden. Sowohl die Molekulargenetik mit einer Intensivierung der Genomanalyse, wie auch vermehrte zytogenetische Untersuchungen können hier zu sehr wesentlichen Erkenntnissen führen. Die Berücksichtigung dieser Forschungsergebnisse in den Zuchtprogrammen in Entwicklungsländern, aber auch bei uns, wird langfristig auftretende Schäden verhindern helfen. Es zeigt sich hier auch, daß die Grundlagenforschung in den industrialisierten Ländern durchaus auch eine große Bedeutung für Entwicklungsländer haben kann, besonders wenn die Forschung an Hochschulen und Universitäten erfolgt und damit das erzielte Wissen frei zur Verfügung steht. Dies ist auch eine Form der Entwicklungshilfe, die bisher kaum Beachtung gefunden hat.

6 Zusammenfassung

Die Grundlagenforschung stellt der Praxis wertvolle Erkenntnisse zur Verfügung. In der Tierzucht ist die Fruchtbarkeit ein wesentlicher Bestandteil des Züchterfolges. Probleme der Fruchtbarkeit treten besonders in extremen Umwelten und bei Kreuzungsprogrammen auf. Es werden einige Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der Reproduktion dargestellt und deren Bedeutung in der Interpretation von Fruchtbarkeitsproblemen aufgezeigt.

Summary

The basic research offers valuable scientific findings to people working in the practice. In animal breeding, fertility is a vital part of the breeding success. Problems in fertility mainly occur in extreme environments and in cross-breeding programmes. In this article we present some research results in the field of reproduction and try to demonstrate their significance in the interpretation of fertility problems.

Literaturverzeichnis

1. KIEFER, M.N. and T.C. CARTWRIGHT, 1968: Sex chromosome polymorphism in domestic cattle. – J. Hered. 59, 35-36.
2. HALNAN, C.R.E. and J. FRANCIS, 1976: *Bos taurus* Y chromosome of Africander cattle and the development of improved breeds for the tropics. – Vet. Res. 98, 88-90.
3. MCLAREN, A., 1991: The making of male mice. Nature 351-96.
4. MÄRKI, U. and T.J. ROBINSON, 1984: Y chromosome demorphism in Africander bulls. – Proceed. 6th Eur. Colloq. Cytogenetc. Domest. Anim., 187-95.
5. MEYER, E.H.H., 1984: Classification of *Bos indicus* cattle breeds in Southern and Central Africa as Sanga or Zebu type by means of Y chromosome morphology. – Proceed. 6th Eur. Colloq. Cytogenetc. Domestic Anim. 96-103.
6. STRANZINGER, G., 1983: Rinderkreuzungsprogramme in subtropischen Regionen, ein biologischer Konflikt. – Der Tropenlandwirt, Zeitsch. für die Landwirtschaft in den Tropen und Subtropen, 7-14.
7. STRANZINGER, G.; ELMIGER, B. and D.T.S. HETZEL, 1987: Cytogenetic studies on different cattle breeds in Australia. – Zeitschrift für Tierzüchtung und Züchtungsbiologie, 104 (3), 231-234.
8. SWITONSKI, M.; ANSARI, H.A.; MATHEW, A.; JUNG, H.R. and G. STRANZINGER 1990: Synaptonemal complex analysis in primary spermatocytes of cattle x zebu hybrid (*Bos taurus* x *Bos indicus*). – J. Anim. Breed. Genet. 107, 229-238.