Vorwort

Am 1. Februar 2002 fand am Institut für Tierzucht und Tierhaltung der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg ein Symposium zum Thema „Aktuelle Aspekte der Rinder- und Pferdezucht“ statt.
Mit diesem Symposium wurden Schwerpunkte aufgegriffen, die gegenwärtig die Züchtung und Haltung der beiden Großtierarten Rind und Pferd und die fachliche Diskussion der Wissenschaftler und praktisch orientierten Landwirte bestimmen. Bei aller Unterschiedlichkeit der Nutzungsformen, biologischen Ausgangsbedingungen und gesellschaftlichen Einordnung der Spezies wurde versucht, die methodischen Gemeinsamkeiten bei Züchtung und Haltung herauszuarbeiten und Ableitungen für die gegenwärtigen ökonomischen Rahmenbedingungen zu treffen.

Zwei Ereignisse trafen mit dieser Veranstaltung zusammen und fanden in der inhaltlichen Gestaltung Berücksichtigung:
Herr Prof. Dr. Dr. h. c. HANS-JOACHIM SCHWARK konnte am 26.12.2001 seinen 75. Geburtstag feiern – sein Lebenswerk war zu einem sehr hohen Anteil durch wissenschaftliche Arbeiten über beide Tierarten geprägt und fand in dieser Veranstaltung eine Würdigung. Das „Archiv für Tierzucht“ hat bereits im Heft 6 des Jahrgangs 2001 eine Laudatio für den Jubilar veröffentlicht.
Herr Prof. Dr. HERMANN H. SWALVE trat am 01.02.2002 seinen Dienst als Universitäts-Professor an der *alma mater halensis* an. In seiner wissenschaftlichen Laufbahn ist er vor allem mit Arbeiten zur Populationsgenetik und Zuchtplanung bei Großtieren hervorgetreten.

Die Beiträge dieser Tagung sind im vorliegenden Sonderheft des „Archiv für Tierzucht“ veröffentlicht.

Prof. Dr. Eberhard von Borell

Geschäftsführender Institutsdirektor

Preface

The Institute of Animal Breeding and Husbandry, Martin-Luther-University Halle-Wittenberg hosted a symposium entitled „Actual Aspects of Cattle and Horse Breeding" on the 1st of February 2002. The symposium dealt with main issues in cattle and horse breeding and husbandry that are currently discussed among scientists and farmers. Although the biology, use and role in our society differ substantially between these species, common methods and goals for the breeding and husbandry were elaborated and consequences for the current economic situation analysed.

Two main events were considered when we were planning this symposium:
Prof. Dr. Dr. h.c. HANS-JOACHIM SCHWARK celebrated his 75th birthday anniversary on the 26th of December 2001. His lifework was honoured in this symposium as his main field of scientific work was determined by these two species. The "Archives of Animal Breeding" already published an eulogy and dedicated articles in honour of this occasion in the Issue 6/2001.
Prof. Dr. HERMANN H. SWALVE started his career as an university professor at the *alma mater halensis* on the 1st of February 2002. His work on population genetics and breeding evaluation in large farm animals dominated his previous scientific career.

Contributions to this symposium are published in this special issue of the "Archives of Animal Breeding".

Prof. Dr. Eberhard von Borell

Acting Director of the Institute

Arch. Tierz., Dummerstorf **45** (2002) Sonderheft, 5-19

Aus dem Institut für Tierzucht und Tierhaltung mit Tierklinik der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

HERMANN H. SWALVE

Aktuelle Aspekte der Rinder- und Pferdezucht

Summary

Title of the paper: **Current aspects in cattle and horse breeding**

Comparatively low rates of reproduction and long generation intervals are common to cattle and horses. Hence, well defined breeding plans are of utmost importance for both species. A summarizing look on breeding programmes for cattle and horses is given in which the basis for the achievement of genetic progress is discussed in detail. The application of this basic knowledge is done in a comparative discussion of various breeding programmes which are presented in a schematic way. Furthermore, the impact of progress in the fields of biotechnology and molecular genetics is discussed. Especially cloning can have a drastic impact on the systems of breeding although cloning does not alter the basic principles of animal breeding. However, animal breeding activities will be changed by using the tools offered by molecular genetics.

Key Words: breeding programmes, biotechnology, molecular genetics, cattle, horse

Zusammenfassung

Rinder und Pferde haben gemeinsam vergleichsweise geringe Reproduktionsraten und lange Generationsintervalle. Die Bedeutung fundierter Zuchtpläne ist deshalb bei beiden Spezies besonders hoch. Eine zusammenfassende Betrachtung von Zuchtprogrammen für Rinder und Pferde wird gegeben, wobei zunächst die Grundlagen der Erzielung züchterischer Fortschritte im Vordergrund stehen. Die Umsetzung der Grundlagen erfolgt in einer vergleichenden Betrachtung verschiedener Vorschläge für Zuchtprogramme, die schematisch dargestellt werden. Weiter werden die Auswirkungen von Fortschritten auf den Gebieten der Biotechnologie und Molekulargenetik erörtert. Insbesondere die Klonierung kann zuchtorganisatorisch weitreichende Konsequenzen haben, wenn sie auch an den eigentlichen Prinzipien der Zuchtarbeit nichts ändert. Eine Veränderung der Zuchtarbeit findet aber durch die Hinzunahme des Instruments der Molekulargenetik statt.

Schlüsselwörter: Zuchtprogramme, Biotechnologie, Molekulargenetik, Rind, Pferd

Einleitung

Nachfolgend sollen aktuelle Aspekte der Rinder- und Pferdezucht unter dem zentralen Gesichtspunkt ihrer Zuchtprogramme behandelt werden. Zuchtprogramme können als praktische Realisierungen von Zuchtplänen verstanden werden. Die Entwicklung und der Betrieb eines Zuchtprogramms zerfallen dabei in einen theoretischen und einen praktischen Teil. Zum theoretischen Teil gehören die Zuchtzieldefinition, die Schätzung genetischer Parameter, die Auswahl der Merkmale und die Vorausschätzung des genetischen Fortschritts. Der praktische Teil umfasst vornehmlich die Durchführung der Leistungsprüfung, die Zuchtwertschätzung, die Selektion und die Zuchtorganisation.

Zuchtprogramme von Pferden und Rindern unterscheiden sich in wesentlichen Punkten. Bei Pferden – unter der Beschränkung auf die Zucht von Reitpferden – sind die Hauptmerkmale Springen, Dressur und Exterieur, wobei die Springveranlagung und die Dressur genetisch zueinander in indifferenter Beziehung stehen (r_g = 0.00) und Springen und Exterieur leicht negativ korreliert sind (r_g = -0.20). Die Pferdezucht ist

weiter gekennzeichnet durch eine hohe Heterogenität der Leistungsprüfungen (Hengstleistungsprüfung, Stutenleistungsprüfung, Spring- und Dressurpferdeprüfungen, Turniersportprüfungen) und die Zersplitterung der züchterischen Aktivitäten in sehr kleine „Herden“. Häufig hält ein Züchter nur eine oder wenige Stuten; größere Zuchteinheiten auf einzelbetrieblicher Ebene sind vorhanden, aber selten.
Die wesentlichen Zuchtzielmerkmale der Milchrinderzucht sind heute Milchleistung und funktionale Nutzungsdauer, wobei eine leicht negative Beziehung zwischen diesen beiden Komplexen konstatiert werden muss. Das Hauptmerkmal „Milchleistung“ ist geschlechtsgebunden, weshalb die Nachkommenprüfung dominiert. Die Leistungsprüfung, zumindest für das Hauptmerkmal Milchleistung, ist gut standardisiert. Relativ zum Pferd wird in großen und teilweise sehr großen Herden gezüchtet.

Selektionspfade und Orientierungsgrößen für den Vergleich von Zuchtprogrammen

Gemäß der Theorie der quantitativen Genetik kann der Selektionserfolg bzw. genetische Fortschritt über die Gleichungen

$$\Delta G = i \quad h^2 \quad \sigma_P$$

bzw.

$$\Delta G = i \quad r_{TI} \quad \sigma_A$$

vorausgeschätzt werden, wobei ΔG den genetischen Fortschritt, i das standardisierte Selektionsdifferential, h^2 die Heritabilität, r_{TI} die Genauigkeit der Zuchtwertschätzung und σ_P bzw. σ_A die phänotypische bzw. genetische Standardabweichung bezeichnen.
Das standardisierte Selektionsdifferential (bzw. Selektionsintensität) leitet sich direkt von der Remontierungsrate ab, wobei die entsprechenden Werte von i gemäß der Gauss’schen Normalverteilung für verschiedene Remontierungsraten (Anteile selektierter Tiere) ermittelt werden. In der Milchrinderzucht stellte sich schon sehr früh das Problem, dass eine einzige Remontierungsrate eben nicht existiert. Gerade unter Bedingungen der flächendeckenden Künstlichen Besamung werden beispielsweise bei der Selektion der Bullen nur sehr kleine Remontierungsraten (sehr hohe Selektionsintensitäten) und bei der Selektion von Kühen vergleichsweise hohe Remontierungsraten verwendet.
Es ist der Verdienst von RENDEL und ROBERTSON (1950), ein Modell entwickelt zu haben, welches den tatsächlichen Selektionsverhältnissen in der Milchrinderzucht gerecht wird und später auch auf andere Tierarten übertragen werden konnte. Dies gilt auch für das Pferd. RENDEL und ROBERTSON unterscheiden vier Selektionspfade, die am Beispiel des Milchrindes wie folgt erläutert werden können:

- **Selektion der Bullenväter (BV)**
  Hierbei handelt es sich um sehr wenige, also sehr scharf selektierte Elitebullen zur Anpaarung an die Bullenmütter.
- **Selektion der Kuhväter (KV)**
  In heutigen Zuchtprogrammen sind dies alle Bullen, die eine Nachkommenprüfung mit Erfolg (positiver Zuchtwert) abgeschlossen haben, also in den Katalogen der Besamungsstationen auftauchen und von den Landwirten nachgefragt werden können.

- **Selektion der Bullenmütter (BM)**
  Bullenmütter werden heute per elektronischer Vorauswahl (Durchsicht der Daten der ganzen Population) vorselektiert und nach einer erfolgreichen Besichtigung endgültig für eine Anpaarung an die Bullenväter unter Vertrag genommen.
- **Selektion der Kuhmütter (KM)**
  Hierbei handelt es sich grundsätzlich um alle Kühe eines Milchviehbetriebes, die auch weibliche Nachzucht für den Betrieb produzieren. Je nach Bedarf der betrieblichen Remontierung kann u. U. noch etwas selektiert werden, meist liegt die Selektionsintensität auf diesem Pfad jedoch auf einem sehr niedrigen Niveau.

Nach RENDEL und ROBERTSON ist der genetische Fortschritt je Jahr für die Gesamtpopulation dann nach folgender Formel zu ermitteln:

$$\Delta G = \frac{\Delta G_{BV} + \Delta G_{KV} + \Delta G_{BM} + \Delta G_{KM}}{\Delta L_{BV} + \Delta L_{KV} + \Delta L_{BM} + \Delta L_{KM}}$$

Obschon in neuerer Zeit auch differenziertere Methoden zur Vorausschätzung des genetischen Fortschritts entwickelt wurden, so lässt die Methode nach RENDEL und ROBERTSON immer noch eine einfache und approximative Vorausschätzung mit hinreichender Sicherheit zu. Weitere Orientierungsgrößen für Zuchtprogramme sind daneben der mit Geld bewertete (und diskontierte) Zuchtfortschritt bzw. der Nettoselektionserfolg unter Berücksichtigung der Kosten des Zuchtprogramms. Hinzugekommen ist mit der fortschreitenden Aufhebung der Regionalisierung der Zuchtarbeit bzw. mit ihrer Internationalisierung die simple Frage, wie man als Zuchtunternehmen im Markt bleibt. Eine herausragende Bestimmungsgröße ist dabei der Umfang des Zuchtprogramms. Dies gilt nicht nur für die Populationsgröße, die, wie schon LANGHOLZ (1973) zeigen konnte, einen wesentlichen Einfluss auf das Zuchtprogramm hat, sondern insbesondere auch für die Zahl der je Jahr über die künstliche Besamung vermarktbaren Vatertiere (DEKKERS et al., 1996).

Zuchtprogramme beim Milchrind

Abbildung 1 zeigt das Schema eines konventionellen Besamungszuchtprogramms. Bullenmütter werden aus der Herdbuchpopulation selektiert und mit Elitebullen angepaart, um die Bullen der nächsten Generation zu erzeugen. Diese werden nach der Aufzucht als Testbullen eingesetzt. Die Töchter aus diesem Testeinsatz stehen zur Nachkommenprüfung der Testbullen zur Verfügung. Hauptsächlich aus der Information zu ihren Leistungen werden Zuchtwerte für die Testbullen geschätzt, die in der Zwischenzeit als Wartebullen gehalten wurden. Nach erfolgter Zuchtwertschätzung kann unter den Wartebullen selektiert werden: Kuhväter gehen in den breiten Einsatz, Eliteväter werden Bullenväter und der größte Teil der Wartebullen wird gemerzt.
NICHOLAS und SMITH (1983) konnten zeigen, dass herkömmliche Programme Reserven insbesondere hinsichtlich des Generationsintervalls haben. Wesentliche Merkmale des von NICHOLAS und SMITH vorgeschlagenen Zuchtprogramms sind dabei, dass Kühe als Mütter von Bullen der nächsten Generation sehr früh ausgewählt werden, wobei ihre Zuchtwerte dann allerdings auch vornehmlich aus ihrer Abstammung heraus geschätzt werden müssen. Die Sicherheit der Leistungserfassung wollte man damit verbessern, dass nicht mehr in einer großen Population, sondern lediglich innerhalb eines Nukleus gezüchtet wird. Der Nukleus ist dabei im Extremfall nur eine einzige (große) Herde, in der dann natürlich die Leistungserfassung sehr genau betrieben werden kann.

Hauptproblem solcher Zuchtprogramme ist die schmale Basis, die zur Selektion noch verbleibt.

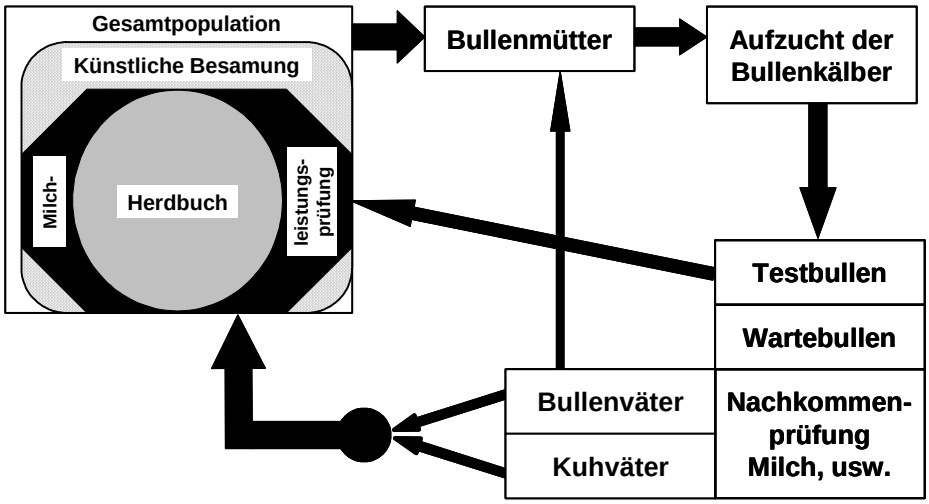


Abb. 1: Grundschema eines Besamungszuchtprogramms beim Milchrind (Basic scheme of an A.I. breeding programme for dairy cattle)

Diesem Problem versuchte man damit zu begegnen, dass mit jeder Kuh in einem solchen Programm auch Embryo-Transfer durchgeführt und somit die Zahl ihrer Nachkommen erhöht wird. Dies gab derartigen Zuchtprogrammen auch den Namen MOET (Multiple Ovulation und Embryo-Transfer). International gab es bisher nur wenige Versuche, derartige Zuchtprogramme ("Echte" MOET-Programme) tatsächlich in die Praxis umzusetzen, und mittlerweile sind auch alle Versuche gescheitert. Der Hauptgrund dafür ist, dass die Auswahl aus einer großen Population durch ein auch noch so intensiv betriebenes Nukleus-Programm nicht zu übertreffen ist. Eine sehr große Population bietet eben immer die Möglichkeit, genetisch extrem positiv auffallende Tiere aus Tausenden von Tieren auszuwählen, also mit hoher Intensität der Selektion zu arbeiten. Durch die Diskussion um MOET-Zuchtprogramme sind jedoch eine Reihe von Denkanstößen als Intensivierungen herkömmlicher Besamungszuchtprogramme in die Praxis umgesetzt worden.
Die eigentliche Herkunft der Nukleuszuchtprogramme sind Zuchtprogramme, die für die Zucht in Ländern und Regionen mit schwieriger Infrastruktur erarbeitet wurden. Die Beschränkung auf einen Nukleus ergibt sich dabei als Konsequenz aus logistischen Problemen. Ein derartiges Zuchtprogramm zeigt Abbildung 2 (nach HINKS, 1978). Der Nukleus wird hier bewusst offen gehalten. Ein weiteres Merkmal des Zuchtprogramms in Abbildung 2 ist die Verwendung von Testherden, in denen sowohl der Testeinsatz der Jungbullen erfolgt, als auch Jungkühe zur Verstärkung des Nukleus selektiert werden können.
Ganz allgemein hat eine Nukleuszucht die Hauptvorteile, dass im Gegensatz zu Feldprogrammen durch eine straffe Organisation ein hoher Zuchterfolg erzielt werden kann. Auch sind bio- und gentechnologische Maßnahmen einfacher durchführbar. Die Nachteile einer Nukleuszucht sind vornehmlich das hohe Hygienerisiko, die begrenzte Selektionsintensität (verglichen mit einer Selektion im Feld) und Inzuchtprobleme. Die letzten beiden Nachteile zwingen dazu, den Nukleus so groß wie irgend möglich zu halten, u.U. eben auch offen und/oder zumindest teilweise dezentralisiert.

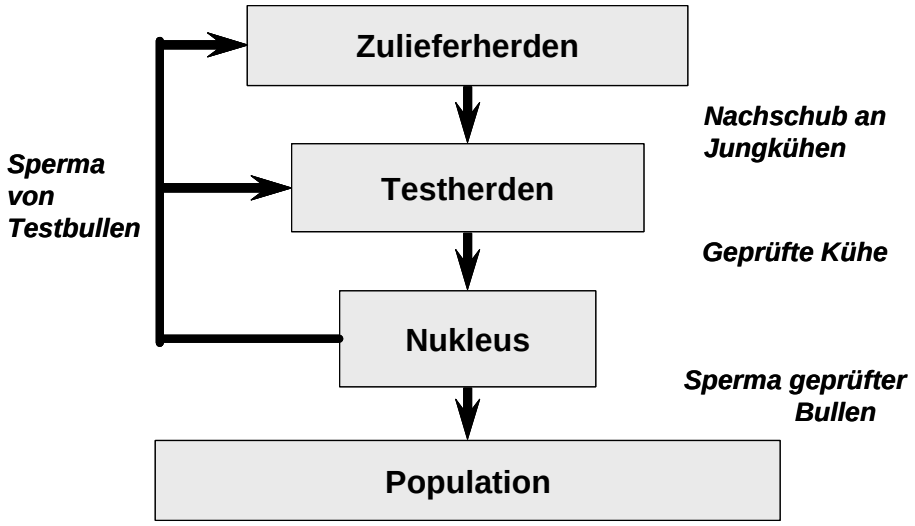


Abb. 2: Nukleuszuchtprogramm nach HINKS (1978) (Nucleus breeding programme after HINKS (1978))

In Abbildung 3 (SWALVE und LANGHOLZ, 1989) werden die Vorschläge von HINKS (1978) und NICHOLAS und SMITH (1983) aufgegriffen. Der Nukleus ist wahlweise offen oder geschlossen und wird in Anlehnung an das konventionelle Zuchtprogramm als Pool von Bullenmütterherden verstanden. Hier kann auch eine intensivere Leistungsprüfung stattfinden. Jungbullen werden ausschließlich in speziellen, vertraglich gebundenen Testherden eingesetzt. In der Hauptpopulation erfolgt ausschließlich der Einsatz von Sperma geprüfter Bullen.

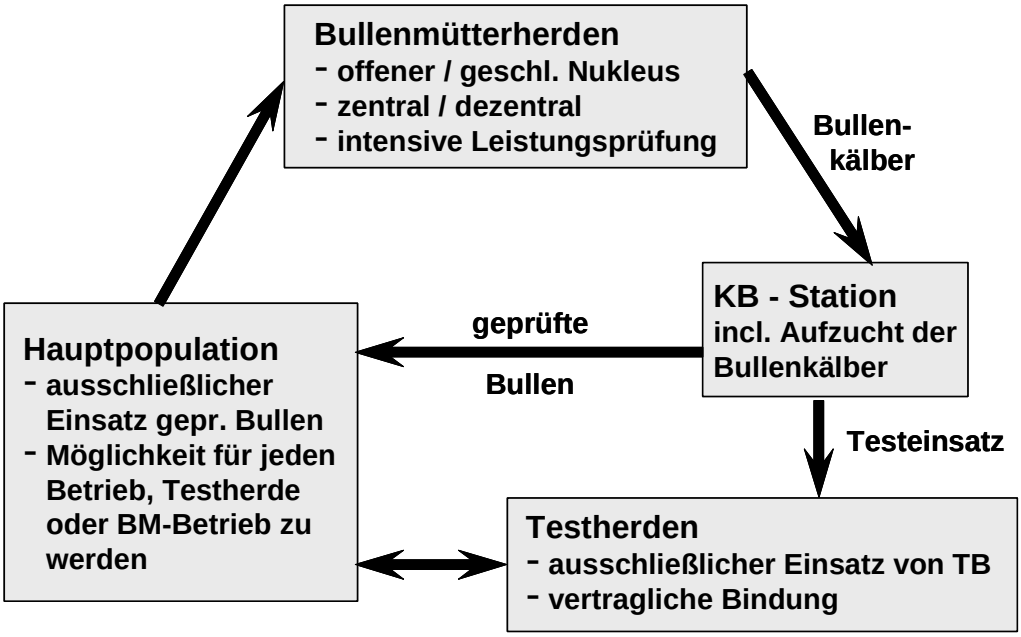


Abb. 3: “Intensives” Biotechnologie-Zuchtprogramm nach SWALVE und LANGHOLZ (1989) (“Intensive“ biotechnology breeding programme after SWALVE and LANGHOLZ (1989))

Heutige Zuchtprogramme beim Milchrind sind dabei, sich in diese Form zu entwickeln. Eine wichtige Veränderung der Strategie der Bullenmütterauswahl ist die bei eigentlich allen in Deutschland stattfindenden Zuchtprogrammen zunehmende Auswahl sehr junger Kühe. Dabei wird auch der Embryotransfer bei Jungrindern im Alter von ca. 15 Monaten eingesetzt. Diese Maßnahme verkürzt das Generationsintervall ganz erheblich.

Eine weitere Kernforderung der Original-MOET-Nukleus-Zuchtprogramme ist die Prüfung der Kühe (potentielle Bullenmütter) unter kontrollierten Bedingungen. In Deutschland gibt es bisher zwei Beispiele hierfür: So richtete die Osnabrücker Herdbuch-Genossenschaft (OHG) 1988 eine Teststation für Bullenmütter ein. Aus der Population werden kontinuierlich Kühe nach der 1. Abkalbung als Bullenmütter anhand der 1. bis 3. Kontrolle ausgewählt. Diese werden mittels ET angepaart. Nach der 2. Abkalbung kommen die Bullenmütter auf eine Teststation und durchlaufen dort einen Test in der 2. Laktation. Von den besten Kühen werden die dann fast einjährigen Söhne für den Testbulleneinsatz ausgewählt. In jüngerer Zeit ist eine Prüfung auch von Jungkühen in der ersten Laktation nach Auswahl aufgrund der Pedigreeinformation hinzugekommen. Das Zuchtprogramm der Nord-Ost-Genetic (NOG) beschreitet ausschließlich den zweitgenannten Weg, die drastische Senkung des Generationsintervalls steht also im Vordergrund. Ein weiteres Merkmal des NOG-Programms ist die "Mehrfachnutzung" der besten Kühe auf der Prüfstation, nachdem die eigentlichen biotechnischen Maßnahmen für alle für die Station selektierten Rinder schon vor Beginn der ersten Laktation stattgefunden haben.
In Abbildung 4 sind alle bisher geschilderten Gedanken zur Intensivierung von Zuchtprogrammen der Milchrinderzucht in einem Schema zusammengefasst. Ergänzend zu dem bisher Gesagten ist auch die Nutzung der Markergestützten Selektion (MAS) integriert.

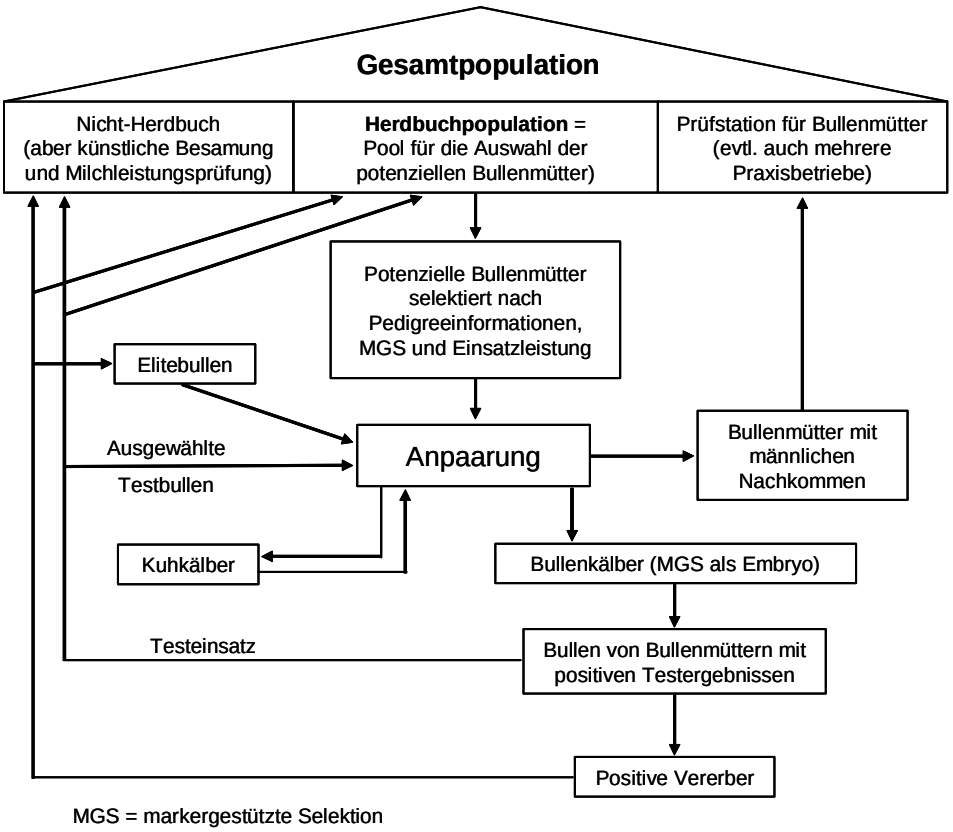


Abb. 4: Schema eines modernen Zuchtprogramms beim Milchrind (Scheme of a modern breeding programme for dairy cattle)

Planungsrechnungen haben ergeben (ALPERS, 1996), dass sich der züchterische Fortschritt durch ein derartiges Programm um 10 bis 20 % gegenüber einem herkömmlichen Besamungszuchtprogramm steigern lässt. Die Schwankungsbreite erklärt sich aus unterschiedlichen Annahmen für den Anteil der nach Pedigree-Index selektierten Tiere, unter-

schiedlichen Raten der Kühe, die für den Embryo-Transfer zur Verfügung stehen und einer Reihe weiterer variabler Größen. Zu fragen ist, ob den zu erwartenden hohen Kosten bei der Einführung eines solchen Programms damit auch Erträge in ausreichender Größenordnung gegenüberstehen. Die Kosten eines solchen Programms umfassen insbesondere die Anfangsinvestitionen für den Bau bzw. die Einrichtung einer Station incl. Quotenkauf, sowie die laufenden Kosten für Personal, ET, Futter, allgemeiner Organisation, evtl. Prämienzahlungen an die beteiligten Züchter sowie Kosten für ein nötiges Gesundheits- und Quarantäneprogramm. Auf der Erlösseite des laufenden Stationsbetriebes ist der Verkauf der produzierten Milch zu sehen. Auch zur Kostenkalkulation haben Planungsrechnungen ergeben, dass die Einführung eines derartigen Programms nicht durch den erhöhten Zuchtfortschritt allein gerechtfertigt werden kann. Allerdings sind eine Reihe von weiteren Faktoren zu beachten: Erstens muss bei Planungsrechnungen zunächst einmal unterstellt werden, dass die herkömmliche Auswahl der Bullenmütter tatsächlich funktioniert. Diese Annahme ist jedoch anzuzweifeln, wenn Probleme wie die Frage der Sonderbehandlung als bedeutsam angesehen werden. Die relative Vorzüglichkeit eines Programms mit Stationsprüfung steigt dann deutlich an. Zweitens ist der Werbeeffekt zu nennen, den eine derartige Station zweifelsohne mit sich bringt. Der Erlös aus diesem Werbeeffekt kann nur sehr schwer quantifiziert werden. Drittens stellt sich die Frage, ob nicht Intensivierungen eines Zuchtprogramms, auch wenn sie teuer erscheinen, dann gerechtfertigt sind, wenn damit für eine Zuchtorganisation gerade die Schwelle überschritten wird, die überschritten werden muss, um auch zukünftig im internationalen Wettbewerb zu bestehen. Der Erfolg eines Zuchtprogramms wird entgegengesetzt zu den häufig allein gemachten theoretischen Überlegungen hinsichtlich des Zuchtfortschritts zukünftig weniger durch diesen als durch die Wettbewerbssituation bestimmt.

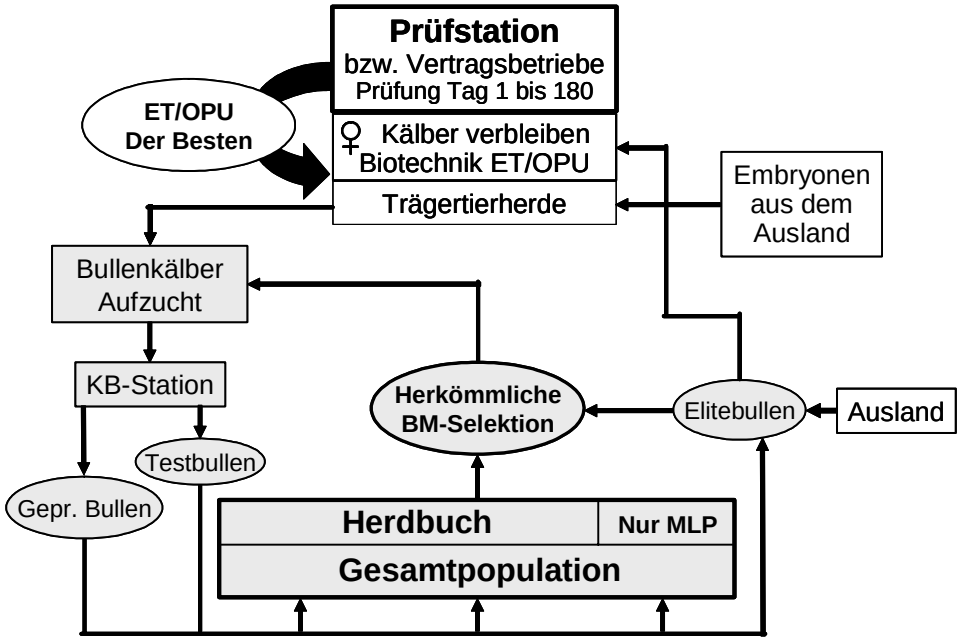


Abb. 5: Zuchtprogramm unter Einbeziehung einer überlegenen Population (KÖNIG, 2001) (Breeding programme under inclusion of a superior population (KÖNIG, 2001))

Das bisher Gesagte gilt streng genommen nur unter der Annahme, dass die eigene Population auch das höchste züchterische Potential besitzt. Für das Holsteinrind kann dies in Deutschland, zumindest was das Hauptmerkmal Milchleistung betrifft, angezweifelt werden (KÖNIG und SWALVE, 2000). In einer derartigen Situation, in der überlegenes

genetisches Material aus dem Ausland zugeführt werden kann, muss evtl. umgedacht werden. Auch bei der Einfuhr von genetischem Material in der Form von Sperma oder Embryonen aus anderen Ländern sind allerdings Unsicherheiten nicht auszuräumen und es erscheint logisch, gerade diese Unsicherheit durch eine Prüfung des eingeführten Tiermaterials anzugehen. Ein derartiges Zuchtprogramm ist in Abbildung 5 gegeben. Die Prüfstation wird dabei allein mit den Einfuhren bestückt. Ein herkömmlicher Weg der Bullenmütterselektion im Inland bleibt aber als Option auch offen. Ansätze zur Umsetzung dieses Zuchtprogramms in die Praxis lassen sich bisher nicht finden, obwohl Planungsrechnungen (KÖNIG, 2001) ergeben haben, dass diese Variante aus der Sicht der Zuchtorganisation auch ökonomisch vorteilhaft wäre.

Zuchtprogramme in der Reitpferdezucht

Wesentliche Elemente eines Reitpferdezuchtprogramms sind die Körung von Hengsten, ihre Eigenleistungsprüfung (ELP) auf Station, später evtl. ergänzt durch eigene Prüfungen im Turniersport, sowie die Zuchtstutenprüfungen. Möglichkeiten für Intensivierungen von Reitpferdezuchtprogrammen liegen wie beim Rind insbesondere in einer Verkürzung des Generationsintervalls und von Verbesserungen auf der Stutenseite. Erfreulicherweise hat die Künstliche Besamung in der jüngsten Vergangenheit eine sehr große Verbreitung gefunden, so dass man jetzt auch beim Pferd von Besamungszuchtprogrammen sprechen kann. Aus der Verbindung der Möglichkeiten der Künstlichen Besamung und der Anstrengungen zur Verkürzung des Generationsintervalls resultiert der Vorschlag, Junghengste schon gleich nach bestandener Hengstleistungsprüfung breit in der Population einzusetzen. Elitehengste lassen sich jedoch erst nach Abwarten der Nachkommenprüfungen (NKP) selektieren. Zusammen mit einer Erhöhung des Anteils geprüfter Stuten kann dann unter Hengsten und Stuten scharf selektiert werden, um die richtigen Kandidaten für eine Anpaarung von Hengstvätern und Hengstmüttern zu finden. Ein derartiges Zuchtprogramm ist in Abbildung 6 skizziert.

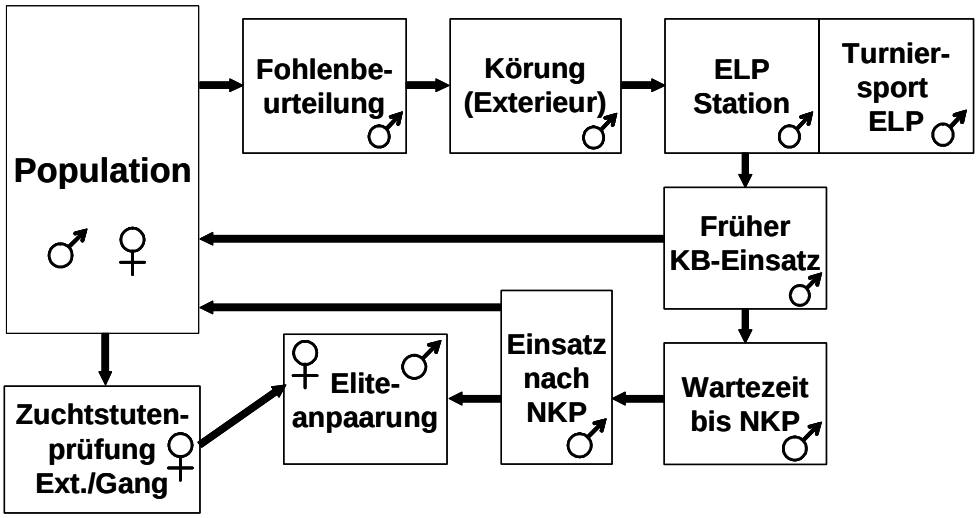


Abb. 6: Grundschema eines modernen Zuchtprogramms in der Reitpferdezucht (Basic scheme of a modern breeding programme for sport horses)

Ein Hauptproblem in der Reitpferdezucht sind die vergleichsweise niedrigen Sicherheiten der Zuchtwertschätzung, z. B. für Junghengste nach der Eigenleistungsprüfung. Diese Problem kann zwar nicht vollständig gelöst werden, jedoch liegt mit der sog. Integrierten

Zuchtwertschätzung, wie sie von VON VELSEN-ZERWECK schon 1998 gefordert wurde (VON VELSEN-ZERWECK, 1998), mittlerweile ein Routineverfahren vor, in dem die Leistungen aus Eigenleistungsprüfungen für Stuten und Hengste, aus Aufbauprüfungen und Turniersportprüfungen zusammengefasst die Grundlage für die Zuchtwertschätzung jedes Pferdes im Tiermodell bilden.
Lediglich die funktionalen Merkmale sind bislang noch nicht vollständig integriert (Abb. 7). Schließlich werden auch die Probleme der internationalen Vergleichbarkeit von Zuchtwerten für Reitpferde mittlerweile angepackt (KOENEN und ALDRIDGE, 2002), so dass auch auf diesem Gebiet die Zuchtwertschätzung für Reitpferde mit derjenigen der Rinder gleichziehen wird.

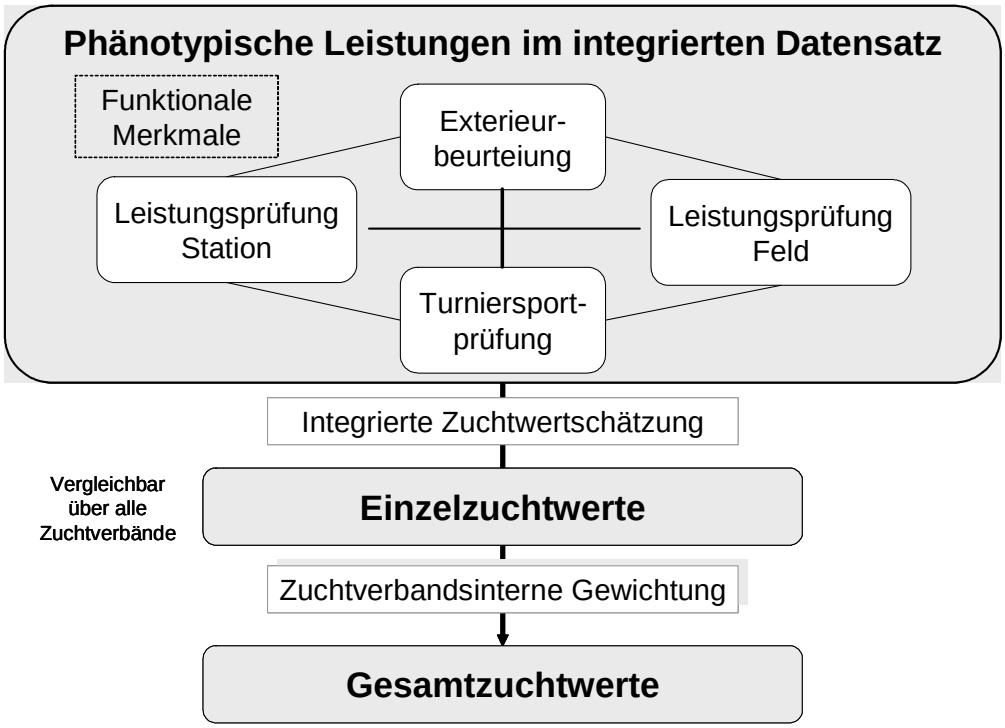


Abb. 7: Integrierte Zuchtwertschätzung beim Deutschen Reitpferd nach VAN VELSEN (1998) (Integrated estimation of breeding values for the German sport horse after VAN VELSEN (1998))

Fortschritte in der Biotechnologie

Auf dem Gebiet der Biotechnologie in der Tierzucht wurden in den vergangenen 50 Jahren große Fortschritte erzielt. Zunächst war es die Künstliche Besamung, die eine enorm gesteigerte Vermehrungsrate der männlichen Tiere ermöglichte. Züchterisch konnten darauf die Besamungszuchtprogramme aufgebaut werden, deren Hauptkennzeichen ein nicht regional begrenzter Testeinsatz von Jungbullen und ein starker Einsatz geprüfter Bullen sind. In den Achtziger Jahren folgte beim Rind der Embryo-Transfer, der auch für weibliche Tiere eine – gegenüber den männlichen Tieren allerdings begrenzte – Steigerung der Reproduktionsrate ermöglichte. Aus der Sicht der Zuchtplanung ließ sich diese Steigerung der Reproduktionsrate von Kühen insbesondere bei der Auswahl von Bullenmüttern nutzen. Durch den Embryo-Transfer kann im Mittel sichergestellt werden, dass überhaupt ein männliches Kalb geboren wird. Falls der Embryo-Transfer besonders erfolgreich ist, so kann eine Kuh u.U. vielfache Bullenmutter sein.

Leider ließen sich die Erfolgsraten für den Embryo-Transfer gegenüber denen, die schon in den Achtziger Jahren erzielt wurden, aus züchterischer Sicht nicht sehr deutlich steigern wie auch neueste Berichte aus intensiven Zuchtprogrammen aus Neuseeland zeigen (SPELMAN, 2002). Dies ist auch ein Grund dafür, dass Zuchtprogramme, die dem Embryo-Transfer innerhalb eines geschlossenen Nukleus (NICHOLAS und SMITH, 1983) eine zentrale Bedeutung zumessen, bisher nicht sehr erfolgreich waren. Moderne Zuchtprogramme, die offen angelegt sind, verwenden den Embryo-Transfer eher im Sinne der oben schon dargelegten "Sicherstellung" eines gewünschten männlichen Kalbes.
Aufbauend auf der Technik des Embryo-Transfers wurden recht bald auch die Techniken des Splitting und des Sexing von Embryonen entwickelt und können heute von Routine-ET-Teams gehandhabt werden. Der heutige Stand des Embryo-Transfers (SEIDEL und ELSDEN, 1997) beinhaltet darüber hinaus die Gewinnung unbefruchteter Eizellen aus dem Ovar, deren in-vitro Reifung und in-vitro Befruchtung.
Schon frühzeitig gab es Bestrebungen, aus der Technik der Embryomanipulation auch die Technik der Klonierung zu entwickeln. Es wurde dabei vermutet, dass die Technik des Splitting nahezu unbegrenzt wiederholbar sein könne und damit Klone geschaffen geschaffen werden könnten. Diese Vermutung hat sich nicht bestätigt, es konnten jeweils nur wenige identische Individuen erstellt werden. Doch zunächst sollen einige Definitionen gegeben werden. Ein Klon ist eine Anzahl identischer Individuen, die einzelnen Individuen sind Mitglieder des Klons. Embryonales Klonen ist eine Klonierung auf der Basis embryonaler Zellen (im ursprünglichen Ansatz: der ganze Embryo), heute werden vornehmlich embryonale Stammzellen verwendet, die als permanente Zelllinien im Labor kultiviert werden können. Adultes Klonen meint dem gegenüber, dass aus entwickelten somatischen Zellen kloniert werden kann. Ein Beispiel ist die erste erfolgreiche Klonierung aus Euterzellen beim Schaf (WILMUT et al., 1997), die schon 1998 in Deutschland beim Rind ihre Nachfolge fand (BREM, 2001).
Schon lange bevor die ersten Erfolgsmeldungen zur Klonierung bekannt wurden, hat sich die Tierzuchtwissenschaft mit ihren theoretischen Möglichkeiten für Zuchtprogramme befasst, als Beispiele seien die Arbeiten von VAN VLECK (1981), WOOLIAMS und WILMUT (1989) und TEEPKER und SMITH (1989) genannt.
Bei der Herstellung identischer Kopien eines Tieres kann die ganz spezielle, individuelle genetische Veranlagung eines Tieres voll genutzt werden, der ganze Genotyp wird vermehrt. Damit wird im Gegensatz zur sexuellen Fortpflanzung nicht nur die Hälfte der Gene weitergegeben und außerdem können spezielle Passereffekte, die sich im Ausgangsindividuum gezeigt haben, wiederholt genutzt werden. Klonmitglieder sind aber dennoch nicht vollständig identisch, da aufgrund zytoplasmatischer Effekte Unterschiede bestehen bleiben.
Klonen ist eigentlich kein züchterisches Mittel, da es Uniformität schafft, zur Züchtung jedoch Variation benötigt wird. Klonen ist deshalb eher ein Vermarktungsinstrument. Es gibt allerdings auch begrenzte züchterische Anwendungen:

1. Erhöhung der Spermaausbeute bei Spitzenbullen
2. Erhöhung der Sicherheit der Zuchtwertschätzung
3. Einfache Erhaltung genetischer Ressourcen
4. Schnelle Vermehrung transgener Tiere.

Die erste Anwendung setzt entweder das adulte Klonieren voraus oder nimmt an, dass der Bulle selbst schon Produkt eines auch als Zelllinie noch vorhandenen Embryos ist.

Ein "Reservezwilling" kann so bei Bedarf eingesetzt werden. Dies kann auch dann Bedeutung haben, wenn der betrachtete Spitzenbulle selbst aufgrund von Veterinärbedingungen nicht überall vermarktet werden darf. Der "Reservezwilling" kann dann als "saubere" Variante unbeschränkt vermarktet werden.
Die zweite Anwendung ist dann interessant, wenn es auf die Genauigkeit der Zuchtwertschätzung weiblicher und männlicher Tiere besonders ankommt, dies ist z.B. in Nukleuszuchtprogrammen der Fall (COLLEAU, 1992). Je nach Optimierung der zur Verfügung stehenden Testkapazität kann die Sicherheit der Zuchtwertschätzung durch die Prüfung identischer Klonmitglieder bis an 100% gebracht werden.
Die Klonierung als Maßnahme zur Erhöhung der Genauigkeit der Zuchtwertschätzung kommt auch in den sog. Klonzuchtprogrammen zur Anwendung. In derartigen Programmen müssen zwei Ziele verfolgt werden: Einerseits soll genetische Variation erhalten bleiben um auch weiterhin Zuchtfortschritt erzielen zu können (hierbei kann der Effekt der Steigerung der Genauigkeit der Zuchtwertschätzung u.U. genutzt werden), andererseits müssen jedoch Klone vor dem breiten Verkauf in die Population getestet werden. Bei begrenzter Testkapazität konkurrieren damit die Ziele der Sicherstellung weiteren Zuchtfortschrittes und des nötigen Testens von Klonen (TEEPKER und SMITH, 1989; DE BOER und VAN ARENDONK, 1991; DE BOER et al., 1994). Aus genetischer Sicht ist es offensichtlich, dass bei der optimalen Lösung dieses Zielkonfliktes die Frage der Bedeutung nicht-additiver Geneffekte entscheidend ist. Beispielsweise ist es bei niedriger bis mittlerer Heritabilität aber hoher Intra-Klon-Korrelation (hervorgerufen durch starke nicht-additive Geneffekte) wichtig, möglichst viele Klone mit nur wenigen Mitgliedern je Klon zu testen. Das Testen von nur wenigen Klonmitgliedern je Klon erlaubt dann aber auch nur eine sehr begrenzte Steigerung der Genauigkeit der Schätzung des additiv-genetischen Wertes und wirkt somit nachteilig auf den erzielbaren Zuchtfortschritt bei der Weiterentwicklung des Nukleus.
Die vorhandene Testkapazität ist also eine entscheidende Bestimmungsgröße in einem Klonzuchtprogramm. Dabei stellt sich die Frage, ob diese Testkapazität unbedingt zentral bereitgestellt werden muss, oder ob das Testen auch dezentral organisiert werden kann. Insgesamt wird jedoch gegenüber einem herkömmlichen Besamungszuchtprogramm auf jeden Fall weniger Testkapazität benötigt werden, soweit man die üblicherweise im Feld erhobenen Daten überhaupt mit denjenigen vergleichen kann, die bei einem straff geführten Klonzuchtprogramm nötig wären.
Zur Beurteilung der Auswirkungen der Klonierung auf Zuchtprogramme ist es erforderlich abzuschätzen, wie die Klonierung tatsächlich in die Praxis eingeführt wird. Vermutlich wird es zu einer stufenweisen Einführung kommen, da die Kosten für die Erstellung von Klonen erst langsam sinken werden. Damit könnte die Einführung der Klonierung in drei Phasen unterteilt werden:

Phase I: Klonierung noch sehr teuer; Erstellung von wenigen Kopien von Bullen und einzelnen Kühen (diese Phase ist heute schon erreicht)

Phase II: Erste Klone finden sich in der breiten Population
- spezielle Klone (z.B. Transgene)
- Klone von Bullen zum Einsatz in den Top-Herden der Fleischrinderzucht
- Showkühe
- erste Produktionskühe an sehr guten Standorten

Phase III: Breiter Einsatz von Klonen in der gesamten Population

Die letzte Phase wird so bald nicht erreicht werden, auch wenn weitere Fortschritte in der Technik der Klonierung gemacht werden. Selbst dann dürfte ein Eintreten der Phase III nicht vor einem Ablauf von 10 bis 15 Jahren wahrscheinlich sein.

Fortschritte in der Molekulargenetik

Die Bedeutung der in den letzten Jahren erzielten Fortschritte in der Molekularbiologie liegt für die Tierzucht vornehmlich auf den Gebieten der Identifikation von Defektgenen und anderen mendelnden Genen sowie der Identifikation von QTL (quantitative trait loci) bei Merkmalen, die von vielen Genen bestimmt werden.
Als Defektgene werden diejenigen Allele an einem Genort bezeichnet, die einen nachteiligen (oder sogar letalen) Effekt auf die Gesundheit und/oder das Leistungsvermögen von Tieren haben. Üblicherweise wird angenommen, dass solche Allele durch Mutation entstanden sind. Häufig handelt es sich um rezessive Allele, so dass nur für das Allel homozygote Tiere betroffen sind. Ein Beispiel hierfür ist das BLAD Gen. Eine große Bedeutung hat in der Schweinezucht das Ryanodin-Rezeptor-Gen (auch: MHS-Gen) erlangt, welches von FUJII et al. (1991) identifiziert werden konnte. Träger des Defektallels zeigen eine reduzierte Fitness und eine verschlechterte Fleischqualität. Seitdem das Gen identifiziert ist, können aufwendige Messungen auf phänotypischer Ebene (z. B. Halothan-Test) durch einen einfachen Gentest ersetzt werden, der nicht an ein spezielles Alter der Tiere gebunden ist. Die Sanierung ganzer Schweinepopulationen wurde somit wesentlich vereinfacht. Weitere Beispiele mendelnder Gene sind das Fruchtbarkeitsgen beim Schaf (Booroola-Gen), das Wachstumsgen bei der Maus und das Gen für die sog. Doppellendigkeit beim Rind. Es ist anzumerken, dass alle drei Beispiele einen großen Effekt des einzelnen Gens beinhalten, der sich am lebenden Tier auch phänotypisch feststellen lässt. Bei der Entdeckung dieser Effekte spielten molekulargenetische Methoden keine Rolle. Allerdings ist z.B. gerade die Doppellendigkeit beim Rind mit molekulargenetischen Methoden abschließend untersucht worden. (GEORGES et al., 1998).
Neben diesen heute fast historisch anmutenden Hauptgeneffekten ist in den vergangenen 10 Jahren postuliert worden, dass eigentlich bei allen quantitativen Merkmalen Hauptgeneffekte zu vermuten seien. Dagegen wurde häufig eingewandt, dass bei züchterisch schon lange bearbeiteten Merkmalen und Populationen alle erwünschten Gene längst fixiert seien. Dies kann für sehr drastische Effekte in der Größenordnung der erwähnten historischen Beispiele auch wohl vermutet werden, für QTL mit kleineren Effekten (Differenz zwischen den Homozygoten $< 0.25\sigma_P$) gilt dies jedoch nicht, insbesondere dann nicht, wenn als vornehmliche Selektionsmethode die Indexselektion benutzt wurde, bei der Verwandteninformationen genutzt werden (CABALLERO und SANTIAGO, 1998). Insbesondere bei Merkmalen mit höherer Heritabilität können selbst in entwickelten Populationen QTL gefunden werden, wie das Beispiel des DGAT-Gens, welches mit dem beobachteten Polymorphismus zweier Allele den Fettgehalt bzw. die Milchmenge im Wechselspiel beeinflusst (GRISART et al., 2002; WINTER et al., 2002), in hervorragender Weise zeigt. Die Effekte beider Allele wirken zwar erhöhend bzw. senkend auf die einzelnen Merkmale (Milchmenge bzw. Fettgehalt), keines der beiden Allele hat jedoch einen Einfluss auf den kombinierten Zuchtwert für die Milchleistung.

Die Bedeutung der Molekularbiologie als modernes Instrument der Tierzüchtung ist unumstritten. Die Grundgleichung der Tierzucht

$$P = G + U,$$

also die Bestimmung des Phänotyps P durch Genetik (G) und Umwelt (U) ist mittlerweile in die Gleichung

$$P = \Sigma\, QTL + PG + U$$

umgeschrieben wurden, wobei Σ QTL die Summe aller (erkannten) QTL-Effekte bezeichnet und PG für den "restlichen polygenen" Effekt steht.
Methodische Hauptwege der Aufdeckung von QTL sind das Scannen des Genoms mit Mikrosatelliten oder SNP (single nucleotid polymorphism) sowie der Kandidatengenansatz in seinen unterschiedlichen Ausformungen. Meist sind zur endgültigen Klärung des kausalen Polymorphismus beide Methoden zu kombinieren. Hilfreich ist dabei auch die komparative Genetik, die Erkenntnisse anderer Spezies (inkl. Mensch) für die Untersuchungen der gerade betrachteten Tierart nutzt.
Derzeit befinden wir uns beim Rind im Zeitalter der markergestützten Selektion, also der Selektion für QTL, die durch z.B. Mikrosatelliten "eingekreist" wurden. Letztendlich wird dabei auf bestimmte Markerhaplotypen selektiert. Für Zuchtprogramme ist es dabei wichtig, auch die erforderlichen Typisierungen für wichtige männliche und weibliche Individuen durchgeführt zu haben. Hierzu sind Konzepte für die Probengewinnung, ihre Lagerung, Auswertung und die elektronische Speicherung nötig. In Abbildung 8 ist ein Zuchtprogramm für Milchrinder schematisiert, in dem nach dem Testeinsatz Proben von Töchtern gezogen und gelagert werden (GÖTZ, 2000). Erst bei Bedarf, nach Vorliegen des Zuchtwertes für die Bullen, werden aufgrund dieser Proben die Marker im Sinne des Bottom-Up-Ansatzes (MACKINNON und GEORGES, 1998) an den Töchtern bestimmt, um die Kopplungsphase Marker-QTL für den betrachteten, an den Markerorten heterozygoten Bullen überprüfen zu können.

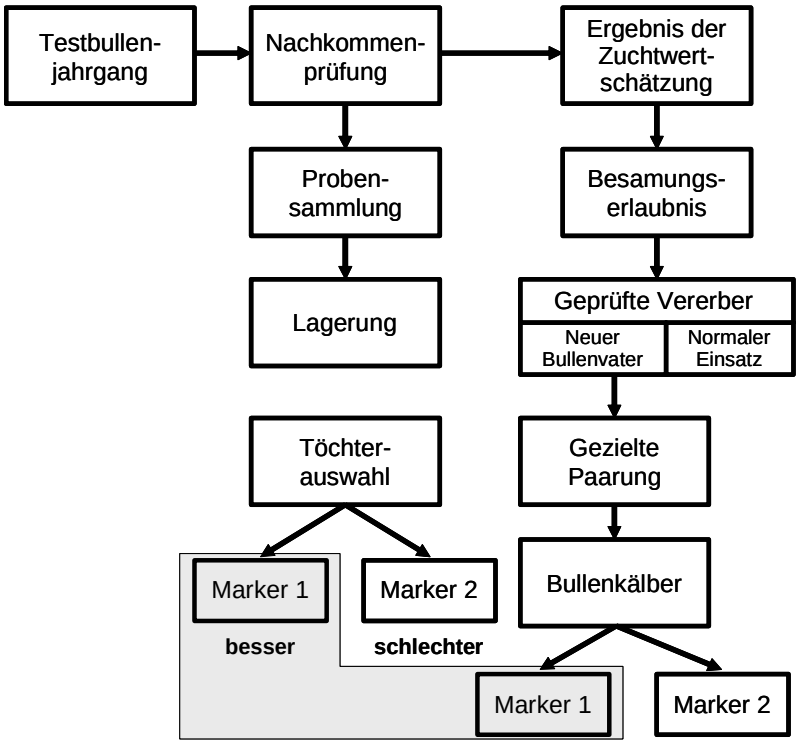


Abb. 8: Bottom-up Zuchtprogramm nach GÖTZ (2000) (Bottom-up breeding programme after GÖTZ (2000))

Es ist jedoch abzusehen, dass sich ein wirklich durchschlagender Erfolg der Molekulargenetik erst bei der direkten Identifizierung kausal verantwortlicher Gene einstellen wird. Wie an den obigen Beispielen geschildert, hat dieses Zeitalter gerade erst begonnen.

Schlussfolgerungen

Die zukünftigen Aufgaben und Ziele in Zuchtprogrammen für Rinder und Pferde lassen sich wie folgt zusammenfassen: Eine Verkürzung der Generationsintervalle auf allen Pfaden der Selektion muss mit einer Optimierung der Zuchtwertschätzung einhergehen. Eine Straffung der häufig sehr umfangreichen Zuchtziele erscheint ebenfalls angebracht. Mittelfristig werden eine beträchtliche Anzahl (direkt) identifizierter Gene ein weiteres Hilfsmittel der Zucht sein.

Literatur

ALPERS, C.:
Testherdenprogramme und Bullenmütterprüfungen als Möglichkeiten zur Intensivierung von Besamungszuchtprogrammen beim Milchrind. Dipl. Arbeit. Göttingen, 1996

BREM, G.:
Klonen beim Rind. In: Reproduktionsforschung beim Rind. 10 Jahre Bayerisches Forschungszentrum für Fortpflanzungsbiologie – BFZF. Ulmer Verlag, ISBN 3-8001-3815-8 (2001), 21-47

CABALLERO, A.; SANTIAGO, E.:
Survival rates of major genes in selection programmes. Proc. 6th World Cong. Gen. Appl. Livest. Prod., Armidale, Australia, Jan. 11-16. Vol. **26** (1998), 5-12

COLLEAU, J.J.
Combining use of embryo sexing and cloning within mixed MOETs for selection on dairy cattle. Genet. Sel. Evol**. 24** (1992), 345-361

DE BOER I.J.M.; VAN ARENDONK, J.A.M.:
Genetic and clonal responses in closed dairy cattle nucleus schemes. Anim. Prod. **53** (1991), 1-9

DE BOER, I.J.M.; VAN ARENDONK, J.A.M. (1994):
Use of semen or cloned embryos on dairy herds. Proc. 5th World Cong. Gen. Appl. Livest. Prod., Guelph, Canada, Aug. 7-12. Vol. **20** (1994), 188-191

DE BOER, I.J.M.; MEUWISSEN, T.H.E.; VAN ARENDONK, J.A.M.:
Combining the genetic and clonal responses in a closed dairy cattle nucleus scheme. Anim. Prod. **59** (1994), 345-358

DEKKERS, J.C.M.; VANDERVOORT, G.E.; BURNSIDE, E.B.:
Optimal Size of Progeny Groups for Progeny-Testing Programs by Artificial Insemination Firms. J. Dairy Sci**. 79** (1996), 2056-2070

FUJII, J., OTSU, K.; ZORZATO, F.; DE LEON, S.; KHANNA, V.K.; WEILER, J.E.; O'BRIEN, P.J.; MACLENNAN, D.H.:
Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with Malignant Hyperthermia. Science **253** (1991), 448-451

GEORGES, M.; GROBET, L.; PONCELET, D.; ROYO, L.J.; PIROTTIN, D.; BROUWERS, B.:
Positional candidate cloning of the bovine MH locus identifies an allelic series of mutations disrupting the Myostatin function and causing double-muscling in cattle. Proc. 6th World Cong. Gen. Appl. Livest. Prod., Armidale, Australia, Jan. 11-16. Vol. **26** (1998), 195-204

GÖTZ, K.U.; BECK, G.; MEDUGORAC, I.:
Markergestützte Selektion. Braunvieh 4/2000 (2000), 23-25

GRISART, B.; COPPIETERS, W.; FARNIR, F.; KARIM, L.; FORD, C.; BERZI, P.; CAMBISANO, N.; MNI, M.; REID, S.; SIMON, P.; SPELMAN, R.; GEORGES, M.; SNELL, R.:
Positional Candidate Cloning of a QTL in Dairy Cattle: Identification of a Missense Mutation in the Bovine *DGAT1* Gene with Major Effect on Milk Yield and Composition. Cold Spring Harbor Laboratory Press. ISSN 1088-9051/02. **12** (2001), 222-231

HINKS, C.J.M.:
The use of centralized breeding schemes in dairy cattle improvement. Anim. Breed. Abstr. Vol. **46** (1978), 291-297

KOENEN, E.P.C.; ALDRIDGE, L.I.:
Testing and Genetic Evaluation of Sport Horses in an International Perspective. Proc. 7th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod., August 19-23, 2002, Montpellier, France, CD-ROM communication No. 05-01

KÖNIG, S.; SWALVE, H.H.:
Nutzung der Ergebnisse der Interbull-Zuchtwertschätzung zum Vergleich des genetischen Niveaus von Ländern. Vortragstagung der DGfZ und GfT am 20./21. September 2000 in Kiel

KÖNIG, S.:
Untersuchungen zu einem kooperativen Zuchtprogramm der Rasse Holstein-Friesian, Diss., Göttingen, 2001

LANGHOLZ, H.J.:
Die Schätzung des genetischen Fortschritts im KB-Zuchtprogramm beim Zweinutzungsrind. Z. Tierzücht. u. Züchtungsbiol. **90** (1973), 149-159

MACKINNON, M.J.; GEORGES, M.A.J.:
Marker-assisted perselection of young dairy sires prior to progeny testing. Livest. Prod. Sci. **54** (1998), 229-250

NICHOLAS, F.W.; SMITH, C.:
Increased rates of genetic change in dairy cattle by embryo transfer and splitting. Animal Production **36** (1983), 341-353

RENDEL, J.M.; ROBERTSEN, A.:
Estimation of genetic gain in milk yield by selection in a closed herd of dairy cattle. J. Genetics **50** (1950), 1-8

SEIDEL, G.E.; ELSDEN, R.P.:
Embryo transfer in dairy cattle. W.D. Hoards & Sons, Fort Atkinson, Wisconsin, USA (1997)

SPELMAN, R.J.; COPPIETERS, W.; KARIM, L.; VAN ARENDONK, J.A.M.; BOVENHUIS, H.:
Quantitative trait loci analysis for five milk production traits on chromosome six in the Dutch Holstein-Friesian population. Genetics **144** (1996) 1799-1808

SWALVE, H.H.; LANGHOLZ, H.J.:
Use of embryo transfer in a selection scheme for dairy cattle. 40. Jahrestagung der EVT, Dublin, Irland, 27.-31. August 1989

TEEPKER, G.; SMITH, C.:
Combining clonal response and genetic response in dairy cattle improvement. Anim. Prod. **49** (1989), 163-169

VON VELSEN-ZERWECK, A.:
Integrierte Zuchtwertschätzung für Zuchtpferde. Diss., Göttingen, 1998

VAN VLECK, L.D.:
Potential genetic impact of artificial insemination, sex selection, embryo transfer, cloning and selfing in dairy cattle. In: New Technologies in Animal Breeding, Chapter **12** (1981) pp 221-241. Academic Press

WILMUT, I.; SCHNIEKE, A.E.; MCWHIR, J.; KIND, A.J.; CAMPBELL, K.H.S.:
Viable offspring derived from fetal and mammalian cells. Nature **385** (1997) 810-813

WINTER, A.; KRÄMER, W.; WERNER, F.A.O.; KOLLERS, S.; KATA, S.; DURSTEWITZ, G.; BUITKAMP, J.; WOMACK, J.E.; THALLER, G.; FRIES, R.:
Association of a lysine-232/alanine polymorphism in a bovine gene encoding acyl-CoA:diacylglycerol acyltransferase (DGAT1) with variation at a quantitative trait locus for milk fat content. PNAS, July 9, 2002, vol. 99, no. 14. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.142293799

WOOLIAMS, J.A.; WILMUT, I.:
Embryo manipulation in cattle breeding and production. Anim. Prod. **48** (1989), 3-30

Anschrift des Verfassers
Prof. HERMANN H. SWALVE
Institut für Tierzucht und Tierhaltung mit Tierklinik
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Adam-Kuckhoff-Str. 35
D-06108 Halle (Saale)

E-Mail: swalve@landw.uni-halle.de

Arch. Tierz., Dummerstorf **45** (2002) Sonderheft, 20-26

Aus dem Institut für Tierzucht und Tierhaltung mit Tierklinik der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

LUTZ SCHÜLER

Probleme und Lösungsvarianten der Zucht in kleinen Populationen

Summary

Title of the paper: **Problems and variants for solutions for breeding in small populations**
The theoretical aspects of inbreeding and inbreeding depressions are described. Results from populations of dairy cows and horses are summarized. The relationships between inbreeding depression and the different ways of the formation of inbreeding are evaluated. Possible mating strategies and their efficiency in minimizing inbreeding are the main aspects of the discussion.

Key Words: inbreeding, inbreeding depression, dairy cattle, horses

Zusammenfassung

Die theoretischen Grundlagen der Inzucht und der Inzuchtdepression werden unter dem Aspekt der Populationsgröße betrachtet. Die aktuellen Populationen beim Milchrind und beim Pferd werden auf Inzucht und mögliche Depressionen ausgewertet. Es werden die Zusammenhänge zwischen der Inzuchtdepression und der Entstehung der Inzucht über Verwandtenpaarung und der Populationsgröße dargestellt. Mögliche Paarungsstrategien, deren Effizienz und die Auswirkungen auf eine Inzuchtminimierung bilden den Gegenstand der Diskussion.

Schlüsselwörter: Inzucht, Inzuchtdepression, Milchrind, Pferde

1 Einleitung

Inzucht und deren Auswirkung auf die Inzuchtdepression lassen sich unter zwei Aspekten betrachten. Zum einem kann man den Inzuchtkoeffizienten von Nachkommen aus der Paarung verwandter Eltern ermitteln und zum anderen kann ein mittlerer Inzuchtkoeffizient von Populationen in Abhängigkeit von der effektiven Populationsgröße berechnet werden. Für die nachfolgenden Betrachtungen steht der zweite Aspekt der Inzucht, d.h. der Einfluss der Populationsgröße im Mittelpunkt.
Unter dem ersten Aspekt bildet der Zusammenhang zwischen der Inzucht und dem Auftreten von Merkmalsträgern mit genetischen Defekten ein weiteres Problem in der Tierzucht, welches in der Zukunft durch die Anwendung molekulargenetischer Tests an Bedeutung gewinnen wird. Unter den Bedingungen eines monogenen, autosomalen und rezessiven Erbgangs lassen sich nur zwei Phänotypen erkennen. Merkmalsträger, d.h. Tiere mit dem Defekt, die homozygot rezessiv sind und phänotypisch normale Tiere, die einerseits homozygot dominant und heterozygot und damit Anlageträger sind. Unterstellt man die Wirkung des Hardy-Weinberg-Gesetzes für die Population und eine Frequenz des Defektallels von 1% so erhöht sich die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Merkmalsträgern bei einem Inzuchtkoeffizienten von 0,125 von 1 auf 13, wie es die Tabelle 1 darstellt.

Tabelle 1
Einfluss der Inzucht auf die Frequenz von Merkmalsträgern (q = 1%; F = 0,125) (Effect of inbreeding on the frequency of carriers)

Genotypen	HWG	Inzucht
A1A1	P^2	P^2+pqF
A1A2	2pq	2pq (1-F)
A2A2	q^2	q^2 + pqF
A1A1	0,9801	0,9813
A1A2	0,0198	0,0173
A2A2	0,0001	0,0013

Diese Erhöhung der Merkmalsträger kann erfolgreich verhindert werden, wenn die Elterntiere auf das Defektgen analysiert werden, um anschließend Paarungen zwischen Anlageträgern zu verhindern und Merkmalsträger von der Zucht auszuschließen.

2 Inzucht und Populationsgröße

Der Zusammenhang zwischen dem mittleren Inzuchtgrad einer Population und der effektiven Populationsgröße (N_e) lässt sich beschreiben als:

$$\Delta F_{Gen.} = \frac{1}{2N_e} \text{ je Generation} \qquad (1)$$

und über t-Generationen

$$F_t = 1 - \left[1 - \frac{1}{2N_e}\right] \qquad (2)$$

Aus der Formel 2 wird ersichtlich, dass ein geringeres N_e in einer Generation, den wesentlichen Faktor für die Zunahme der Inzucht darstellt und eine nachträgliche Erhöhung der N_e wenig effektiv ist. Aus diesem formelmäßigen Zusammenhang lassen sich bereits vier Maßnahmen ableiten, um die Zunahme der Inzucht zu minimieren, die im wesentlichen auf einer Erhöhung von N_e beruhen:

- Geschlechtsverhältnis in Richtung 1:1 anheben
- Populationsumfang (N) maximieren
- Varianz der Familiengröße einschränken
- Verlängerung des Generationsintervalls.

Eine weitere Möglichkeit besteht in der gezielten Verpaarung, d.h. der Anwendung von Paarungssystemen zur Inzuchtminimierung, auf die in der Diskussion näher eingegangen wird.

3 Inzucht in aktuellen Nutztierpopulationen

Unterstellt man Formel 1 und die aktuellen Zahlen bei Milchrind- und Pferdepopulationen, so lässt sich über die Berechnung von N_e die durchschnittliche Zunahme der Inzucht je Generation berechnen. Einige Beispiele sind in den nachfolgenden Tabellen dargestellt. Tabelle 2 zeigt die Inzuchtzunahme je Generation in Abhängigkeit von der Populationsgröße beim Pferd.

Eine detaillierte Analyse der Inzucht in der Altmärkischen Kaltblutzucht wurde von LUCK (2000) durchgeführt. Aus dem aktuellen Zuchtbestand von 18 Hengsten und 147 Stuten schätzt man eine mittlere Inzucht (N_e = 64) je Generation von 0,78%. Die Pedigreedaten zeigten eine Variation der Inzucht von 0% bis 12 % bei den Hengsten und von 0% bis 14% bei den Stuten.

Beim Milchrind wurden Inzuchtkoeffizienten für Schwarz- und Rotbunte Kühe und Bullen auf der Grundlage der Daten des VIT-Verden von REINHARDT (2001) ge-

schätzt. In die Analysen wurden die Geburtsjahrgänge 1990 bzw. 1987 bis 1999 mit 4 Pedigreegenerationen (Kühe und Bullen sind die 5. Generation) einbezogen. Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind in den Tabellen 3 und 4 dargestellt.

Tabelle 2
Inzuchtzunahme je Generation in Abhängigkeit von der Populationsgröße beim Pferd (Jahresbericht FN – 2000) (Increase of inbreeding per generation depending on the population size in horses)

Rasse	Hengste	Stuten	N_e	ΔF_{GEN}
Warmblut	2.578	71.919	1.096	0,045
Vollblut	185	1.036	628	0,08
Araber	1.195	3.489	2.824	0,02
Schweres Warmblut	58	1.193	221	0,2
Süddt. Kaltblut	93	1.849	354	0,1
Schlesw. Kaltblut	27	211	96	0,5
Rh. Dtsch. Kaltblut	86	820	311	0,2
Schwarzw. Kaltblut	45	751	170	0,3
Altmärk. Kaltblut	12	116	44	1,1
Mecklenb. Kaltblut	8	110	30	1,7
S.-Thür. Kaltblut	25	252	91	1,1
Haflinger	585	11.111	2.223	0,02
Deutsches Reitpony	770	7.825	2.804	0,02
Welsh	433	2.000	1.424	0,03
Connemara	74	484	257	0,19
Dartmoor	28	131	92	0,55
Fjord	122	1.463	450	0,11
Island	732	5.575	2.588	0,02
New Forest	73	584	259	0,19
Shetland	662	3.018	2.171	0,02
Deutsches Part Bred Shetland Pony	221	1.363	760	0,07
Dülmener	20	44	55	0,91
Stutbücher werden in Deutschland für weitere 59 Rassen geführt				

Tabelle 3
Entwicklung der Inzucht bei Schwarz- und Rotbunten Kühen der Geburtsjahrgänge 1990 bis 1999 (REINHARDT, 2001) (Development of inbreeding in dairy cows by the birth years 1990 to 1999)

	F %	
Jahr	SBT	RBT
1990	0,66	0,55
1991	0,73	0,65
1992	0,80	0,75
1993	0,89	0,87
1994	1,00	0,92
1995	1,16	0,90
1996	1,38	0,92
1997	1,61	1,00
1998	1,81	1,09
1999	1,98	1,16

Eine ähnliche Analyse für niederländische Schwarzbunte-Testbullen (TB) wurde von BRASCAMP und GROOT (1992) durchgeführt. Diese Ergebnisse zeigt Tabelle 5.
Diese Analysen in Abhängigkeit von der Populationsgröße repräsentieren nicht die individuellen Inzuchtkoeffizienten. Individuelle Inzuchtanalysen zeigen übereinstimmend, dass sehr große Schwankungen auftreten können, wie bereits beim Pferd (LUCK, 2000) gezeigt wurde. Ein ähnliches Bild des individuellen Inzuchtgrades von Holstein Kühen des Jahrganges 1990 beschrieben WIGGANS u.a. (1995). Von

1.136.126 Tieren hatten 92,7% aller Tiere einen Inzuchtgrad von 0% bis 5%. 7,1% aller Tiere wurden mit einem Koeffizienten von 6% bis 20% ermittelt und 0,15%, das sind immerhin 1.704 Tiere, mit einem Inzuchtkoeffizienten von 20% bis 38%.

Tabelle 4
Entwicklung der Inzucht bei Schwarz- und Rotbunten Bullen der Geburtsjahrgänge 1987 bis 1997 (REINHARDT, 2001) (Development of inbreeding in dairy bulls by the birth years 1990 to 1999)

	SBT		RBT	
Jahr	n	F%	n	F%
1987	547	1,30	211	0,80
1988	591	1,45	209	0,84
1989	603	1,75	228	0,93
1990	881	2,45	259	1,39
1991	1072	2,76	264	1,26
1992	1201	2,88	261	1,55
1993	1366	2,87	233	1,84
1994	1368	3,03	244	1,51
1995	1228	3,31	166	1,72
1996	834	3,20	90	1,64
1997	35	3,36		

Tabelle 5
Berechnete Inzuchtkoeffizienten (F) bei niederländischen schwarzbunten Testbullen (TB) nach Einsatzjahr (BRASCAMP and GROOT, 1992) (Estimation inbreeding coefficients of Dutch test bulls by year of services)

Einsatzjahr	Anzahl	% TB mit F > 0	Mittlerer F aller TB	Mittlerer F der TB mit F > 0
1976	197	5,1	0,3	6,4
1980	260	16,2	0,7	4,3
1985	333	9,3	0,3	3,3
1990	379	35,4	1,6	4,4

Ein Problem bei der Schätzung des Inzuchtkoeffizienten bildet das sogenannte Basisjahr, d.h. das Jahr im Pedigree in welchem man die Inzucht als nicht vorhanden oder F = 0 wählt. Aus der Analyse der Holstein-Frisian-Population der USA konnten YOUNG und SEYKORA (1996) diesen Zusammenhang darstellen (Tab. 6).

Tabelle 6
Inzuchtkoeffizient der Holstein-Frisian-Population in Abhängigkeit vom Basisjahr (YOUNG and SEYKORA, 1996) (Inbreeding coefficients for the Frisian population depending on base year)

Basisjahr	1990	Rate der Erhöhung von 1976 - 1990
1884	5,08	0,09
1890	5,00	0,10
1900	4,58	0,12
1910	3,75	0,08
1920	3,25	0,10
1930	2,92	0,10
1940	2,25	0,10
1950	2,08	0,12
1960	1,75	0,11

Die Daten der Tabellen 3 bis 6 verdeutlichen, dass eine Berechnung des Inzuchtkoeffizienten für die Populationen sehr stark davon abhängt, welche Pedigreeinformationen einbezogen werden und wie das Basisjahr definiert wird.

4 Inzuchtdepression

Inzuchtdepression auf Leistungsmerkmale reduziert den Zuchtfortschritt. Aus diesem Grund sind die Züchter bestrebt, das Inzuchtgeschehen in der Population zu beeinflussen, um derartige Depressionen zu minimieren und damit den Zuchtfortschritt zu maximieren. Umfangreiche Analysen zu den Zuchtdepressionen auf Leistungsmerkmale beim Milchrind liegen von WIGGANS u.a. (1995), MIGLIOR u.a. (1995a,b) und von SMITH u.a. (1998) aus den USA und Kanada vor. Die Autoren berechneten u.a. die Leistungsdepression bezogen auf die Zunahme des Inzuchtkoeffizienten um 1%. Ausgewählte Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle 7 zusammengestellt.

Tabelle 7
Inzuchtdepression je 1% Inzucht bei Milchrindern der USA und Kanada (Inbreeding depression per 1% inbreeding in dairy cows in the USA and Canada)

Rasse	Merkmale			Literatur
	Milch kg	Fett kg	Eiweiß kg	
Holstein Frisian	-29,6	-1,08	-0,97	WIGGANS u.a. (1995)
Ayrshire	-30,2	-1,16	-1,20	
Milch-Shorthorn	-22,0	-0,68	-1,01	
Canad. Holstein	-25,0	-0,9	-0,8	MIGLIOR u.a. (1995a,b)
		-0,05% *	-0,05% *	
Holstein-Frisian (Jahre 1983-1993)	-27,0	-0,9	-0,8	SMITH u.a. (1999)
	Lebensleistung			
	-117	-0,6	-5,5	

* Angaben auf den Gehalt in Prozent

5 Paarungssysteme zur Inzuchtminimierung

Neben den Maßnahmen, die effektive Populationsgröße zu erhöhen, sind Paarungssysteme entwickelt worden, die alle das Ziel verfolgen, die Zunahme der Inzucht zu minimieren. Ein Teil dieser Systeme sind für kleine Genreservepopulationen entwickelt worden, die aber auch für o.g. Zielstellung angewandt werden können. Zu beachten bleibt aber, dass Paarungssysteme hauptsächlich den Inzuchtkoeffizienten der Nachkommen beeinflussen und nicht die Rate der Inzuchtzunahme, die über die Generationen auftritt. Letztere ist im Wesentlichen von der Selektion und der Populationsgröße abhängig.

Die Paarungssysteme zur Inzuchtminimierung kann man in zwei Gruppen einteilen. Zur ersten Gruppe gehören alle Systeme, die versuchen, den Inzuchtkoeffizienten bei den Nachkommen zu reduzieren. Als Bezugsbasis wird immer von der Panmixie ausgegangen und Effizienz auf diese bezogen. Zur zweiten Gruppe von Paarungssystemen wird die Heterozygotie als Maßstab verwendet. Diese Paarungssysteme haben das Ziel, unter Nutzung von genetischen Markern ein Maximum an Heterozygotie bei den Nachkommen zu erzeugen. Letztlich verfolgen beide Gruppen die gleiche Zielstellung mit unterschiedlichen genetischen Betrachtungsweisen. So ist es auch logisch, dass Paarungsmethoden entwickelt wurden, die beide o.g. Aspekte kombinieren. Unabhängig von den Paarungsmethoden ist es auch möglich, die effektive Populationsgröße durch strikte Familienselektion mit konstanter Familiengröße zu verdoppeln. Unter diesen Bedingungen berechnet sich die effektive Populationsgröße als

$$N_e = 2(N_{♂} + N_{♀}) \qquad (3)$$

d. h., die effektive Populationsgröße ist doppelt so hoch wie die aktuelle Populationsgröße. Hierbei handelt es sich um eine Kombination von Selektion und Paarung, die den Paarungssystemen zur Inzuchtminimierung nicht direkt zuzuordnen ist.

Paarungssysteme zur Inzuchtminimierung sind:

- Zufallspaarung mit Ausschluss von Familienpaarungen
- Ausschluss von Familienpaarungen
- Minimum Inzuchtpaarungen.

Alle drei Methoden basieren auf der Vermeidung von Familienpaarungen und dem Versuch, die Anzahl von Vollgeschwistern je Familie so klein wie möglich zu gestalten. Von FERNANDEZ und TORO (1999) wurde ein Computerprogramm zur Realisation o.g. Aufgabenstellung bereitgestellt. Eine spezielle Paarungsmethodik unter Berücksichtigung der Anzahl selektierter Nachkommen innerhalb von Familien wurde von SANTIAGO und CABALLERO (1995) und NOMURA (1999) beschrieben und wird in der Literatur als kompensatorische Paarung bezeichnet. Speziell für die Bedingungen der Rinderzucht unter Nutzung des biotechnischen Verfahrens der In-vitro Befruchtung wurde von WOOLLIAMS u.a. (1993) eine Paarung vorgeschlagen mit dem Ziel, die Anzahl Vollgeschwister zu reduzieren und diese durch maternale Halbgeschwister zu ersetzen. Die Paarungsmethoden unter Nutzung der Heterozygotie basieren auf der Schätzung des Heterozygotiegrades mittels biochemischer und molekularer Marker. Die Verpaarung wird so optimiert, dass bei den Nachkommen eine maximale Heterozygotie erreicht wird.
Bereits 1987 konnten MÜLLER u.a. durch Anwendung dieser Methode basierend auf den Markern der Blutgruppenallele bei Lippizaner-Pferden die Zunahme der Inzucht in dieser Pferderasse erfolgreich entgegen wirken. WANG (1997, 2001) beschrieb eine Paarungsmethode unter Nutzung von Pedigree- und molekularen Markerinformationen zur Minimierung der Verwandtschaftsbeziehungen innerhalb der Populationen. Die Effektivität dieser Methode ist ein Resultat der Anzahl einbezogener Marker je Chromosom, dem Heterozygotiegrad der Marker und der vorliegenden Familiengröße.

6 Schlussfolgerung

Inzucht und Inzuchtdepression bei landwirtschaftlichen Nutztieren sind ein Ergebnis der effektiven Populationsgröße und der Paarung verwandter Tiere. Die durchschnittliche Zunahme der Heterozygotie einer Population basiert auf der Modellvoraussetzung der Panmixie und ist eine Funktion des Basisjahres, d.h. der Vorfahrengeneration, die als nicht ingezüchtet vorausgesetzt wird. Dieser mittlere Inzuchtkoeffizient der Population lässt keine Rückschlüsse auf die individuelle Inzucht zu. Pedigreeanalysen von Populationen können Inzuchtkoeffizienten schätzen, die um ein Vielfaches höher sind als der mittlere Populationswert. Die Beeinflussung, d.h. die Minimierung der Inzucht, ist eine notwendige Aufgabe der Züchtungsmethodik. Sie basiert sowohl auf Methoden, die effektive Populationsgröße zu erhöhen, als auch auf Paarungsstrategien. In Abhängigkeit von der Art der Informationen, d.h. Pedigreedaten bzw. genetischen Markern, wurden Anpaarungsstrategien entwickelt, die die Entwicklung der Inzucht und damit mögliche Inzuchtdepressionen reduzieren. Komplexe Paarungsmethoden nutzen sowohl Pedigree als auch Markerinformation zur Inzuchtminimierung.

Literatur

BRASCAMP, E.W. ; DE GROOT, K.:
Inteelt in de Nederlandse zwartbontfokkerij. Veetelt **9** (1992) 24, 1350-1352

FERNANDEZ, J.; TORO, M.A.:
The use of mathematical programming to control inbreeding in selection schemes. J. Anim. Breed. Gen. **116** (1999), 447-466. Jahresbericht FN-2000

LUCK, S.:
Untersuchungen zur Verwandtschaftszucht in der Population des Altmärkischen Kaltblutes. Landw. Fakultät der Univ. Halle-Wittenberg, Dipl.-Arbeit, 2000

MIGLIOR, F.; BURNSIDE, E.B.:
Inbreeding of Canadian Holstein cattle. J. Dairy Sci. **78** (1995a), 1163-1167

MIGLIOR, F.; BURNSIDE, E.B.; KENNEDY, B.W.:
Production traits of Holstein cattle. Estimation of nonadditive genetic variance components and inbreeding depression. J. Dairy Sci. **78** (1995b), 1174-1180

NOMURA, T.:
A mating system to reduce inbreeding in selection programs: Theoretical basis and modification of compensatory mating. J. Anim. Breed. Genet. **116** (1999), 351-361

REINHARDT, F.:
Persönliche Mitteilung. 2001

SANTIAGO, E.; CABALLERO A.:
Effective size of populations under selection. Genetics **139** (1995), 1013-1030

SMITH, L.A.; CASSELL, B.G.; PEARSON, R.E.:
The effects of inbreeding on the lifetime performance of dairy cattle. J. Dairy Sci. **81** (1998), 2729-2737

WANG, J.:
More efficient breeding systems for controlling inbreeding and effective size in animal populations. Heredity **79** (1997), 591-599

WANG, J.:
Optimal marker-assisted selection to increase the effective size of small populations. Genetics **157** (2001), 867-874

WIGGANS, G.R.; VAN RADEN, P.M.; ZUURBIER, J.:
Calculation and use of inbreeding coefficients for genetic evaluation of United States dairy cattle. J. Dairy Sci. **78** (1995), 1584-1590

WOOLLIAMS, J.A.; WRAY, N.R.; THOMPSON, R.:
Prediction of long-term contributions and inbreeding in populations under going mass selection. Gent. Res. Camp. **62** (1993), 231-242

YOUNG, C.W.; SEYKORA, A.J.:
Estimates of inbreeding and relationships among registered Holstein females in the United States. J. Dairy Sci. **97** (1996), 502-505

Anschrift des Verfassers
Univ.-Prof. Dr. LUTZ SCHÜLER
Institut für Tierzucht und Tierhaltung mit Tierklinik
Landwirtschaftliche Fakultät
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Adam-Kuckhoff-Straße 35
D-06108 Halle (Saale)

E-Mail: schueler@landw.uni-halle.de

Arch. Tierz., Dummerstorf **45** (2002) Sonderheft, 27-37

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Tierzucht, Fischerei und Grünland[1]
Institut für Tierzucht und Tierhaltung mit Tierklinik der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg[2]

MICHAEL KLUNKER[1], LUTZ SCHÜLER[2], UWE BERGFELD[1] und ULF MÜLLER[1]

Zur Bedeutung der Familienzucht bei Milchrindern

Summary

Title of the paper: **To the meaning of the family breeding by dairy cattle's**

In paper on hand reported from the breeding meaning of the cow family in dairy cattle breeding. The starting point is, that the simple population genetic model has not possibility to explain the differences between cow families by milk yield. These differences are caused by extrachromosomal or cytoplasmatic heredity as well as maternal-genetic effects from the mother to the descendant. In paper on hand it was tried to detect these effects in a dairy cattle population in Saxonia. Therefore by using an animal model components of variance were estimated of 58.857 animals in all. The estimated variances were the basis for the calculation of breeding values. Therewith should have investigated, if the cow family (maternal lineages) influence the breeding values by milk yield an if the inclusion this effects in the genetic evaluation is practical.

Key Words: dairy cattle, family breeding, cow family, maternal effects

Zusammenfassung

Im vorliegenden Beitrag wird über die Untersuchungen zur möglichen züchterischen Bedeutung von sogenannten Kuhfamilien (maternale Linien) in der Milchrindzucht berichtet. Ausgangspunkt ist, dass das einfache populationsgenetische Modell die Unterschiede in den Milchleistungsmerkmalen zwischen maternalen Linien (Kuhfamilien) nicht ausreichend erklärt. Diese Differenzen sind durch extra-chromosomale bzw. zytoplasmatische Vererbung sowie durch maternal-genetische Effekte der Mutter auf die Nachkommen verursacht. Ziel der vorliegenden Arbeit bestand in der Analyse derartiger Effekte an einer Rinderpopulation von Sachsen. Dazu wurden Varianzkomponenten an Daten von Tieren aus 6 Betrieben mit einer Gesamtpopulation von 58.857 Tieren geschätzt. Die geschätzten Varianzkomponenten bildeten die Grundlage für die Berechnung von Zuchtwerten. Damit sollte untersucht werden, ob sich der Einfluss der Kuhfamilie (maternale Linie) auf die Zuchtwerte für Milchleistungsmerkmale nachweisen lässt und in wie weit die Einbeziehung dieser Effekte in Zuchtwertschätzmodelle sinnvoll ist.

Schlüsselwörter: Milchrinder, Familienzucht, Kuhfamilie, maternale Effekte

1 Einleitung

Mit der Anwendung des Embryotransfers (ETR) und seiner assoziierenden Techniken kann sich die Vermehrungsrate weiblicher Spitzentiere um ein Vielfaches erhöhen. Damit steigt die züchterische Bedeutung des mütterlichen Erbpfades. In Züchterkreisen ist deshalb die "Kuhfamilie" seit längerem wieder im Gespräch. In der älteren Literatur finden sich zahlreiche Untersuchungen zur Familienzucht bzw. zur Bedeutung von Kuhfamilien. Ausgangspunkt nahmen diese Forschungen in der Hypothese von SETTEGAST (1872), dass bestimmten Tieren eine besondere Vererbungskraft von Natur aus zu eigen ist. Dies wird von ihm auch als "Individualpotenz" bezeichnet. Es kam zu einer genealogischen Betrachtungsweise, bei der das vermeintliche vererbungsstarke Einzeltier als Begründer von Blutlinien bzw. Familien im Mittelpunkt steht.

Mit der Ausdehnung der Besamungszucht und dem Zuwachs an populationsgenetischen Erkenntnissen trat die Kuhfamilie vorübergehend aus dem Blickfeld wissen-

schaftlicher Betrachtung. Erst in den letzten Jahren, mit verstärkter Anwendung des ETR, findet sich dieser Begriff wieder öfter in Veröffentlichungen. Dabei werden insbesondere in der Hochzucht Familienbegründerinnen hervorgehoben und deren Nachkommen als Familien herausgestellt.
Kommerzielle Gründe dürften für die Besamungsorganisationen ein Hauptgrund der Herausstellung von Kuhfamilien zur Bullenselektion sein. Mit Sicherheit hat sich aber die Bedeutung des mütterlichen Erbpfades für den Gesamtzuchtfortschritt mit der Breitenanwendung des ETR weiter zugunsten der mütterlichen Seite verschoben. Dabei ist allerdings herauszustellen, dass die Praxis aufgrund der zu beobachtenden phänotypischen Ähnlichkeiten zwischen Mutter und Tochter immer schon auf Kuhfamilien geachtet hat.
Das einfache populationsgenetische Modell erklärt die Unterschiede in den Milchleistungsmerkmalen zwischen maternalen Linien (Kuhfamilien) aber nicht ausreichend. Es wird angenommen, dass diese über die so genannten additiven Effekte (½ der Gene des Vaters + ½ der Gene der Mutter) hinausgehenden Differenzen durch extra-chromosomale bzw. zytoplasmatische Vererbung sowie durch maternal-genetische Effekte der Mutter auf die Nachkommen verursacht werden. Ziel der vorliegenden Untersuchungen bestand in der Analyse derartiger Effekte an einer Rinderpopulation von Sachsen.

2 Genetischer Hintergrund

2.1 Zytoplasmatische Effekte

Das Phänomen der zytoplasmatischen Vererbung beruht darauf, dass DNA nicht nur im Zellkern sondern auch in den Mitochondrien (ca. 2% des Gesamtgenoms) vorkommt. Der Vererbungsgang der mitochondrialen DNA (mtDNA) ist anders als bei der DNA des Zellkerns. So wird die mtDNA nur von der Mutter auf die Nachkommen übertragen, da im Kopf von Spermien keine Mitochondrien nachgewiesen werden konnten. Vatertiere können also keine mtDNA als Erbinformation weitergeben. Bei Ausklammerung möglicher Mutationen wird davon ausgegangen, dass der volle zytoplasmatische Effekt von der Mutter auf die Nachkommen übertragen wird (im Gegensatz zum additiven genetischen Effekt, der nur jeweils zur Hälfte von Mutter und Vater an die Nachkommen weitergegeben wird). Somit hat das jüngste weibliche Tier der Familie den gleichen zytoplasmatischen genetischen Status wie die Gründermutter. Als Gründermutter wird das älteste weibliche Tier der Familie bezeichnet, von dem keine weitere Abstammung bekannt ist. Grundsätzlich werden in der Literatur drei Möglichkeiten zum Nachweis zytoplasmatischer Vererbung beschrieben, die molekulare Analyse, die reziproke Kreuzung und die Analyse bekannter Genealogien. Abgesehen von der molekularen Analyse ist beim Rind auf Grund des großen Generationsintervalls die Analyse bekannter Genealogien die Methode der Wahl. Die in der Rinderzucht über viele Jahrzehnte geführten Zuchtbücher bieten dafür eine gute Voraussetzung.

2.2 Maternal-genetische Effekte

Ein maternaler Effekt liegt vor, wenn die Mutter mit ihrer eigenen genetischen Veranlagung die Umweltbedingungen ihrer Nachkommen und damit ihren Phänotyp beeinflusst. Der maternale Effekt trägt allerdings nur zur Variabilität der Leistung der

Nachkommen bei. Bei der Modellierung der Eigenleistung im Rahmen der Zuchtwertschätzung ist er für das Muttertier nicht zu berücksichtigen. Der maternale Effekt ist bei Milchrindern schwerer zu definieren als z.B. bei Mutterkühen, da Milchkühe ihre Kälber nicht selber säugen und bei den Nachkommen wiederum deren Milchleistung und nicht ihr eigenes, durch die Säugeleistung der Mutter deutlich beeinflusstes Wachstum interessiert. Als mögliche maternal-genetische Einflüsse werden z.B. pränatal das Ernährungsniveau des Fötus im Uterus, d.h. die uterine Umwelt genannt und postnatal die Weitergabe von Antikörpern über die Kolostralmilch sowie das mütterliche Aufzuchtverhalten, insofern es die Haltungsbedingungen ermöglichen. Im Gegensatz zu den zytoplasmatischen Effekten (mitochondriale Vererbung) werden maternal-genetische Effekte additiv vererbt. Maternale Effekte können aber auch in maternale Umwelteffekte und in maternal-genetische Effekte getrennt werden. So sind maternale Einflüsse sowohl umweltbedingt, d.h. vom Management beeinflussbar als auch genetisch determiniert. In der vorliegenden Untersuchung ging es um die Quantifizierung der matemal-genetischen Komponente.

3 Material und Methode

3.1 Material

Zur Beantwortung der genannten Fragestellung wurden Varianzkomponenten für die Milchmenge, Fettmenge, Fettgehalt, Eiweißmenge und Eiweißgehalt an Daten von Tieren aus 6 Betrieben mit einer Gesamtpopulation von 38.953 Tieren mit Leistungen geschätzt. Ausgehend von diesen Tieren mit Leistung wurden die Pedigrees vervollständigt, so dass das Gesamtmaterial 58.857 Tiere umfasste, davon 1.400 Bullenmütter. Damit konnte der Frage nachgegangen werden, wie hoch der prozentuale Anteil der beiden genannten Effekte an der Varianz der Leistungsausprägung der untersuchten Population ist. Die Tiere wurden entsprechend ihrer maternalen Abstammung in ca. 17.000 maternale Linien eingeteilt. Zur Überprüfung des Einflusses der Liniengröße wurden fünf verschiedene Materialgrößen verarbeitet. Einmal das Gesamtmaterial ohne spezielle Anforderungen an Anzahl Generationen pro Linie und Leistungen pro Linie bis hin zu mindestens 4 Generationen und 10 Leistungen pro Linie. Die Analysen erfolgten für einzelne Betriebe und in Abhängigkeit von der Anzahl Tiere innerhalb einer Linie. Nach der Schätzung der Varianzkomponenten erfolgte mit diesen Parametern eine Zuchtwertschätzung, um eine mögliche Auswirkung der beiden genannten Effekte auf die Zuchtwerte zu überprüfen.

Tabelle 1
Materialübersicht nach Betrieben (Tiere mit Leistungen) (Number cows and lactations)

Betriebe	n Tiere	n Leistungen
1	8.386	23.154
2	6.527	16.133
3	1.264	3.146
4	9.823	29.197
5	4.324	15.060
6	8.630	27.641
Gesamt	38.953	114.331

3.2 Methode

Insgesamt wurden für die Untersuchungen 6 verschiedene Schätzmodelle zugrunde gelegt (Tab. 2). Das Basismodell entspricht dem gängigen Laktationsmodell in der

Zuchtwertschätzung für Milchrinder vor Einführung des Testtagsmodells. Die genannten Modelle unterscheiden sich in der unterschiedlichen Beachtung von Linien- und Maternaleffekt. Für die Varianzkomponentenschätzung wurden die Modelle B, C und D verwendet, während die Modelle A, E und F zusätzlich bei der Schätzung von Einzeleffekten (Zuchtwerten) zu Anwendung kamen.

Tabelle 2
Übersicht über die verschiedenen Modellvarianten (Characteristics of different statistical models)

Modell	Linieneffekt	Maternaleffekt
A [1)]	./.	./.
B	zufällig	-/-
C	./.	zufällig
D [2)]	zufällig	zufällig
E	fix	./.
F	fix	zufällig

1) Basismodell. 2) vollständiges Modell

Die Varianzkomponenten wurden mit dem Programmpaket VCE-REML 3.2 (GROENEVELD, 1996a) geschätzt. Nach der Parameterschätzung erfolgte die Schätzung der Einzeleffekte unter Verwendung der geschätzten Varianzkomponenten mit dem Programm BLUP-Mat95 (GROENEVELD, 1996b), welches im Gegensatz zu dem in der Literatur verwendeten Programm PEST die Möglichkeit der Modellierung von Maternaleffekten bietet. Geschätzt wurden:

- BLUP-Schätzwerte für die fixen Effekte (nichtgenetische Effekte, Linieneffekt je nach Modell)
- BLUP-Schätzwerte für die zufälligen Effekte (Zuchtwert, maternaler Effekt, Linieneffekt).

Zusätzlich zu den drei Modellen B, C und D, die in der Varianzkomponentenschätzung zum Einsatz kamen, wurde eine als Vergleich dienende Basisvariante ohne Linien- und Maternaleffekt (Modell A) berechnet sowie eine Variante mit fixem Linien- und ohne Maternaleffekt (Modell E) und als sechste Modellversion eine mit fixem Linien- und zufälligem Maternaleffekt (Modell F). Zur Überprüfung der Auswirkungen der unterschiedlichen Modelle auf die Ergebnisse von Zuchtwertschätzungen wurden die Ränge, Rangdifferenzen und die entstehenden Rangverschiebungen der Zuchtwerte (additiven Effekte) zum Basismodell A (ohne Linien- und Maternaleffekt) berechnet. Die entstehenden Rangverschiebungen der Zuchtwerte wurden durch die Berechnung von Rangkorrelationskoeffizienten nach SPEARMAN charakterisiert.

4 Ergebnisse

4.1 Varianzanalytische Untersuchungen

Mittels der beschriebenen Modelle wurden die Varianzkomponenten für die direkten additiven Effekte, die Linieneffekte und die maternal-genetischen Effekte unter Einbeziehung der permanenten Umwelteffekte bei wiederholten Leistungen für die fünf Milchleistungsmerkmale nach den Varianten der unter schiedlichen Mindestliniengrößen berechnet. Für die Modelle mit Maternaleffekt (Modelle C und D) wurde darüber hinaus die Korrelation zwischen additivem Effekt und Maternaleffekt ermittelt. Aus Platzgründen kann hier nur auf die Ergebnisse der hier interessierenden Effekte der maternalen Linie (Kuhfamilie) und der maternal-genetischen Varianz eingegangen werden.

4.1.1 Anteil der Linienvarianz (zytoplasmatischen Varianz) an der Gesamtvarianz

Linieneffekte, (d.h. also der Einfluss der Kuhfamilie) lassen sich am Gesamtmaterial lediglich für Eiweißgehalt mit maximal 0,5 % nachweisen. Bei Splitting des Materials nach Betrieben sind Linieneffekte deutlicher als im Gesamtmaterial zu finden. So wurden im gesplitteten Material für alle Merkmale Linieneffekte geschätzt (Tab. 3). Außer in Betrieb 6 lassen sich in allen anderen Betrieben Linieneinflüsse für das Merkmal Eiweißgehalt zwischen 0,1 und 2,4 % nachweisen.

Tabelle 3
Anteil der Linienvarianz an der Gesamtvarianz in % (Estimated proportions of line-variance of the total variance within farms)

	Gesamtmaterial*		Nach Betrieben		
Merkmal	min.	max.	min.	max.	n Betriebe
Milch-kg	0	0	0	1,4	2
Fett-%	0	0	0	3,6	2
Fett-kg	0	0	0	4,4	2
Eiweiß-%	0	0,5	0	2,9	5
Eiweiß-kg	0	0	0	2,5	3

* min./max. = Spannweite zwischen unterschiedlichen Liniengrößen

Aus diesen Ergebnissen wird die Hypothese aufgestellt, dass die Eiweißsynthese stärker extrachromosomal beeinflusst wird als die Fettsynthese in der Milch. Insgesamt sind anhand der eigenen Ergebnisse die Aussagen von GIBSON et al. (1997) zu bestätigen, dass die gefundenen Varianzanteile bei den Milchleistungsmerkmalen für die maternale Linie sehr klein und nur im Bereich der oberen gefundenen Werte züchterisch effektiv nutzbar sind. Das bedeutet aber nicht, dass die Kuhfamilie in der Zucht keine Bedeutung hat, sondern nur, dass der Effekt der maternalen Linie auf Milchleistungsmerkmale für die Berücksichtigung in Zuchtwertschätzsystemen nicht ausreichend groß genug ist.

4.1.2 Anteil der maternal-genetischen Varianz an der Gesamtvarianz

Die geschätzten Maternaleffekte (Tab. 4) haben einen Anteil an der Gesamtvarianz von 0,4 bis 4,5 % (je nach Merkmal) und unterscheiden sich zwischen den Betrieben z.T. erheblich. Eine Ursache könnte die möglicherweise enge Verknüpfung von Maternaleffekt und permanentem Umwelteffekt sein, der gleichfalls größere betriebliche Unterschiede aufweist.

Tabelle 4
Anteil der maternal-genetischen Varianz an der Gesamtvarianz in % (Estimated proportions of maternal-genetic variance of the total variance)

Merkmal	Gesamtmaterial*	nach Betrieben	
		min.	max.
Milch-kg	3,1	0,3	5,3
Fett-%	2,0	1,7	4,0
Fett-kg	4,1	1,1	8,4
Eiweiß-%	1,9	0,1	2,2
Eiweiß-kg	1,9	0	10,2

* nur marginale Unterschiede zwischen den Liniengrößen

Ein Anteil von ca. 4 bis 5 % bedeutet, dass es sich lohnt, diesen Effekt weiter zu untersuchen und bei der Zuchtwertschätzung zu berücksichtigen. Der Einfluss der maternal-

genetischen Varianz auf Milchleistungsmerkmale bei Milchrindern wurde bisher offensichtlich deshalb unterschätzt, weil man davon ausging, dass dieser Effekt im wesentlichen im postnatalen Bereich über die Säugeleistung der Mutter wirkt und dies bei Milchrindern in der kommerziellen Haltung wenig üblich ist. In der untersuchten Population ist dies auch in Ausnahmen nicht der Fall. Deshalb müssen pränatale uterine Einflüsse offensichtlich doch stärkere Wirkungen haben, deren geschätzte Varianzanteile von z.T. bis zu 5 % durchaus züchterische Bedeutung erlangen könnten. Wie dieser Effekt in künftigen Zuchtsystemen zu berücksichtigen sein könnte, sollte weiteren Untersuchungen an größeren Populationen vorbehalten sein. So könnten Kühe mit hohem maternalem Effekt, der von DIETL (1987) auch als „Zuchtwert maternale Umwelt“ bezeichnet wird, z.B. verstärkt als Trägertiere beim Embryotransfer benutzt werden, wenn diese Komponente sich leistungsfördernd auf die Nachkommen auswirkt. Das würde der z.Z. gängigen Praxis widersprechen, als Trägertiere solche zu nutzen, die züchterisch, also von ihrer Leistungsveranlagung minderwertig sind.

Tabelle 5
Statistik der Kuhzuchtwerte für Milch-kg nach unterschiedlichen Modellen (n 57.447) (Statistic of breeding values of milk-kg for cows in different models)

Modelle	Beschreibung	s	Spw.	min.	max.
A	Ohne Linien- u. Maternaleffekt	309,47	3.131,06	-1.197,43	1.933,63
B	Linieneffekt, zufällig	309,47	3.131,06	-1.197,43	1.933,63
C	(Maternaleffekt, zufällig	377,61	3.974,44	-1.578,03	2.396,41
D	Linien-+ Maternaleffekt, zufällig	377,66	3.975,59	-1.578,84	2.396,75
E	Linieneffekt, fix	252,93	2.651,09	-1.204,06	1.447,03
F	Linieneff. fix + Maternaleffekt zufällig	293,83	3.434,89	-1.604,05	1.830,84

4.2 Ergebnisse der Zuchtwertschätzung

4.2.1 Gesamtmaterial

Aus Platzgründen wird im Folgenden nur auf die Zuchtwerte für die Milchmenge eingegangen. Die Tendenz der anderen Milchleistungsmerkmale wie Fett- und Eiweißgehalt sowie Fett- und Eiweißmenge sind ähnlich. Zwischen den Zuchtwerten für Milch-kg aus Modell B (mit zufälligem Linieneffekt) und dem Basismodell A gibt es keine Unterschiede (Tab. 5). Damit sind auch die Zuchtwertdifferenzen (Tab. 6) und die daraus resultierenden Rangverschiebungen (Tab. 7) zwischen den Tieren unbedeutend. Wird ein maternal-genetischer Effekt anstatt des Linieneffektes in das Modell integriert (Modell C), ergibt sich eine stärkere Streuung der Zuchtwerte (378 zu 310 Milch-kg) und Zuchtwertdifferenzen in einer Spannweite bis zu beachtlichen 1.152 kg Milch. Rangverschiebungen in der Zuchtwertskala mit einer Standardabweichung von ca. 3.000 Plätzen und einer Spannweite von knapp ± 19.300 Plätzen sind die Folge. Die gleiche Tendenz zeigt sich bei Modell D (mit zufälligem Linien- und Maternaleffekt). Der zufällige Linieneffekt trägt demzufolge nur sehr geringfügig zur Varianz der Zuchtwerte für Milchmenge bei, während der maternal-genetische Effekt der Mutter deutliche Zuchtwertdiffenzen erzeugt. Die größten Differenzen zum Basismodell gibt es bei den beiden Modellen mit fixem Linieneffekt (Modell E und F). Die Standardabweichung der Rangverschiebungen beträgt dabei ca.13.000 Plätze, wobei die Extremwerte bei ± 51.000 Plätzen liegen. Das bedeutet, dass Tiere, die mit ihren Zuchtwerten aus dem Basismodell an der Spitze der Skala liegen, in den Modellen mit Linie – fix in der Rangierung an des Ende der Skala gelangen und

umgekehrt. Auch bei diesem Modellansatz bewirkt der Maternaleffekt eine nur sehr geringfügige Zunahme der Streuung der Rangverschiebungen (Tab. 7).

Tabelle 6
Differenz der Kuhzuchtwerte für Milch-kg aus den Modellen B,C,D,E und F im Vergleich zu Modell A (n 57.447) (Difference of breeding values of milk-kg for cows in the models B,C,D,E and F in comparison to model A)

Modelle	ξ Differenz	s	Spw.	min.	Max.
B / A	0	0	0	0*	0*
C / A	-9,86	89,10	1152,67	-441,41	711,26
D / A	-10,14	89,25	1155,14	-443,06	712,09
E / A	11,60	204,01	2198,57	-1.275,00	923,57
F / A	3,23	212,59	2430,26	-1.464,38	965,88

(von -0,0000897 bis 0,0022501 kg)

Tabelle 7
Rangverschiebungen der Kühe nach der Höhe der Zuchtwerte für Milch-kg aus verschiedenen Modellen im Vergleich zu Modell A (n 57.447) (Changes in rankist of cows by breeding values of milk-kg in different models in comparison to model A)

Modelle	s	Spw.	min.	max.
B / A	0.10	4	-2	2
C / A	2.992	43.500	-19.266	24.234
D / A	3.004	43.609	-19.299	24.310
E / A	12.908	102.904	-49.366	53.538
F / A	13.014	104.983	-50.860	54.123

Zur näheren Quantifizierung der Rangverschiebungen am Gesamtmaterial wurden die Rangkorrelationskoeffizienten nach SPEARMAN zwischen den Zuchtwerten aus den verschiedenen Modellen berechnet. Während der Rangkorrelationskoeffizient zwischen Modell B und dem Basismodell A gleich 1 ist und demzufolge die Linie keinen Einfluss auf die Beziehungen ausübt, zeigen die Koeffizienten der Modelle mit Maternaleffekt (C und D) zu A und untereinander mit Werten um 0,98 einen, wenn auch geringfügigen Einfluss auf die Rangierung der Zuchtwerte zwischen den Modellen. Der Rangkorrelationskoeffizient fällt auf 0,69 ab, wenn die Schätzwerte aus dem Modell mit fixem Linieneffekt (Modell E) in Beziehung zum Basismodell A und Modell B mit zufälligem Linieneffekt gesetzt werden. Werden die Zuchtwerte aus Modell F (Linie - fix und Mat. – zuf.) in Beziehung zu den beiden Modellen mit gleichfalls zufälligem Maternaleffekt (Modell C und D) gesetzt, sinkt die Korrelation auf 0,65 (Tab. 8). Zwischen den beiden Modellen mit fixem Linieneffekt wirkt der Maternaleffekt offensichtlich in nahezu gleicher Größenordnung wie zwischen den beiden Modellen mit zufälligem Linieneffekt (r = 0,96).

Tabelle 8
Rangkorrelationskoeffizienten nach SPEARMAN zwischen Zuchtwerten für Kühe aus unterschiedlichen Modellen für Milch-kg (Correlation coefficient of ranking by SPEARMAN between breedding values of milk-kg for cows in different models)

	Rang A	Rang B	Rang C	Rang D	Rang E
Rang B	1				
Rang C	0,9837	0,9837			
Rang D	0,9836	0,9836	1		
Rang E	0,6970	0,6970	0,6570	0,6567	
Rang F	0,6920	0,6920	0,6761	0,6760	0,6931

Alle Korrelationskoeffizienten sind mit $p<0,01$ hoch signifikant von Null verschieden

4.2.2 Bullenmütter

Die als Bullenmütter gekennzeichneten Kühe liegen im Mittel in ihren Zuchtwerten für Milchmenge signifikant über den anderen Tieren ($p<0,01$). Während die Zuchtwerte der anderen Kühe erwartungsgemäß im Mittel nahe 0 gehen, liegen die Bullenmütter je nach Modell zwischen +600 bis +800 kg Milch (Tab. 9). Damit bestätigen die Zuchtwerte die in der Regel nach absoluten Leistungen erfolgte Selektion. Der maternale Effekt im Schätzmodell erhöht wie bei allen anderen Kuhzuchtwerten auch die Streuung und wirkt sich erhöhend auf die absolute Größe der Zuchtwerte der Bullenmütter aus.

Tabelle 9
Statistik der Zuchtwerte der Bullenmütter für Milch-kg nach unterschiedlichen Modellen (Statistic of bull breeding values for milk-kg in different models)

Modelle	ξ	s	Spw.	min.	max.
A	605,01	394,68	2761,87	-828,25	1933,63
B	605,01	394,68	2761,87	-828,25	1933,63
C	792,53	500,77	3499,74	-1103,33	2396,41
D	792,51	500,92	3500,96	-1104,21	2396,75
E	337,50	357,93	2254,84	-807,80	1447,03
F	447,15	447,72	2827,55	-996,70	1830,85

Die Abbildung zeigt die Quartile und Medianwerte der Zuchtwerte für Milchmenge nach den verschiedenen Modellen am Gesamtmaterial ohne Bullenmütter und die der Bullenmütter. Die Linie in der Box gibt die Lage des Medians wieder. Innerhalb der Balken liegen 50 % der Fälle. Je länger die Box ist, desto stärker streuen die Beobachtungswerte. Die von der Box weg gehenden Linien reichen jeweils bis zum letzten Wert, der weniger als einen Interquartilbereich außerhalb der Box liegt**.** Auffallend ist, dass die Zuchtwerte für Milch-kg der Bullenmütter in den Modellen mit Maternaleffekt (C, D, E) im Mittel höher sind, bei gleichzeitig höherer Streuung, als in den Modellen ohne diesen Effekt.

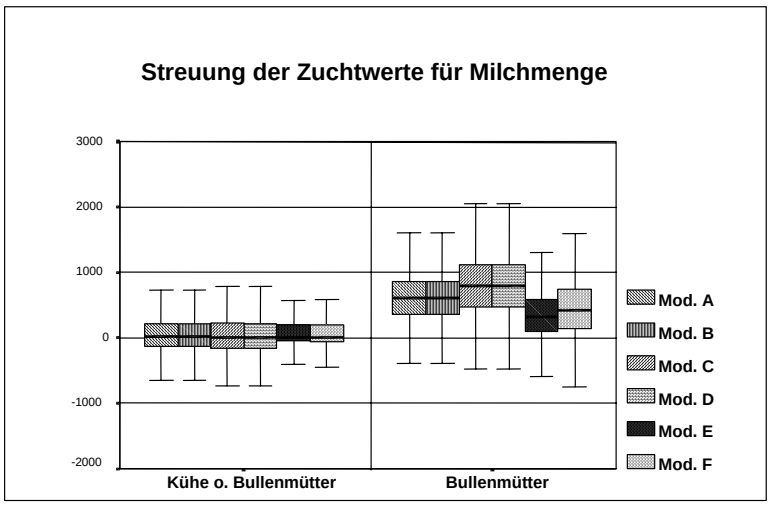


Abb.: Quartile und Medianwerte der Zuchtwerte für Milch-kg der Bullenmütter im Vergleich zu den Zuchtwerten anderer Kühe (Quartiles and median values of breeding values of milk-kg for bull-mothers in comparison to other cows)

5 Diskussion und Schlussfolgerungen

Die geschätzten Zuchtwerte widerspiegeln den Einfluss der im Rahmen der vorliegenden Untersuchung interessierenden Effekte „Linie“ und „Maternaleffekt“. Werden

zufällige Linieneffekte in das Zuchtwertschätzmodell integriert, erzeugen diese lediglich beim Eiweißgehalt sichtbare Zuchtwertdifferenzen und damit Rangverschiebungen (Vergleich Modell B zu Modell A). Aus den daraus berechneten Rangkorrelationskoeffizienten ist abzuleiten, dass die Berücksichtigung zufälliger Linieneffekte in Zuchtwertschätzmodellen keine züchterisch nutzbaren Zuchtwertdifferenzen bringt. Unabhängig vom Modell nimmt die Streuung mit zunehmender Liniengröße ab, was auf höhere Schätzgenauigkeiten schließen lässt.
Ganz andere Ergebnisse ergeben sich, wenn fixe Linieneffekte in die Modelle (E und F) einbezogen werden. Dann sind die Zuchtwertdifferenzen gegenüber dem Basismodell A wiederum so groß, dass kaum sinnvolle Beziehungen zu den Zuchtwerten ohne fixe Linieneffekte im Modell (A, B, C, D) abgeleitet werden können. Es wird aber geschlussfolgert, dass diese Zuchtwerte zur Rangierung von Tieren aus größeren maternalen Linien geeignet sind bzw. beim Auffinden hochveranlagter maternaler Linien dienlich sein können. Dafür sprechen auch die signifikant höheren fixen Linieneffekte der Linien mit Bullenmüttern und deren höhere Zuchtwerte aus allen Modellen. Interessant ist auch die Analyse des Gesamtmaterials hinsichtlich Besetzung der einzelnen Linien mit Generationen. So sind die 1.123 Linien mit Bullenmüttern im Durchschnitt mit 2,8 Generationen besetzt, während die 16.476 Linien ohne Bullenmütter im Mittel nur 1,7 Generationen aufweisen. Daraus kann geschlussfolgert werden, dass Mitglieder der maternalen Linien, aus denen Bullenmütter selektiert wurden, offensichtlich eine höhere Überlebensrate hatten.
Generell kann die Feststellung von GIBSON et al. (1997) unterstrichen werden, dass der exakte Nachweis von Effekten der maternalen Linie auf die Milchleistungsmerkmale mit statistischen Methoden schwierig ist. Das verdeutlichen auch die sehr unterschiedlichen Literaturangaben bei den einzelnen Milchleistungsmerkmalen. Während BOETTCHER et al. (1996) familiäre Einflüsse besonders bei Fett-% herausstellen, vermutet ONKEN (1993) diese eher beim Eiweißgehalt und ROUGHSEDGE et al. (1998) haben die größeren Linienvarianzen bei Milchmenge festgestellt, während diese beim Eiweißgehalt mit 0 angegeben werden.
Es soll in diesem Zusammenhang auch auf empirische Beobachtungen führender Züchter und einzelne Literaturangaben (BELL et al., 1985; NIBLER et al., 1990) verwiesen werden, die den Schluss zulassen, dass stärkere familiäre Fixierungen bei den sogenannten sekundären Merkmalen wie Fruchtbarkeit, Gesundheit, Exterieur zu erwarten sind. Auch scheint die von RAABER und ESSL (1996) gemachte Beobachtung plausibel, dass die Wachstumsmerkmale stärker linienfixiert sind. Sind doch die Mitochondrien als Kraftwerke der Zelle beim Wachstumsprozess als ATP-Lieferanten stark in Anspruch genommen, vielleicht stärker als bei der Milchsynthese.
Die Differenzen der Zuchtwerte bei Einbeziehung von Maternaleffekten in die Zuchtwertschätzmodelle (Modell C, D und F) im Vergleich zu Modellen ohne diesen Effekt (Modell A, B und E) und die daraus resultierenden Rangverschiebungen der Zuchtwerte sind z.T. erheblich und implizieren, dass die Auswirkungen dieses Effektes auf die Zuchtwertschätzung näher untersucht werden sollten. Weiterführende Untersuchungen zur möglichen Verarbeitung in Zuchtsystemen sollten folgen. Dafür sprechen auch die geschätzten Varianzanteile von bis zu 5 %. Auf mögliche neue Überlegungen bei der Auswahl von Trägertieren für den ETR wurde bereits hingewiesen.
Abschließend bleibt festzustellen, dass die hohen fixen Linieneffekte einzelner Linien und insbesondere die höheren Linieneffekte der Linien mit Bullenmüttern trotz der an-

geführten Schwierigkeiten bei der Interpretation sowie die recht stabil geschätzten maternal-genetischen Effekte den Schluss zulassen, dass auch bei den Milchleistungsmerkmalen maternal bestimmte zusätzliche genetische Mechanismen wirken, deren exakte biologische Größenordnungen allerdings mit den gegenwärtig zur Verfügung stehenden mathematisch-statistischen Modellen noch nicht ausreichend genau zu bestimmen sind. Weiterhin ist auf die Möglichkeit zu verweisen, dass gendiagnostische Methoden zur Bestimmung familiärer Unterschiede der mtDNA doch züchterisch verwertbare Ergebnisse auch bei Milchleistungsmerkmalen bringen könnten. Auch könnten mittels mtDNA-Sequentierung unkorrekte Linieneinteilungen eindeutig erfasst und die Ergebnisse von verwischenden Mutationen der mtDNA bereinigt werden (NIBLER et al., 1990).

So gesehen, bleibt die Bearbeitung der genetischen Hintergründe der Kuhfamilie ein spannendes Tätigkeitsfeld für den Wissenschaftler und der Züchter ist gut beraten, die Kuhfamilie auch weiterhin in seinen züchterischen Entscheidungen zu berücksichtigen.

Literatur

BELL, B.R.; MCDANIEL, B.T.; ROBISON, O.W.:
Effects of cytoplasmic inheritance on production traits of dairy cattle. J. Dairy Sci. **68** (1985), 2038-2051

BOETTCHER, P.J.; STEVERINK, D.W.B.; BEITZ, D.C.; FREEMAN, A.E.; MCDANIEL, B.T.:
Multiple herd evaluation of the effects of maternal lineage on yield traits of holstein cattle. J. Dairy Sci. **79** (1996), 655 – 662

DIETL, G.:
Zur Bewertung von Maternaleffekten beim Rind. Gen. Probl. in der Tierz. Heft 15 (1987), Forschungszentrum für Tierproduktion Dummerstorf-Rostock

GIBSON, J.P.; FREEMAN, A.E.; BOETTCHER, P.J.:
Cytoplasmatic and mitochondrial inheritance of economic traits in cattle. Livestock Produktion Science **47** (1997), 115 - 124

GROENEFELD, E.:
REML-VCE 3.2, userguide (1996a)

GROENEFELD, E.:
BLUP-Mat95, userguide (1996b)

NIBLER, T.; REINHARDT, F.; PIRCHNER, F.:
Einfluss zytoplasmatischer Vererbung auf Milchleistung und Fruchtbarkeit bei Milchvieh. Züchtungskunde **62** (1990), 179 - 188

ONKEN, F.:
Populationsgenetische Untersuchungen zur zytoplasmatischen Vererbung beim Milchrind. Univ. Göttingen, Diss., 1993

RAABER, S.; ESSL, A.:
Schätzung zytoplasmatischer Effekte für Milch-, Fleisch- und Reproduktionsmerkmale beim Rind aufgrund von Stationsdaten. Züchtungskunde **68** (1996), 178 - 192

ROUGHSEDGE, T; BROTHERSTONE, S.; VISSCHER, P.M.:
Lack of evidence for cytoplasmic inheritance for milk produktion traits at the langhill dairy herd. 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Armidale, Australia 11-16 January 1998

SETTEGAST, H.:
Die Thierzucht. 3. Aufl. Breslau, 1872

Anschriften der Verfasser
Dr. MICHAEL KLUNKER
Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
Fachbereich Tierzucht, Fischerei und Grünland
Söbrigener Straße 3a
D-01326 Dresden

Dr. UWE BERGFELD, Dr. ULF MÜLLER
Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
Fachbereich Tierzucht, Fischerei und Grünland
Am Park 3
D-04886 Köllitsch

Univ.-Prof. Dr. habil. LUTZ SCHÜLER
Institut für Tierzucht und Tierhaltung mit Tierklinik der
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Adam-Kuckhoff-Straße 35
D-06108 Halle (Saale)

Arch. Tierz., Dummerstorf **45** (2002) Sonderheft, 38-44

Aus dem Institut für Tierzucht und Tierhaltung mit Tierklinik der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

ERWIN C.P. KOENEN

Prüfungsverfahren und Zuchtwertschätzung für Sportpferde im internationalen Vergleich

Summary

Title of the paper: **Testing and genetic evaluation of sport horses from an international perspective**
The presentation covers three main topics: At first, the background of the genetic evaluation for sport horses and the need for their evaluation on an international level is reviewed. In this regard, the objectives of the working group that deals with the international evaluation of horses are explained. The second part deals with the similarities and variation of the different breeding programmes. In specific, the breeding objectives, performance tests and genetic evaluation within individual breeding organisations is illustrated. The last part reports on the kind of activities that are planned for the near future.

Key Words: Performance of recording, estimation of breeding value of sport horses, INTERSTALLION, association of horse breeding

Zusammenfassung

Im ersten Teil des Beitrags werden die Bedingungen für eine Zuchtwertschätzung von Sportpferden angesprochen und der zunehmende Bedarf an einer internationalen Zuchtwertschätzung genannt. Es wird ein Überblick über die Ziele der INTERSTALLION-Arbeitsgruppe gegeben. Im zweiten Teil des Beitrages werden Ähnlichkeiten und Unterschiede in den verschiedenen Zuchtprogrammen herausgearbeitet. Es wird auf Zuchtziele, Leistungstests und Zuchtwertschätzung innerhalb der einzelnen Zuchtorganisationen eingegangen und vorgesehene Aktivitäten angesprochen.

Schlüsselwörter: Pferdeleistungsprüfung, Pferdesport, Zuchtwertschätzung beim Pferd, INTERSTALLION, Pferdezuchtorganisationen

Pferdesport findet unter Züchtern ein zunehmendes Interesse. Die Möglichkeiten für Züchter, genetisches Material aus anderen Zuchtorganisationen zu nutzen, sind erheblich erweitert worden. Stimuliert wurden diese Möglichkeiten durch die Anwendung der künstlichen Besamung. In der Praxis sind viele Züchter heute stetig interessiert, Hengste anderer Zuchtorganisationen zu nutzen. Es kann aber auch festgestellt werden, dass es schon einen breiten Austausch an genetischem Material zwischen den Pferdezuchtorganisationen gibt.

Tabelle 1
Verfügbare Informationsquellen in der Pferdezucht (Available sources of information in horse breeding)

nationale Daten	• Leistungsprüfergebnisse • Daten von Sportpferdewettkämpfen • geschätzte Daten
internationale Daten	• Daten von anderen Zuchtorganisationen • BCM-Rangierung

Leider ist eine optimale Nutzung fremder Hengste nicht einfach, da viele Möglichkeiten der Information zur Verfügung stehen. In Tabelle 1 sind Beispiele für

die verfügbaren Arten der Information, die durch die Züchter genutzt werden können, aufgezeigt. Es liegen Leistungsprüfungsdaten, Daten von Sportwettkämpfen und oft auch Zuchtwerte vor. Die Menge an Informationen wird größer, wenn Züchter die Informationen fremder Zuchtverbände nutzen. Das größte Problem besteht darin, Hengste aus unterschiedlichen Zuchtorganisationen miteinander zu vergleichen. Die Effizienz der Selektion von Sportpferden steigt umso mehr, je transparenter die verfügbaren Informationen sind (Tab. 2).

Tabelle 2
Schwerpunkte in der Sportpferdeselektion (Major issues in selection of sport horses)

Schwerpunkte:	• optimale Kombination aller Informationen für Zuchtziel ist nicht leicht • Pferdezüchter bevorzugen phänotypische Ergebnisse gegenüber Zuchtwerten • gegenwärtig sind Selektionsentscheide suboptimal
Schlussfolgerung:	• erhöhter Bedarf an zuverlässigen Merkmalen für die Zuchtwertschätzung

Die Probleme des Vergleiches von Zuchttieren aus verschiedenen Ländern sind nicht neu. In der Milchrindzucht hat man sich mit diesem Problem schon seit vielen Jahren auseinandergesetzt. Entsprechende Aktivitäten begannen mit der Erweiterung der Informationen in den nationalen Systemen. Mit der Kenntnis der jeweiligen nationalen Methoden werden die einzelnen Zuchtorganisationen befähigt, ihre gegenwärtig angewandten Methoden zu verbessern und zu harmonisieren. INTERBULL nutzt die Informationen vieler Länder, die es Milchrindzüchtern erlauben, die besten Tiere der Welt auszuwählen.

Basierend auf den Erkenntnissen von INTERBULL wurde 1998 die Arbeitsgruppe „INTERSTALLION“ auf Initiative der Weltorganisation für Sportpferde gegründet. INTERSTALLION bezieht Repräsentanten dreier Organisationen ein: WBFSH, EAAP, ICAR. Die Gruppe umfasst 12 Personen unter Leitung von Prof. Bruns, Göttingen. Die Hauptziele der INTERSTALLION-Arbeitsgruppe werden nachfolgend genannt. Erstes Ziel ist es, einen Überblick der Züchtungsziele für Sportpferde zu geben. Zum Zweiten soll ein Überblick über die Testmethoden und die Zuchtwertschätzung erfolgen. Schließlich sollen Methoden zum Vergleich von Zuchtpferden im Rahmen einer internationalen Zuchtwertschätzung diskutiert werden.

Die INTERSTALLION-Arbeitsgruppe begann ihre Aktivitäten mit einer Umfrage. Das Hauptziel dieser Umfrage bestand darin, die aktuellen Probleme und Möglichkeiten der Sportpferdezüchtung zusammen zu fassen. Deshalb wurden Fragen über die Zuchtziele, Leistungsprüfungen und Methoden der Zuchtwertschätzung einbezogen. Von 44 Zuchtorganisationen beantworteten 19 die Fragen, darunter 9 aus Deutschland. Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse zur Illustration der Übereinstimmungen aber auch der Unterschiede bei den verwendeten Methoden dargestellt.

Die einzelnen Zuchtorganisationen wurden nach für sie notwendigen Merkmalen, die durch die Zuchtwertschätzung verbessert werden sollen, befragt. Darauf erfolgten sehr unterschiedliche Antworten. Die Länge der Antworten reichte von 22 bis 255 Worten. Diese erhebliche Variation entspricht der großen Breite hinsichtlich der Anzahl an Merkmalen und Menge an Details. Einige Organisationen nannten nur „Leistungssport“, während andere Spezifikationen vorgenommen haben, wie z.B. „Dressur auf höchstem internationalen Niveau“.

Ein Hauptproblem in den Zuchtprogrammen für Sportpferde besteht darin, dass viele Merkmale nur subjektiv definiert sind. Hierzu einige Beispiele. Einige

Zuchtorganisationen definieren ihr ideales Pferd als „ein hoch qualitatives Pferd“ oder als „ein Pferd, das die Anforderungen des Marktes erfüllt“. Es ist klar, dass diese Beschreibungen nicht sehr objektiv sind und von den verschiedenen Zuchtorganisationen unterschiedlich interpretiert werden können.
Nachfolgende Tabelle 3 zeigt die von den 19 Zuchtorganisationen angegebenen Leistungskomplexe. Wie erwartet, werden Springen und Dressur am häufigsten angegeben und Vielseitigkeit und Fahren weniger häufig genannt.

Tabelle 3
Berücksichtigung von Leistungsmerkmalen in Zuchtprogrammen (19 Zuchtorganisationen) (Performance traits in breeding programmes; 19 breeding associations)

Merkmal	Häufigkeit nach Zuchtprogrammen
Springen	15
Dressur	13
Vielseitigkeit	10
Fahren	4

Zuchtziele enthalten darüber hinaus auch viele Merkmale, die nicht auf Leistungen orientieren. Alle Organisationen beziehen das Exterieur in das Zuchtziel mit ein. Gangarten, Verhalten und Gesundheit werden ebenfalls erwähnt. Überraschenderweise geben im Zuchtziel nur zwei Zuchtorganisationen den Merkmalskomplex Fruchtbarkeit mit an.
Bevor man Zuchttiere selektieren kann, müssen die Beobachtungen aufgezeichnet werden. Sollen die Testresultate korrekt interpretiert werden, benötigt man Wissen über die Details der Tests. Deshalb versuchten wir im zweiten Teil der Umfrage herauszufinden, wie unterschiedlich die Organisationen die Leistungsinformationen aufzeichnen.
Durch die Organisationen werden verschiedene Methoden genutzt, um Pferde zu testen. Die meisten Tests können drei Typen zugeordnet werden: Wettkämpfe, Feldtests und Stationstests. Sie variieren erheblich in der Testkapazität und Genauigkeit der Selektion. Sportwettkämpfe haben die größte Kapazität, während Stationstests die höchste Genauigkeit besitzen.

Tabelle 4
Schwerpunkte bei der Nutzung von Daten aus Pferdesportveranstaltungen (Problems associated with the use of data from riding sport competitions)

Schwerpunkte:	• große Merkmalsvariationen (Preise, Platzierungen, kumulierte Punkte, höchster Level) • Probleme der Vorselektion • niedrige Heritabilitäten (h^2 = 0,10-0,30) • nur aus späterem Alter nutzbar (5-12 Jahre) • große Kapazität
Schlussfolgerung:	• viele Daten, aber von geringem Wert

Wenn das Zuchtziel “Leistung im Wettkampf“ heißt, ist zu erwarten, dass man an Wettkampfresultaten von den Hengsten selbst und ihren Nachkommen interessiert ist (Tab. 4). Der Vorteil aufgezeichneter Wettkampfdaten ist, dass viele Beobachtungen verfügbar sind. Leider nutzen die Länder verschiedene Wege der Definition von Wettkampfmerkmalen, was den direkten Vergleich kompliziert macht. Einige Länder, wie Frankreich und Deutschland nutzen Gewinnsummen und Platzierungen, während z.B. in den Niederlanden das höchste Leistungsniveau verwendet wird. Das Nutzen von Wettkampfdaten hat einige Nachteile, wie z.B. die Vorselektion der gestarteten

Pferde. Da zudem oft hohe Umweltvarianzen vorliegen, sind die h^2-Werte der Felddaten häufig niedrig. Ein anderer Nachteil ist, dass diese Beobachtungen, speziell bei hohem Niveau, erst im späteren Lebensalter vorliegen. Um diese Probleme zu überwinden, haben viele Zuchtorganisationen speziell ausgerichtete Leistungstests, mit denen sie schon von jungen Pferden Informationen über ihre spätere Wettkampfleistung gewinnen können (Tab. 5). Der Vorteil von Feldleistungstests ist, dass junge Pferde unter standardisierten Bedingungen mit verträglichen Kosten getestet werden können. Beobachtungen aus diesen Tests haben nutzbare h^2-Werte und genügend hohe genetische Korrelationen zu den späteren Leistungen erbracht. Nur einige Länder nutzen diese Tests für die Selektion von Hengsten. Häufiger werden diese Tests für die Prüfung von Stuten herangezogen.

Tabelle 5
Feldprüfungen in der Pferdezucht (Field tests in horse breeding)

Charakteristik:	• frühe Nutzung (3 – 4 Jahre alt) • ausreichende Heritabilitäten (h^2 = 0,10 – 0,35) • hohe Voraussage für spätere Leistung im Sport (r_g > 0,50)
Schlussfolgerung:	• züchterisch gut, akzeptable Kosten
Anwendung:	• teilweise für Selektion von Hengsten (Frankreich, Belgien) • meistens für Selektion von Stuten (12 Organisationen)

Der intensivere Weg der Leistungsprüfung sind Stationstests, bei denen junge Zuchtpferde über eine lange Periode unter sehr uniformen Testbedingungen geprüft werden (Tab. 6). Über diese Tests werden die höchsten h^2-Werte und die höchsten genetischen Korrelationen zur späteren Leistung realisiert, so dass diese Testresultate ein guter Prädiktor für spätere Leistungen sind. Da hier die höchsten Kosten unter den Testmethoden anfallen, wird dieser Test meist für die Prüfung von Hengsten genutzt, speziell in Deutschland und den Niederlanden.

Tabelle 6
Stationsprüfungen in der Pferdezucht (Station tests in horse breeding)

Charakteristik:	• einheitliche Bedingungen • hohe Heritabilitäten (h^2 = 0,20 – 0,60) • hohe Voraussage für spätere Leistung im Sport (r_g> 0,80) • frühe Durchführung (3 – 4 Jahre alt) • begrenzte Kapazität (20 – 60 Hengste Jahr)
Schlussfolgerung:	• gut, aber teuer
Anwendung:	• hauptsächlich für Selektion von Hengsten genutzt (14 Organisationen) • aber auch für Stuten genutzt (9 Organisationen)

Nach Aufzeichnung aller Testdaten ist es wichtig, dass die Zuchtorganisationen diese effizient nutzen. Das Ziel der Zuchtwertschätzung ist, dass der Zuchtprozess die verfügbaren Daten so nutzt, dass die züchterisch wertvollsten Pferde in das Zuchtprogramm integriert werden.

In den letzten Jahren haben sieben Länder die BLUP-Zuchtwertschätzung für Leistungsmerkmale eingeführt. Springen und Dressur sind die Hauptmerkmalskomplexe, die in die Schätzung einbezogen werden. Für die Vielseitigkeit wird nur in Frankreich eine Zuchtwertschätzung vorgenommen.

Die Zuchtwerte basieren auf unterschiedliche Quellen an Informationen. So werden in Dänemark und Schweden nur Resultate von Stationstests zur Zuchtwertschätzung für Sportwettkämpfe herangezogen. In Belgien, Frankreich und Irland werden nur

Wettkampfdaten genutzt, in Dänemark und Schweden ausschließlich Ergebnisse aus Prüfungen. In Deutschland und den Niederlanden werden Leistungsprüfungen und Wettkampfresultate verwendet. Es ist wichtig, dass die Zuchtwertschätzungen auf nationalen Daten basieren. Wenn Zuchtwerte geschätzt werden, müssen die Daten auf nicht-genetische Effekte korrigiert werden. Nicht-genetische Effekte schließen u.a. die Effekte der Testfaktoren Alter, Geschlecht und Reiter ein.
Obwohl viele unterschiedliche Methoden genutzt werden, scheint der Weg der Zuchtorganisationen zur Veröffentlichung der Zuchtwerte einheitlich (Tab. 7). Fast alle Länder publizieren diese auf einer Skala von 100 Punkten und einer Standardabweichung von 20 Punkten. Nur Frankreich definiert den Mittelwert mit 0. Das Problem ist, dass die Definition der genetischen Basis auf unterschiedlichem Weg erfolgt bzw. zwischen den Organisationen unterschiedlich ist. Einige Länder beziehen alle Pferde in die Basispopulation ein, während andere Korrekturen für Alter und Genauigkeit festlegen.

Tabelle 7
Form der veröffentlichten Zuchtwerte (Different kinds of published breeding values)

Relativierung:	• 100 ± 20 (Belgien, Deutschland, Irland, Niederlande, Schweden) • 0 ± 20 (Frankreich)
Basispopulation:	• Belgien, Irland, Niederlande: alle Pferde • Frankreich: Alterskorrektur • Deutschland: Korrektur bezüglich Alter und Genauigkeit

Obwohl viele Länder eine Zuchtwertschätzung vornehmen, nutzen nicht alle praktischen Pferdezüchter diese Schätzwerte. Ein Hauptgrund ist, dass die Züchter oft nicht genug Informationen über den Hintergrund der Schätzwerte erhalten. Ein anderes Problem ist, dass die Züchter die Zuchtwerte fremder Hengste mit den eigenen nicht vergleichen können. In der Praxis nutzen viele Züchter stärker ihre subjektiven Selektionsentscheide als die wissenschaftlich begründeten.
Vor dem letzten Teil der Darstellung soll auf die Hauptresultate der Umfrage zu den Pferdezuchtprogrammen zusammenfassend eingegangen werden. Offensichtlich gibt es eine große Differenzierung in den verschiedenen Zuchtprogrammen. Die Zuchtziele sind unterschiedlich definiert. Viele Organisationen nutzen unterschiedliche Arten von Leistungstests. Die Zuchtwertschätzsysteme sind in jedem Land unterschiedlich. Die entsprechenden Informationen sind für die Züchter nicht sehr gut aufbereitet und auch nicht leicht verfügbar. Demzufolge liegt ein großer Bedarf für die Verbesserung der Transparenz von Sportpferdeinformationen vor (Tab. 8).

Tabelle 8
Zusammenfassende Wertung der Umfrage zur Zuchtwertschätzung in den Pferdezuchtorganisationen (Problems and recommendations for estimation of breeding values - inquiry in breeding associations)

Schwerpunkte:	• sehr breite Variation der definierten Leistungsmerkmale • Nutzung unterschiedlicher Methoden für die Leistungsprüfung • variierende und oft nicht ausreichend bekannte Zuchtwertschätzmethoden
Schlussfolgerungen:	• es ist noch viel zu tun, bevor eine internationale Zuchtwertschätzung erfolgen kann • gegenwärtige nationale Zuchtwertschätzungen sind ein erforderlicher erster Schritt
Empfehlungen:	• verbesserte Dokumentation der Zuchtwertschätzung • verbesserte Abgleichung von Daten der nationalen Zuchtwertschätzungsergebnisse • Publikationen der geschätzten Zuchtwerte in standardisierter Form • Studium genetischer Zusammenhänge zwischen den Populationen • verbesserte Datennutzung zwischen den Ländern

Die gegenwärtigen Informationen über die Situation in der Sportpferdezucht sind also nicht optimal. Die Frage ist demzufolge, wie man diese Situation verbessern kann. Von INTERBULL sind drei Schritte erfolgreich beschritten und genutzt worden. Der erste Schritt war, Informationen über die nationalen Zuchtprogramme auszutauschen. Im zweiten Schritt wurden die vorhandenen Methoden verbessert und harmonisiert. Der letzte Schritt war die Weiterführung der internationalen Zuchtwertschätzung durch Nutzung der Informationen aus vielen Ländern. Um die Informationen auszutauschen, publizierte die INTERSTALLION-Gruppe die Resultate der Umfrage in standardisierter Form. Diese Informationen werden sowohl in einem Bulletin als auch im Internet publiziert, so dass die Informationen für alle interessierten Züchter einfach zugänglich sind. Danach werden die Resultate der Umfrage für wissenschaftliche Reviews genutzt.

Es ist zu hoffen, dass die Diskussion innerhalb der Arbeitsgruppe INTERSTALLION die Zuchtorganisationen überzeugt, mehr Aufmerksamkeit der Harmonisierung und Verbesserung von Daten zu widmen. Aspekte der Harmonisierung sind z.B. die Merkmalsdefinitionen, die Testmethoden, die Schätzung und die Publikation der Zuchtwerte.

Der letzte und ehrgeizigste Schritt ist die Einführung einer internationalen Zuchtwertschätzung für die Sportpferdezucht. Bevor eine Schätzung durchgeführt werden kann, müssen verschiedene Probleme gelöst werden. An erster Stelle werden aussagefähige nationale Daten benötigt. An zweiter Stelle sind einheitliche Identifikationsnummern für alle Pferde erforderlich, z.B. erhalten exportierte Pferde oft eine neue Herdbuchnummer. An dritter Stelle benötigen wir genetische „Links“ zwischen den Organisationen. In der Praxis heißt das, dass für die Hengste Nachkommenprüfungen in mehreren Ländern erfolgen. An vierter Stelle benötigen wir die genetischen Korrelationen zwischen den Merkmalen in den einzelnen Ländern, da es möglich ist, dass diese zwischen den Ländern differieren. Nur wenn diese Probleme gelöst sind, können die Zuchtwerte jedes einzelnen Landes auf der Basis internationaler Daten verglichen werden.

Tabelle 9
Aktivitäten von INTERSTALLION (Activities of INTERSTALLION)

Arbeitsschritte:	• Publikationen gegenwärtiger Methoden, Testmethoden und Zuchtwertschätzungen in standardisierter Form ♦ Bulletin’s ♦ Internetseite WBFSH • Wissenschaftsreview ♦ Zuchtziele ♦ Testmethoden ♦ Zuchtwertschätzungen • Ausdehnung der Informationen, Erfahrungen und Resultate • Diskussion zur Harmonisierung genetischer Prüfungen ♦ Merkmalsdefinitionen ♦ Rangfolgen • Anregung der WBFSH/FEI zur Einrichtung einer internationalen Datenbasis • Durchführung einer Pilotstudie
Ziel:	• Prüfung genetischer Zusammenhänge • Schätzung genetischer Korrelationen
Material:	• Feldtestresultate von Stuten (Hannover, Holstein, Niederlande, Schweden, Dänemark)
Methoden:	• Multi-trait-animal-model

Zurzeit denkt die INTERSTALLION-Gruppe über den Start eines kleinen Pilot-Projektes nach, um Erfahrungen über die Einführung einer internationalen Zuchtwertschätzung von Sportpferden zu sammeln (Tab. 9). Hierzu ist geplant, die Feldtestresultate von Stuten von fünf Zuchtorganisationen zu nutzen. Ziel ist, genetische Korrelationen zwischen den Populationen zu schätzen. Das Projekt wird hoffentlich in diesem Sommer gestartet.

Folgende Schlussfolgerungen aus dem Studium der INTERSTALLION-Arbeitsgruppe können gezogen werden:

- viele Länder nutzen wissenschaftliche Methoden für die Zuchtwertschätzung von Sportpferden,
- eine größere Transparenz über die unterschiedlichen Zuchtprogramme würde die Selektion in den Ländern verbessern,
- viel Arbeit ist aber noch zu tun, bevor die Züchter ihre Pferde zwischen den Ländern vergleichen können.

Die letzte Botschaft an alle Züchter bezüglich einer internationalen Zuchtwert-schätzung ist, dass wir noch einen langen Weg zu gehen haben, der erste Schritt aber schon getan ist.

Anschrift des Verfassers
DR. ERWIN KOENEN
NRS
Wassenaarweg 20 (6843 NW)
P.O. Box 454
6800 AL Arnhem
The Netherlands

Arch. Tierz., Dummerstorf **45** (2002) Sonderheft, 45-50

Landesverband Thüringer Rinderzüchter

ERWIN OSCHIKA

Aktuelle Aspekte der Rinderzucht – Anforderungen an Zuchtorganisationen und Vermarktung

Summary

Title of the paper: **Current aspects of cattle breeding – requirements for breeding organisations and stock marketing**

Developments in dairy cattle breeding in Thuringia since 1990 are presented. The developments are characterized by large increases in dairy production traits under a decrease of stock numbers. Due to the increase in performance traits, the genetic basis for selection is unaffected. The requirements for dairy production over the next periods are presented. Possible effects of the estimation of breeding values under an animal model are discussed. Future challenges for dairy producers after a possible abolishment of the milk quota system are examined and requirements for research activities are derived from this.

Key Words: dairy cattle breeding in Thuringia, requirements for breeding organisations, stock marketing

Zusammenfassung

Die Entwicklung der Milchrindzucht in Thüringen wird seit 1990 dargestellt. Sie ist charakterisiert durch sehr hohe Steigerungsraten für Milchleistungsmerkmale bei Reduzierung des Milchkuhbestandes. Auswirkungen auf die genetischen Parameter sind wegen der Leistungssteigerung auszuschließen. Die Anforderung an die Milchproduktion für den nächsten Zeitraum wird diskutiert. Dabei werden zu erwartende Aspekte der Zuchtwertschätzung nach dem Tiermodell in Frage gestellt. Es werden mögliche Anforderungen an die Milchproduzenten bei Wegfall der Quote besprochen und somit die Forderungen an die Wissenschaft für den nächsten Zeitraum formuliert.

Schlüsselwörter: Milchrindzucht Thüringen, Anforderungen Zuchtorganisation, Vermarktung

Eine Charakterisierung der vorhandenen Situation in Thüringen soll zunächst vom Grundsatz her für den Zeitraum ab 1990 vorgenommen werden. Diese für die Rinderzucht kurze Epoche ist maßgeblich bestimmt worden durch eine Leistungsexplosion im wahrsten Sinne des Wortes, sowohl im Gesamtbestand, aber auch in der aktiven Zuchtpopulation (im Herdbuchkuhbestand) und neue veränderte Anforderungen an die Vermarktung von Zuchtrindern. Einige Fakten dazu sind der Abbildung 1 zu entnehmen.

Seit 1990 hat sich der Kuhbestand in Thüringen mehr als halbiert. Damit ist zunächst aus der Sicht der quantitativen, aber auch zunehmend qualitativen Futterversorgung, die über Jahrzehnte herrschende Diskrepanz zwischen genetischen Möglichkeiten und realisierter Praxis kurzfristig überwunden worden. Hinzu kam, dass mit dem SMR eine Basispopulation vorhanden war, die durchaus in der Lage war, aus genetischer Sicht 7000 bis 8000 kg Milch zu erbringen, bei wesentlich höheren Milchinhaltsstoffen als das derzeitig für die HF-Population möglich ist. Seit der politischen Wende wurde deshalb als Hauptweg die weitere Holsteinisierung des SMR vorgenommen. Als Basis dienten, und das ist für Thüringen besonders hervorzuheben, genetisch hochwertige

Holstein-Friesian-Bullen deutscher Herkunft, aber auch besonders kanadische Herkünfte. Der Import von weiblichen HF-Zuchttieren hielt sich in Thüringen wegen der hohen Kosten für die Milchproduzenten in Grenzen. Die Entwicklung in den Leistungsmerkmalen war charakterisiert durch eine absolute Betonung der Milchmengenleistung bei gleichzeitiger Reduzierung der Milchinhaltsstoffe, insbesondere des Fettgehaltes (Abb. 2 bis 5).

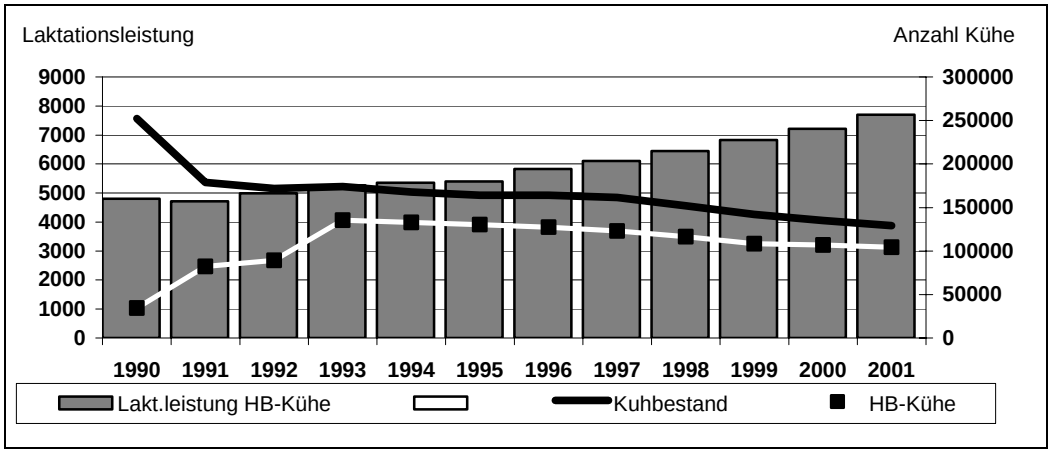


Abb. 1: Kuh- und Herdbuchbestandsentwicklung sowie Milchleistungsentwicklung der HB-Kühe in Thüringen 1990 bis 2001 (Development of numbers of cows and herdbook herds along with milk production per cow in Thuringia 1990 to 2001)

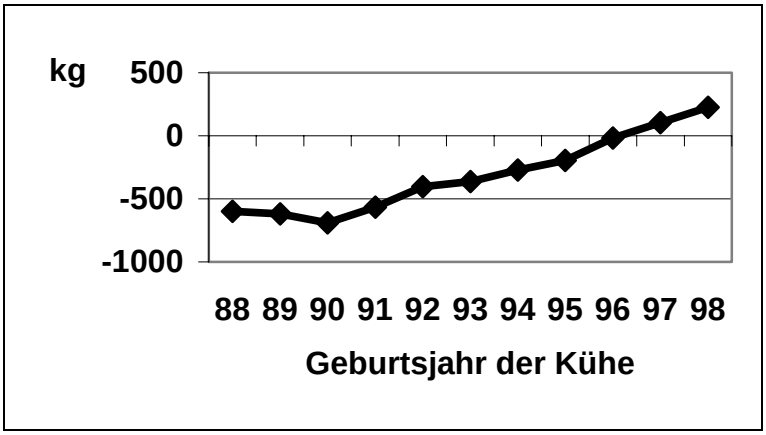


Abb. 2: Genetischer Trend beim Leistungsmerkmal Milch (Genetic trend for milk production (kg))

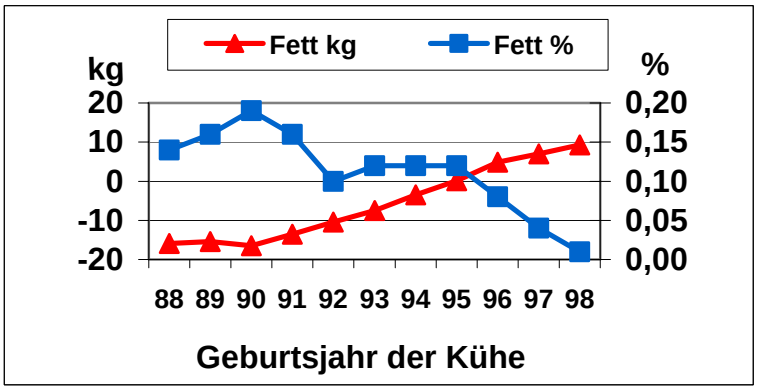


Abb. 3: Genetischer Trend beim Leistungsmerkmal Fett (Genetic trend for fat production (kg and %))

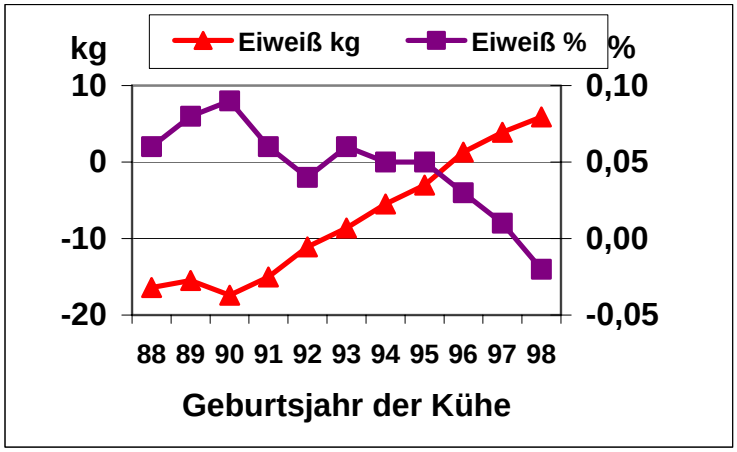


Abb. 4: Genetischer Trend beim Leistungsmerkmal Eiweiß (Genetic trend for protein production (kg and %))

Gleichzeitig war und ist zu verzeichnen, dass die Leistungen weiterer bedeutender Merkmale wie beispielsweise die Fruchtbarkeit, in erheblichem Maße zurückgegangen sind (z. B. ZKZ 2001 125 Tage – 1990 93 Tage; Abb. 5).

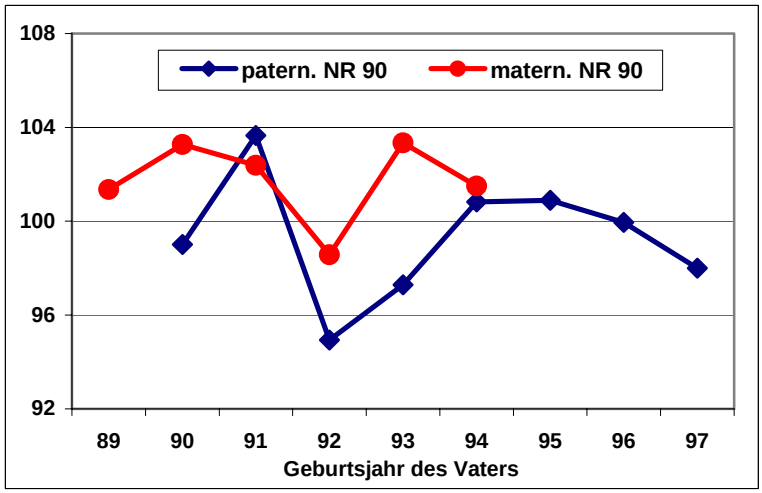


Abb. 5: Genetischer Trend Fruchtbarkeit (Relativzuchtwerte) (Genetic trend for fertility (relative breeding value))

Mangelnde Betreuungsintensität in den Herden selbst, das insgesamt höhere Leistungsniveau und damit die höhere Beanspruchung des weiblichen Organismus sowie das zunehmende Zurückdrängen von Jerseygenen in der Population können wohl als Hauptursachen angenommen werden. Gleichzeitig nahm, was diesen Komplex anbetrifft, die veterinärhygienische bzw. zuchthygienische Betreuung der Rinderherden dramatisch ab.

Der ohnehin speziell in den Großanlagen der ehemaligen DDR vorhandene Trend der zu geringen Nutzungsdauer der Milchkühe, oder man kann anders herum formulieren die zu hohe Reproduktionsrate, wurde leider beibehalten. Reproduktionsraten von über 40 % in einzelnen Betrieben sind heute noch an der Tagesordnung.

Mit der positiven Entwicklung in den Leistungen, einschließlich der genannten negativen Begleiterscheinung, einhergehend, wurde jedoch auch die Futterproduktion auf die Belange der Milchproduktion eingestellt, dass heißt, die Betriebe haben es vom Management immer besser verstanden, auch aus der Sicht der Ökonomie in ihren Betrieben

selbst hohe Milchleistungen zu erreichen. Dabei wurden selbstverständlich auch einige allgemeine Leistungsmerkmale nicht mehr in den Mittelpunkt der Betrachtungen gestellt.
Die Beibehaltung bestimmter Größen von landwirtschaftlichen Betrieben führte dazu, dass sich die Milchproduktion im Rahmen der Rinderhaltung im Thüringer Raum vordergründig auf juristische Personen konzentriert. In diesen Milchproduktionsbetrieben wurden die vorgegebenen Milchquoten relativ schnell erreicht, so dass vor den Betrieben die Aufgabe bestand, die Anzahl der in Milch stehenden Kühe zu reduzieren. Gleichzeitig wurde aber schon früh erkannt, dass speziell genetisch hochwertige Bullen aus dem Wiedereinsatz einzusetzen sind und, was besonders wichtig ist, die großen Betriebe haben erkannt, dass die Zuchtwertschätzung unter ähnlichen Bedingungen zu erfolgen hat, wie letzten Endes ihre Produktion.
Dementsprechend werden zum gegenwärtigen Zeitpunkt die Bullen bevorzugt, die ihren Zuchtwert unter Laufstallbedingungen erbracht haben. Der sprunghafte Anstieg in speziellen Leistungen hat offensichtlich bekannte Verhältnisse zwischen den genetischen und umweltbedingten Varianzen verändert. Das führte notgedrungen im Tiermodell dazu, dass in den großen Beständen andere Streuungs- und damit Heritabilitätswerte gefunden wurden, als es in der übrigen Population üblich war. Ein Zusammenführen von großen und kleinen Produktionseinheiten war dabei sicherlich sehr schwer möglich, so dass im Rahmen des Tiermodells größere Produktionseinheiten gegenwärtig anders gewertet werden als bäuerliche Betriebe. Die im Zuchtwertschätzmodell praktizierte drastische Reduzierung der vorhandenen natürlichen Streuung in großen Einheiten führte und führt zu Ungereimtheiten, die eine vergleichende Zuchtwertschätzung über kleine und große Produktionseinheiten zum gegenwärtigen Zeitpunkt äußerst kompliziert erscheinen lässt.
Zwischenzeitlich wurde das Leistungsniveau der Schwarzbuntzucht der alten Bundesländer erreicht bzw. zum Teil überboten und betrachtet man die Genealogie, kann man von gleichen genetischen Voraussetzungen in beiden Teilen Deutschlands ausgehen.
Nun stellt sich die Frage, wie in der Perspektive die Anforderungen an die Milchkuh zu definieren sind. Generell hat der Milchproduktionsbetrieb in der entsprechenden Dimension wie wir sie in Thüringen vorfinden an die Züchtung die Forderung, dass in erster Linie die direkte Nachkommenleistung, sowohl bei den produktiven als auch bei den funktionalen Merkmalen zu betrachten ist. Ihn interessiert nicht so sehr der über das Tiermodell ermittelte genetische Wert, sondern die realisierte Leistung. Somit ist deutlich ein Widerspruch zwischen den zweifellos vorhandenen guten Ergebnissen aus dem Tiermodell aus genetischer Sicht und der kommerziellen Milchproduktion entstanden. Eine einseitige Betrachtungsweise der genetischen Qualität bzw. Erwartungsleistung ist zwar vom Grundsatz her richtig, trifft aber nicht den Kern eines großen Milchproduzenten. Er möchte praktische Kühe haben mit hohem Leistungsvermögen und sehr guten allgemeinen Leistungsmerkmalen, die man definieren kann als gesunde robuste Kühe mit guten Gliedmaßen und Klauen, einem sehr guten Euter, niedriger Zellzahl und einer ansprechenden Fruchtbarkeit.
Es tun sich somit Widersprüche auf, die die Züchtung und damit auch die Wissenschaft für den nächsten Zeitraum zu bearbeiten haben wird bzw. an deren Lösung zu arbeiten ist. Deshalb sind die Anforderungen der Milchproduktion an die Zucht für den nächsten Zeitraum noch mehr als bisher auf phänotypische Leistungsausprägungen zu richten. Ebenso ist es überdenkenswert, ob in Zukunft der von Übersee her stammende

Trend auch in Europa zu realisieren ist, dass wir zwischen dem Schaucharakter einer Kuh und den realisierten Leistungen im Produktionsfeld weitere Differenzen zulassen können, die da beispielsweise sind: ein zu großer Rahmen, niedrige Inhaltsstoffe, geringe Leistungen usw.
Aber auch ein weiterer Aspekt wird die Zuchtarbeit bestimmen. Bei der Länge des Generationsintervalls werden die Nachkommen bei den jetzt erzeugten oder anzupaarenden Kühen bzw. die zu erwartenden Töchter der Besamungsbullen in einer Zeit die Milch zu geben haben, wo möglicherweise eine Milchquotierung aufgehoben wird. Es ist nicht die Aufgabe zu spekulieren, wann die Milchquote aufgehoben wird, aber bei der Betrachtung dieser Problematik und ausgehend von den Ländern, die schon weltmarktgerecht Milch produzieren müssen, wird auch in Zukunft von höheren Milchinhaltsstoffen auszugehen sein. Diesem Problemkreis muss sich auch die praktizierte Indexselektion stellen.
Schließlich möchte ich zum Komplex der Anforderung an die Vermarktung kommen. Bezüglich der Spermavermarktung haben wir uns schon klar und deutlich ausgedrückt. Hier werden in erster Linie solche Bullen zur Vermarktung anstehen, die bei ihren direkten Nachkommen eine hohe Produktivität und Funktionalität vererben. Der Zuchtrindermarkt ist derzeitig sehr schwer einschätzbar, aber wir müssen davon ausgehen, dass trotz der BSE-Krise und anderer Tierkrankheiten, die momentan in Diskussionsfeld agrarpolitischer Strategien stehen, die Bekämpfung von Tierkrankheiten weiter im Vordergrund stehen wird. Aber andererseits muss im Zuge der Globalisierung des Welthandels auch davon ausgegangen werden, dass speziell in den Entwicklungsländern im nordafrikanischen Raum nach wie vor ein Bedarf vorhanden sein wird, den es gilt, abzudecken (Thüringen exportiert jährlich 1000 - 2500 Färsen).
Für unsere größeren Betriebe, die im Rahmen der Lohnarbeit ihre Produktion organisieren, sind natürlich die im Sektor Zuchtviehproduktion derzeit vorhandene Marktsituation und die relativ geringen Preise nicht besonders attraktiv. Man muss im Zusammenhang mit mangelnder Fruchtbarkeitsleistung und hohem Verlustgeschehen hier speziell für Thüringen auch davon ausgehen, dass zum gegenwärtigen Zeitpunkt weibliche Zuchtkälber über den normalen Reproduktionsbedarf hinaus teilweise nicht vorhanden sind. Natürlich kann sich diese Situation zukünftig ganz anders gestalten und davon sind wir an und für sich überzeugt. Wenn aber der Preis auf dem Rindfleischmarkt sich weiter so entwickelt wie bisher und auch im Rahmen der Mutterkuhhaltung möglicherweise andere Strategien angestrebt werden, bleibt die Frage, ob und in welchem Umfang wir die vorhandenen Weideflächen speziell im Vorgebirgsland nutzen können. Hier gibt es wohl kaum andere Alternativen als das Rind und Schaf. Uns macht ohnehin schon Sorgen, dass im Interesse der Maximierung der Milchproduktion weibliche Tiere von der Weide langsam verschwinden und gerade in die Ackerbaubetriebe wandern und dort mit hohem Maissilageanteil aufgemästet werden. Fragen des kompensatorischen Wachstumsvermögens wurden schon umfangreicher wissenschaftlicher Betrachtung unterzogen, aber dennoch sind heutzutage die Verhältnisse ganz anders zu werten und speziell die intensive Aufzucht von Zuchtfärsen gewinnt immer mehr an Bedeutung. Eine Reduzierung des Färsenkonzeptionsalters und damit des Erstkalbealters geht schon langsam in eine Richtung, wo man sich die Frage stellen muss, ob diese Entwicklung auch so von vornherein gewollt ist. Nehmen wir die Entwicklung in den Niederlanden aber auch in einigen Teilen von Deutschland und

speziell in Nordamerika. Kurz um, Tatsachen die wir zum heutigen Zeitpunkt noch nicht beantworten können.
Zusammenfassend können wir sagen, dass die Anforderungen an die Zuchtorganisation, speziell für die Milchproduktion, in den nächsten Jahren besonders darin liegen werden, solche Produkte anzubieten, die dem Produzenten eine sofortige Leistungssteigerung versprechen und daneben insbesondere in den funktionalen Merkmalen überlegen sind. Wir werden in den nächsten Jahren damit konfrontiert werden, dass wesentlich mehr die Fruchtbarkeit, die Eutergesundheit und die Klauengesundheit im Vordergrund stehen wird. Wir sind Optimisten und sagen auch, im Hinblick auf die Verbesserung der Nutzungsdauer werden ebenfalls verstärkte Anforderungen zu stellen sein. Der ideologische Druck seitens der Grünen wird nicht ab-, sondern eher zunehmen. Wobei wir, was die Rinderzucht und Rinderproduktion angeht, noch einmal deutlich machen möchten, dass in der Vergangenheit diese Leistungskomplexe immer schon züchterisch bearbeitet worden sind. Sie wurden erfasst, auch wenn man darüber streiten kann, ob wir in der Vergangenheit immer die Schwerpunkte richtig gesetzt haben. Jedenfalls haben wir damit alle Möglichkeiten, in der Rinderzucht auch die Gesundheit, Langlebigkeit und Fruchtbarkeit noch besser als bisher bearbeiten zu können. Dessen sind wir uns sicher.

Anschrift des Verfassers
Tzl. Dr. ERWIN OSCHIKA
Landesverband Thüringer Rinderzüchter (LTR)
Zucht- und Absatzgenossenschaft e. G.
Stotternheimer Str. 19
D-99087 Erfurt

Arch. Tierz., Dummerstorf **45** (2002) Sonderheft, 51-59

Aus dem Institut für Tierzucht und Tierhaltung mit Tierklinik der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

ROLF-DIETER FAHR

Notwendigkeit und Grenzen der Züchtung auf Milchinhaltsstoffe und Milchqualität

Summary

Title of the paper: **Influencing milk quality and composition: options and limits**

Milk quality is determined by general and special requirements. Hygienic and processing aspects are related to the content of somatic cells. The cell count per ml is determined by the milkability and morphological characteristics of the udder and the teats. Special quality requirements can be reached by breeding and management measures. Such milk is used for defined processing lines and has to fulfill special health and diet demands. Application examples are given for components of milk fat and milk protein. The realization into practice is difficult as requirements are linked to the whole processing chain.

Key Words: milk quality, milk composition, somatic cells, processing characteristics

Zusammenfassung

Die Milchqualität ist durch allgemeine und spezielle Anforderungen zu kennzeichnen. Mit der Zellzahl werden hygienische und verarbeitungstechnologische Aspekte erfasst. Sie wird durch die Melkbarkeit und morphologische Eigenschaften des Euters und der Zitze beeinflusst. Spezielle Qualitätsanforderungen der Rohmilch können im Erzeugerbereich durch züchterische und Managementmaßnahmen erfüllt werden. Solche Milch eignet sich für bestimmte Verarbeitungslinien aber auch für gesundheitliche und diätetische Anforderungen. Beispiele für die Nutzung von Milch mit speziellen Eigenschaften sowie Einflussmöglichkeiten auf Milchfett und Milchprotein werden aufgezeigt. Die Realisierung ist an Voraussetzungen gebunden, die die gesamte Erzeugungskette betreffen und stößt demzufolge auf Schwierigkeiten.

Schlüsselwörter: Milchqualität, Milchinhaltsstoffe, somatische Zellen, Verarbeitungseigenschaften

Einleitung

Die Rohmilchqualität wird von einer Reihe von Aspekten bestimmt, die aus Verbraucheranforderungen und ökonomischen Bedingungen, aber auch aus erzeugungsspezifischen Charakteristika resultieren. Die allgemeinen und spezifischen Anforderungen der Verbraucher an Konsummilch und Milchprodukte ergeben sich aus dem Nährstoffbedarf, dem Genussbedürfnis und Erwartungen, die an den gesundheitlichen Wert der Milch gebunden sind. Konsumentenanforderungen, die in der Erzeugungskette bis zur Rohmilch reichen, sind ein dokumentierter Herkunftsnachweis, eine exklusive Qualität und hygienische Sicherheit, eine geringe Energiedichte verbunden mit niedrigem Cholesteringehalt, Inhaltsstoffe, die eine spezifische Wirkung im Körper erwarten lassen („functional food“) u. a. Konsumenten verbinden mit der Vorstellung von Gesundheit die Reduzierung von Kalorien, gesättigten Fettsäuren, Cholesterin und Natrium. Der Markt an Milch mit 2 % und weniger Milchfett und niedrigem Cholesteringehalt sowie Joghurt und den verschiedenen Käsesorten wird zunehmen. Andererseits haben Konzepte, die auf Verwöhnung statt Abwesenheit von Fett orientieren, auch zukünftig Bedeutung.

Im Zusammenhang mit der Qualitätssicherung sind jedoch einige Besonderheiten zu beachten, die die Verwertung der Rohmilch und ihrer Inhaltsstoffe beeinflussen. Der Rohstoffwert und die Rohstoffverwertung spielen in der durchgängigen Erzeugungskette eine wesentliche Rolle, so dass die Möglichkeiten des Absatzes sich bis auf den Erzeugungsprozess auswirken. Zunehmend wird der Wettbewerb über herausgehobene Qualitäten entschieden.
Milch wirkt zwar visuell als homogene Substanz, sie ist jedoch ein polydisperses System, deren über 100 wesentliche Komponenten zu ca. 70 Produktgruppen verarbeitet werden. Die Auftrennung der Milch in ihre Inhaltsstoffe, die für den einen oder anderen Produktionsprozess von jeweils über- bzw. untergeordneter Bedeutung sind, ist im Be- bzw. Verarbeitungsprozess mehr oder weniger notwendig aber auch aufwändig. Die Bewertung und Verarbeitung von Milch wird durch diese Abhängigkeit der Milchinhaltsstoffe (Koppelprodukte) beeinflusst. Durch die Haltung von Kühen ist eine kontinuierliche Erzeugung an Milch gegeben, Saisoneinflüsse bedingen unterschiedliche Anlieferungsmengen und Qualitäten. Andererseits erfordert die begrenzte Lagerungsfähigkeit des Rohstoffs jedoch eine kontinuierliche Verarbeitung. Milch zur Verarbeitung bildet als Schüttgut eine Mischung aus unterschiedlichen Qualitäten, abgeliefert von verschiedenen Erzeugern. Eine Bewertung der Produkte nach dem Verursacherprinzip ist nur eingegrenzt möglich, wie auch eine zielgerichtete Beeinflussung des Produkts durch die Erzeugermilch bei herkömmlicher Anlieferungspraxis nur mit großem Aufwand erfolgen kann. Die möglichen Kriterien der Milchqualität ergeben sich demzufolge aus einer ganzen Reihe von Bestimmungsfaktoren und können für verschiedene Zwecke und Zielsetzungen gewählt werden (Tab. 1).

Tabelle 1
Kriterien der Milchqualität (Criteria of milk quality)

Faktor	Merkmale in	
	Milch-Güteverordnung	spezifischen Bewertungssystemen
Produktqualität		
Nährwertfaktoren	Fett-%	Fettsäuremuster
	Eiweiß-%	
verarbeitungstechnologische	Fett-%	Anteil FS (C18/C18:1)
Faktoren	Eiweiß-%	Anteil κ-Casein B
	Zellzahl	Anteil β-Lactoglobulin A
	Hemmstofffreiheit	Casein-Gehalt
	Keimzahl	
hygienisch-toxikologische	Zellzahl	Freisein von
Faktoren	Keimzahl	spezifischen Keimen
Prozessqualität		
Milchgewinnung		Technik-Parameter
Milchlagerung		Temperatur
Tierbestand		Tiergesundheit

Allgemeine Qualitätsmerkmale

Allgemeine Anforderungen an die Rohmilchqualität werden durch die Parameter der Milchverordnung ("Verordnung über Hygiene- und Qualitätsanforderungen an Milch und Erzeugnisse auf Milchbasis“ - Neufassung vom 20.07.2000) bzw. der Milch-Güteverordnung ("Verordnung über die Güteprüfung und Bezahlung der Anlieferungsmilch vom 09.07.1980 in der Fassung der 5. Änderungsverordnung vom 27.12.1993) reguliert. Sie bilden die Grundlagen für die Bewertung, Verwendung und Bezahlung der Rohmilch und einen Kompromiss zwischen der Vielzahl möglicher Kennwerte und

der praktisch realisierbaren Gütebewertung. Solche Bedingungen wie verfügbare Schnellbestimmungsmethoden, Reproduzierbarkeit der Ergebnisse, Beeinflussbarkeit durch den Erzeuger und ökonomische Bewertung des Parameters haben zur Festlegung der bekannten Kriterien geführt. Die Milch-Güteverordnung lässt jedoch die Möglichkeit offen, spezifische Bewertungskriterien einzusetzen. Im Folgenden soll beispielhaft auf die Bedeutung und Einflussmöglichkeit des Gehaltes an somatischen Zellen eingegangen werden.
Als Parameter für die Einschätzung der durchschnittlichen Entzündungslage der Euter einer Herde aus der Anlieferungsmilch hat gegenwärtig der Zellgehalt die größte praktische Bedeutung (Abb. 1). Bei Feststellung hoher Zellgehalte ist mit einer Reihe von Effekten auf Milch- und Milchprodukte zu rechnen, die die Nährwertfaktoren, sensorische aber auch ernährungsphysiologische Eigenschaften betreffen.

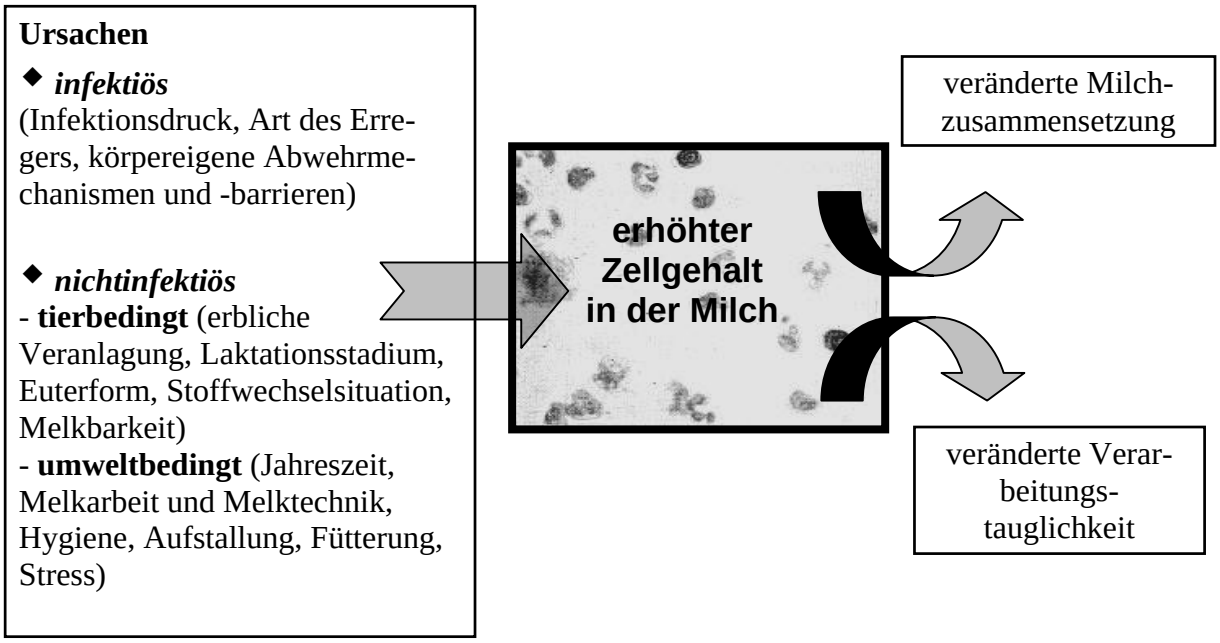


Abb. 1: Einflussfaktoren auf den Zellgehalt der Milch und ihre Auswirkungen (Factors influencing the content of somatic cells in milk and their consequences)

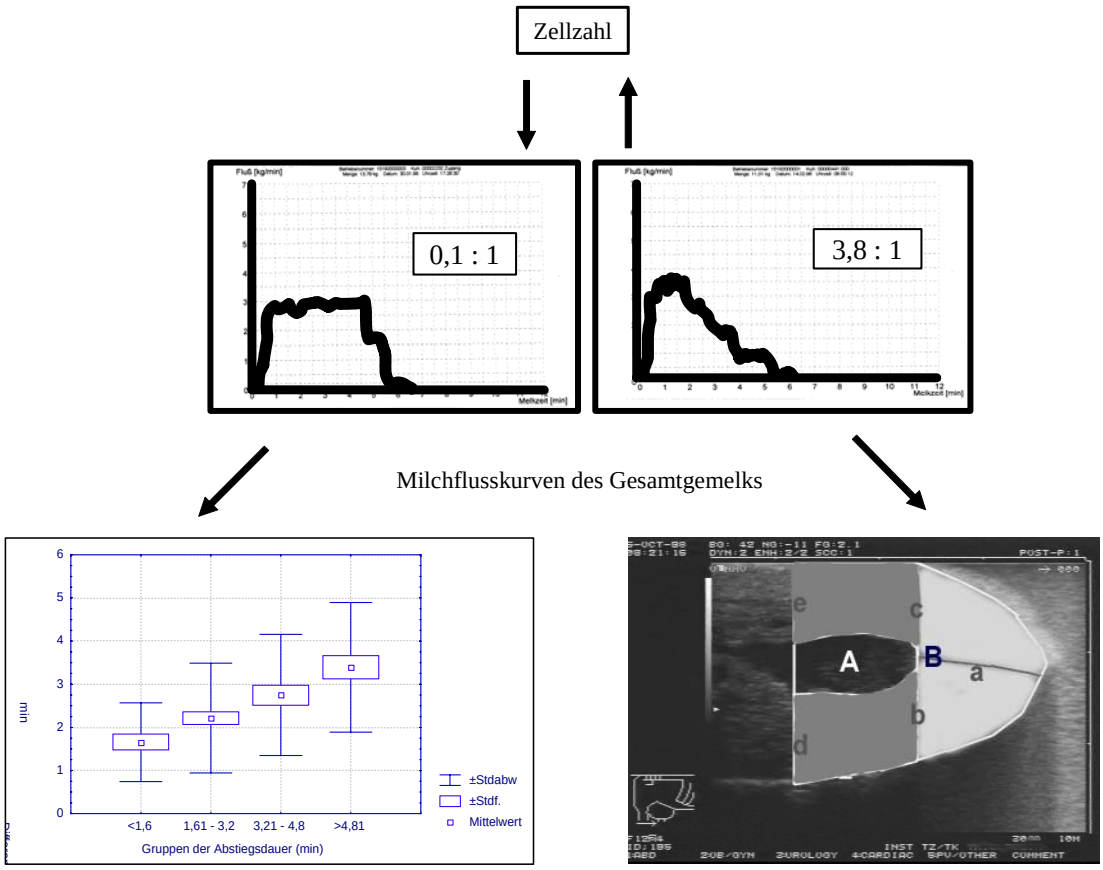
Aus einer kanadischen Studie (POLITIS und NG-KWAI-HANG, 1988), die die Modellproduktion von Chester-Käse beschreibt, wobei hierzu Milch mit unterschiedlichen Zellgehalten von 100.000/ml bis zu 1 Million Zellen/ml (in Stufen von je 100.000) verwendet wurde, sind die deutlichen Abhängigkeiten zwischen Zellzahlbefund und verschiedenen Milchinhaltsstoffen bekannt. Die Zellgehalte in der Milch waren negativ mit dem Fett-, Eiweiß-, Gesamttrockenmasse-Gehalt und dem Gehalt an fettfreier Trockenmasse im Käse korreliert. Auch die Merkmale der Käsereitauglichkeit (Gerinnungseigenschaften) sind mit dem Zellgehalt verbunden.
In einer Analyse in einem Molkerei-Einzugsgebiet wurde die Milch von 268 Tieren aus 5 Betrieben in vierwöchentlichem Abstand auf Zellzahl und Gerinnungseigenschaften untersucht (FAHR und LENGERKEN, 1997). Die Auswahl der Betriebe und Tiere erfolgte mit dem Ziel, eine möglichst große Variationsbreite der Zellzahl in der Milch zu erfassen. Sowohl die Gerinnungszeit als auch die Gallertefestigkeit wurden von einem hohen Zellgehalt signifikant beeinflusst. Milch von Kühen mit deutlich erhöhter Zellzahl (im Mittel der Einzelgemelke >400.000 Zellen/ml), wiesen eine um mehr als 20 % verlängerte Gerinnungszeit auf.

In unseren Untersuchungen haben wir uns speziell den Beziehungen zwischen der Melkbarkeit und dem Gehalt an somatischen Zellen in der Milch bei Kühen aber auch bei kleinen Wiederkäuern zugewandt. Darüber hinaus ist der Zellgehalt in der Milch bei kleinen Wiederkäuern von aktuellem Interesse, da die Milchverordnung keine Grenzwerte vorgibt, spezialisierte Produktionsrichtungen jedoch daran ein spezifisches Interesse haben.

Wenn der Zusammenhang zwischen der Zellzahl der Milch und der Melkbarkeit erklärt werden soll, kommt den Zitzen und ihrer Form eine Schlüsselstellung zu. Die Zitzen können hinsichtlich ihrer Funktionen beim Melken als Orte der Melkmaschinenhaftung, als Milchauslassventile und als Barrieren gegen Euterinfektionen charakterisiert werden (HAMANN und MEIN, 1995). Während der Zwischenmelkzeit bewirkt der Schließmuskel den festen Verschluss des Strichkanales. Die Form und die Weite des Strichkanales nehmen Einfluss auf den Verlauf der Milchabgabe während des Melkens. Die Untersuchung melkbedingter Veränderungen an den Zitzen dient dem Studium von Wirkungen des maschinellen Milchentzuges auf diese Funktionen, wobei die Abwehrvorgänge gegen Euterinfektionen, die im Bereich der Zitzenspitzen angesiedelt sind, von besonderem Interesse sind.

Nach WORSTORFF (1993) sind Milchflusskurven seit dem Ende der 60er Jahre zum zentralen Instrument melktechnischer Forschung geworden. Mit dem Milchmengenmessgerät „LactoCorder“ ist es möglich, ohne großen zeitlichen Aufwand den Milchfluss in Form von Kurvenverläufen zu erfassen (GÖFT, 1992). Eine solche Darstellung bietet die Möglichkeit, über die bisher bekannten Kennwerte der Melkbarkeit hinaus, differenziert die Phasen der Milchabgabe zu beschreiben und durch Parameter wiederzugeben. Da die Euterviertel als selbstständige Einheiten der Milchbildung und der Milchabgabe angesehen werden können, ist ein spezifischer Verlauf der Milchabgabe aus jedem dieser Viertel zu erwarten. Die Variabilität der Kurvenmerkmale des Gesamtgemelkes resultiert letztlich aus der Variabilität von Merkmalen der Viertelgemelkskurven. Werden diese einzelnen Viertelmilchflusskurven erfasst und zueinander ins Verhältnis gesetzt, ist eine, gegenüber der Angabe „Dauer der Abstiegsphase“ beim Gesamtgemelk, differenziertere Aussage zur Belastung durch Blindmelkzeiten möglich. Als Bewertungsmaßstab wurde die Differenz der Euterviertel mit maximaler und minimaler Dauer der Hauptmelkphase jeweils eines Euters ermittelt. Der Mittelwert betrug 2,4 ± 1,4 Minuten und kann als mittlere Blindmelkzeit für die Zitze mit der kürzesten Melkzeit innerhalb eines Gemelkes aus vier Vierteln angesehen werden (NAUMANN und FAHR, 2000). Abbildung 2 zeigt im Modell, wie sich die Unterschiede im Merkmal Abstiegsdauer in Milchflusskurven von Gesamtgemelken aus solchen Differenzen erklären lassen. Die Frage ist, inwieweit dabei Form und Gestaltung der Zitzenspitze eine Rolle spielen, da diese in Form einer Zitzenbelastung durch unterschiedliche Blindmelkzeiten beeinflusst werden und daraus Abwehrreaktionen in Form erhöhter Zellzahlen im Gemelk resultieren. Zwischen Merkmalen der Zitzenform und dem höchsten Milchfluss bzw. dem durchschnittlichen Minutengemelk wurden negative Korrelationskoeffizienten ermittelt. Diese erreichen Werte für die Beziehung zwischen dem höchsten Milchfluss und der Strichkanallänge von $r=-0,23$, der Wandstärke an der Fürstenbergschen Rosette von $r=-0,48$ ($p<0,001$) sowie der Zitzengewebefläche von $r=-0,38$ ($p<0,003$). Stark verdickte Zitzen und geringere Milchflüsse stehen offenbar im Zusammenhang. Im Untersuchungsmaterial zeichneten sich die Euterviertel mit einem Strichkanal vor dem Melken von 10,5 bis 12,5 mm durch die

beste Eutergesundheit aus. In den Gruppen, in denen Euterviertel mit kurzen bzw. langen Strichkanälen vertreten waren, stieg der logarithmierte Zellgehalt der Milch und die elektrische Leitfähigkeit aus dem Vorgemelk, während der Milchzuckergehalt abnahm (Abb. 3). Die Beziehungen zwischen Zitzenreaktion und Zellgehalt des Gemelks konnten auch an Ziegen nachgewiesen werden (FAHR u. a., 2001). Am Schaf und an der Ziege fanden sich eindeutige Beziehungen zwischen Euterformmerkmalen und dem Zellgehalt in der Milch, wobei allerdings die Besonderheiten der Euter kleiner Wiederkäuer die Vergleichsmöglichkeiten mit dem Rind einschränken.
Für die züchterische Einflussnahme auf die Eutergesundheit ist die Zellzahl gegenwärtig das Merkmal der Wahl. Die Heritabilität der Zellzahl liegt jedoch in einem niedrigen Bereich von 0,09 bis 0,19. Sie hat vor allem den Vorteil, dass subklinische Mastitiden erfasst werden. Da die Beziehung zwischen Mastitisrate und dem Gehalt an somatischen Zellen im Bereich von r=0,6 liegt, sind die dabei nur eingeschränkt zu erwartenden Selektionserfolge durch Einbeziehung weiterer Merkmale in einen Index zu verbessern. Der Vorschlag von SCHUKKEN u.a. (1997), die Melkbarkeit und Euterformmerkmale gemeinsam mit somatischer Zellzahl und dokumentierten Eutererkrankungen zu berücksichtigen, wird durch die oben beschriebenen Zusammenhänge bekräftigt.



Differenzen der Melkzeiten zwischen Viertel

Morphologische Eigenschaften der Zitze

Abb. 2: Wechselbeziehungen zwischen dem Gehalt an somatischen Zellen und Merkmalen der Milchabgabe und morphologischen Merkmalen der Zitze (Relations between the content of somatic cells and traits of the milking and morphological traits of teats)

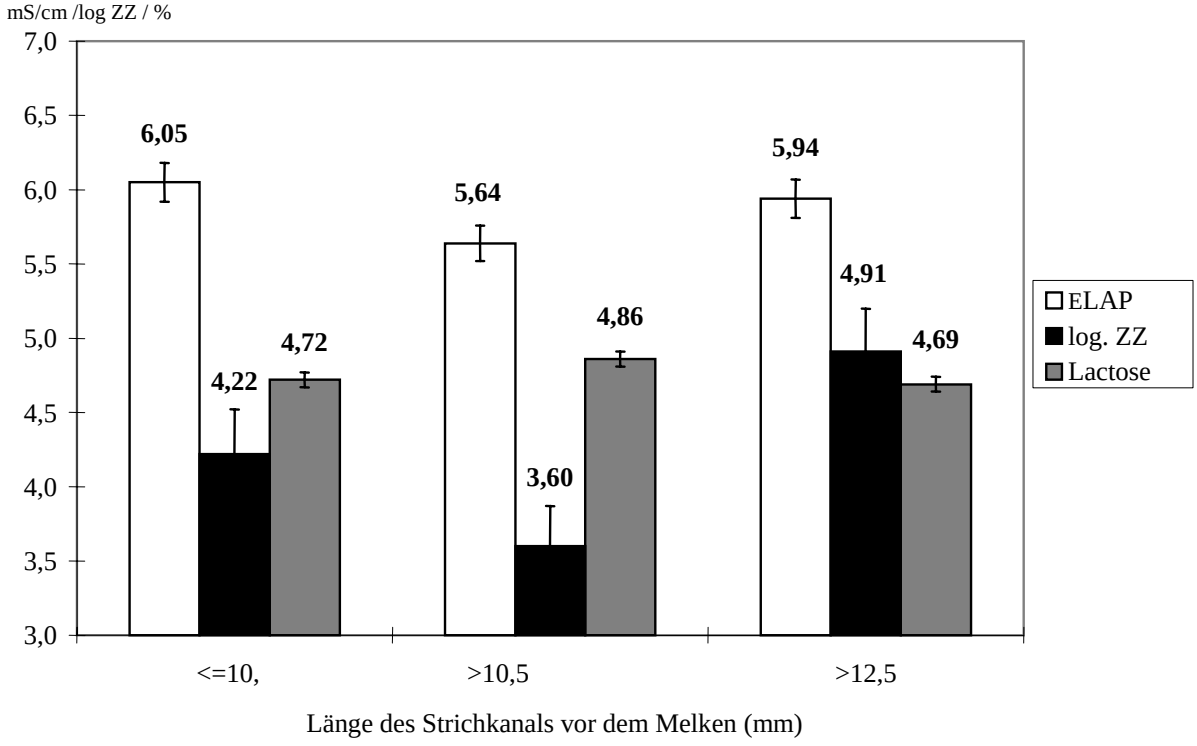


Abb.3.: LS-Means für Leitfähigkeit, Lactose- und Zellgehalte bei unterschiedlichen Strichkanallängen (LS-means of electrical conductivity, content of lactose and cells in different length of teat canal)

Milch mit speziellen Eigenschaften

Milch mit speziellen Eigenschaften zu erzeugen, wird seit langem angestrebt. Solche Milchen würden sich für spezielle Verarbeitungslinien eignen und bilden die Basis für verbraucher- bzw. produktorientierte Qualitätsketten, die bereits beim Erzeuger beginnen. BOLAND u.a. (2001) haben in jüngster Zeit die Möglichkeiten und auch zukünftigen Entwicklungslinien für solche Rohmilchen zusammengestellt, die von ihnen als „Designer-Milch“ bezeichnet wird. Diese Bezeichnung schließt verbesserte Gebrauchswerteigenschaften von Rohmilch ein, die auf verschiedenen Wegen erreicht werden können und verschiedene Zielsetzungen haben. Die Begründung zur Erzeugung ist darin zu suchen, dass nur solche Produkte konkurrenzfähig sein werden, deren Wert durch die besonderen Eigenschaften der Milch selbst geprägt wird. So können traditionelle Produkte in ihrer Wertigkeit den Verbraucherwünschen angepasst werden. Eine ganze Reihe von Inhaltsstoffen der Milch bieten die Möglichkeit, gesundheitsfördernd oder heilend eingesetzt zu werden. Auf der Ebene der Milcherzeugung können verschiedene Wege zu Erzeugung von solcher Milch mit speziellen Eigenschaften eingeschlagen werden, so durch genetische (einschließlich der bekannten populationsgenetischen Maßnahmen, der markergestützten Selektion und gentechnischer Veränderungen beim Milchvieh), Haltungs- und Fütterungsmaßnahmen. In Tabelle 2 sind Maßnahmen aufgeführt, die die Milch für besondere Verwendungszwecke geeignet machen.

Tabelle 2
Maßnahmen im Bereich der Milcherzeugung zur Bereitstellung von Rohmilch mit speziellen Eigenschaften (Measures for supply of raw milk with special characteristics)

Rohmilch	Maßnahmen in der Milcherzeugung
geeignet als: **haltbare, fettreduzierte Milch**	• züchterische Reduzierung des Fettgehaltes • Erweiterung Eiweiß:Fett–Verhältnis • natürliche Konservierungsmittel anreichern (Lactoferrin, Lactoperoxidase, Lysozym)
geeignet für: **Verarbeitung und Produkte**	• Erhöhung und züchterische Beeinflussung Casein% • Selektion auf β-Lactoglobulin BB-Einfluss auf Verarbeitungseignung • Selektion genetischer Varianten der Proteine für spezielle Verarbeitung • Veränderung des Fettsäuremusters
geeignet als: **Immunmilch**	• Steigerung des Serumglobulingehalts
geeignet als: **Bioaktive Milch**	• Erhöhung des Anteils c9-t11 Fettsäuren durch Fütterung, Pansenflora, Züchtung
geeignet als: **Humanisierte Milch**	• Suppression der ß-Lactoglobulinsynthese • Überführung bovines Casein zu Humansequenzen • Steigerung von Lactoferrin • Einführung von Lysozym • Erzeugung von Oligosacchariden • Einführung von Palmitinsäure in Triglyceride

Viele Wege zur Erzeugung solcher speziellen Milchen sind bekannt; ihre Durchsetzung ist vor allem durch die Marktbedingungen, aber auch durch organisatorische Bedingungen stark eingeschränkt. So ist die Veränderung des Verhältnisses der prozentualen Gehalte an Milchfett und Milcheiweiß in der Milch eine bereits Züchtergenerationen bewegende Frage und hat unter dem Aspekt einer wachsenden Nachfrage nach Milcheiweiß und einer verringerten nach Fett weiterhin Bedeutung. Auch wenn im Relativzuchtwert-Milch des Deutschen Holstein Verbandes die Wichtungsfaktoren in Richtung einer Stabilisierung der Milchinhaltsstoffe ausgerichtet wurden, betont der verwendete Index die Mengenmerkmale zugunsten der Verbesserung der Eiweißmenge, um den betriebswirtschaftlichen Aspekten Rechnung zu tragen. Geringere Inhaltsstoffkonzentrationen der Milch in der Folge haben Nachteile bezüglich der Transportkosten sowie der Be- und Verarbeitungseigenschaften und sind sicher auch mit negativen ernährungsökonomischen Konsequenzen verbunden. VOS und GROEN (1998) konnten nachweisen, dass eine Selektion auf das Fett-Eiweiß-Verhältnis durchaus möglich ist, die Veränderungen aber nahezu ausschließlich aus einer Verringerung des prozentualen Fettgehaltes resultieren (Tab. 3). Der prozentuale Eiweißgehalt bleibt in den beiden divergent selektierten Linien nahezu gleich.
Die in der Milch enthaltenen Minorproteine wie Lactoferrin oder Lactoperoxidase bilden natürliche, in der Milch vorkommende Konservierungstoffe, deren Nutzung zukünftig eine Rolle spielen könnte. Die möglichen Konsequenzen einer bevorzugten Nutzung von spezifischen Genotypen von Milchproteinfraktionen für die Verbesserung bestimmter Verarbeitungseigenschaften ist seit langen bekannt und wird, wenn auch in geringem Maßstab, angewendet. Die genetischen Varianten des β–Lactoglobulin beeinflussen die Hitzeempfindlichkeit der Milch und können somit

vor allem bei der Erzeugung von UHT–Milch durch Bevorzugung des Genotyps BB eine bessere Verarbeitungsqualität herbeiführen. Varianten des κ-Casein nehmen unterschiedlichen Einfluss auf wichtige verarbeitungstechnologische Faktoren, die vor allem in der Käserei eine wichtige Rolle spielen. Nach PABST und GRAVERT (1996) führt das Vorkommen von κ-Casein B-Allelen zu kleineren und gleichmäßig in der Milch verteilten Caseinmicellen. A-Allele bewirken mehr große und ungleichmäßig verteilte Caseinmicellen. Aufgrund der größeren Oberfläche kann an den kleineren Micellen des κ-Casein B das Lab schneller seine Wirkung erzielen.

Tabelle 3
Schätzungen des Effektes einer Selektion auf Eiweiß-Fett-Verhältnis (VOS und GROEN, 1998) (Estimated effects of selection on protein-fat-ratio; VOS and GROEN, 1998)

Merkmal	Generation 1		Generation 2		Generation 3	
	niedrig	hoch	niedrig	hoch	niedrig	Hoch
Milch kg	0	+39	+349	+446	+744	+597
Fett %	0	-0.24	+0.04	-0.40	+0.07	-0.57
Eiweiß %	0	+0.04	-0.01	+0.01	-0.01	+0.00
Fett kg	0	-12	+19	-3	+40	-9
Eiweiß kg	0	+4	+12	+17	+24	+22
Eiweiß/Fett	**0**	**+0.054**	**-0.011**	**+0.077**	**-0.016**	**+0.110**

In einer Untersuchung mit 40 Kühen aus einem Bestand waren die Mittelwerte der Gerinnungszeit, Verfestigungszeit und Dicklegungszeit für die BB-Genotypen stets signifikant geringer gegenüber AA, während sich AB intermediär verhielt. Die BB Genotypen hatten signifikant eine um nahezu 30 % höhere Gallertenfestigkeit gegenüber AA (FAHR und LENGERKEN, 1997). Jeweils zugunsten der Variante κ–Casein BB geben ERHARDT (1996) Kostenreduzierungen um 0,39 DM je kg Käse und PABST und GRAVERT (1996) einen Vorteil von 0,76 DM je kg Kesselmilch an. SCHÖNE u.a. (2000) haben in Thüringen ein Produktkonzept umgesetzt, das zum Ziel hatte, durch rapsölhaltiges Futter für Milchkühe Butter in ihrer Zusammensetzung zu verbessern. Sowohl im Milchfett als auch in der Butter erhöhte eine Rapsölanwendung die Konzentration der Ölsäure um 7 bis 8 Prozentpunkte zu Lasten der gesättigten Fettsäuren. Diese Veränderungen der Fettsäuren gehen mit einer gesichert verringerten (verbesserten) Schnittfestigkeit der Butter einher. Der Milcherzeuger erhält seine zusätzlichen Aufwendungen für das verwendete Futterfett über den höheren Preis für die Anlieferungsmilch vergütet, wenn eine möglichst hohe Fettsäurenverschiebung von den gesättigten Fettsäuren zur Ölsäure nachgewiesen ist.
So genannte „functional food“ bieten zusätzliche physiologische oder gesundheitliche Vorteile. In Abhängigkeit vom Fasergehalt des Futters, von der Fettsäurezufuhr und pansenphysiologischen Kennwerten kommen natürliche CLA als Linolsäurederivate mit Doppelbindung (c18:1; vor allem cis9-trans11) in der Milch von Wiederkäuern vor und können somit in ihren Gehaltswerten beeinflusst werden (BEAULIEU, 2000). Milch stellt die Hauptquelle für CLA in der menschlichen Ernährung dar und spezifische Produkte könnten entsprechend der damit verbundenen anticancerogenen Wirkung ausgelobt werden.
Milch ist von Natur aus für die Ernährung der Neugeborenen der jeweiligen Art bestimmt und zeichnet sich demzufolge durch eine spezifische, alters- und artbegrenzt optimale Zusammensetzung aus. Mit einer humanisierten, d. h. den menschlichen Ansprüchen angepasste Milch könnten Unverträglichkeiten abgebaut oder der Mutter-

milch adäquate Stoffe angereichert werden. Dabei werden in Zukunft vor allem gentechnische Verfahren eine Rolle spielen.

Literatur

BEAULIEU, A.D.:
Grazing and CLA in milk and meat. What is CLA and why do we care? Great Lakes International Grazing Conference 2000, Shipshewana, Indiana, http://www.msue.msu.edu/jackson/GLGC.htm

BOLAND, M.; MACGIBBON A.; HILL, J.:
Designer milks for the new millennium. Livest. Prod. Sci. **72** (2001) 1-2, 99-109

ERHARDT, G.:
Möglichkeiten der Züchtung auf Eiweiß hinsichtlich Zusammensetzung und Eigenschaften von Milchproteinen. In: Milchinhaltsstoffe und Milchqualität. DGfZ-Schriftenreihe, Heft 6 (1996), 147-155

FAHR, R.-D.; LENGERKEN, G. v.:
Einflussfaktoren auf die Käsereitauglichkeit der Rohmilch. REKASAN-Journal **4** (1997) 7/8, 74-75

FAHR, R.-D.; SCHULZ, J.; ROSNER, F.**:**
Melkbedingte Veränderungen an der Zitzenspitze der Ziege. Tierärztliche Praxis **29** (2001), 151-156

GÖFT, H.:
Neue Geräte bringen mehr Informationen über die Melkbarkeit von Kühen. Der Tierzüchter (1992) 7, 38-41

HAMANN, J.; MEIN, G.A.:
Dynamic Tests for Reactions of the Teat. Proc. III. IDF International Mastitis Seminar, Tel-Aviv, Israel 28 May – 1 June 1995, Part II, Session II, 35-40

NAUMANN, I.; FAHR R.-D.:
Untersuchungen zum Milchfluss aus Eutervierteln. Arch. Tierz., Dummerstorf **43** (2000) 5, 431-440

PABST, K.; GRAVERT, H.O.:
Bedeutung von Milchproteinvarianten - insbesondere von Kappa-Casein - für die Käsereipraxis. In: Kolloqium "Milchprotein und Proteinansatz", Graal-Müritz, 1996, 15-19

POLITIS, I.; NG-KWAI-HANG, K.F.:
Association between somatic cell count of milk and cheeseyielding capacity. Journal of Dairy Science **71** (1988), 1720-1727

SCHÖNE, F.; HUMMERT, K.; HARTUNG, H.; MEIXNER, B.; KIRCHHEIM, U.; KINAST, C.; GREILING, A.; BREITSCHUH, G.:
Qualitätskette zur Erzeugung eines ernährungsphysiologisch hochwertigen Milchfettes und der entsprechenden Butter. Züchtungskunde **72** (2000): 359-370

SCHUKKEN; Y. H.; T. LAM.; H: BARKEMA:
Biological basis for Selektion on Udder Traits. Int. Bull.Evaluation Sci., Uppsala, 1997, 27-33

VOS, H.; GROEN, A.F.:
Altering milk protein fat ratio: results of a selection experimental in dairy cattle. Livest. Prod. Sci, **53** (1998), 49-55

WORSTORFF, H.:
Milchflusskurven als Basis der Erzeugerberatung zur Qualitätssicherung. dmz Lebensmittelindustrie und Milchwirtschaft **45** (1993), 1328-1333

Anschrift des Verfassers
Prof. Dr. ROLF-DIETER FAHR
Institut für Tierzucht und Tierhaltung mit Tierklinik
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Adam-Kuckhoff-Str. 35
D-06108 Halle (Saale)

E-Mail: fahr@landw.uni-halle.de

Arch. Tierz., Dummerstorf **45** (2002) Sonderheft, 60-67

Aus der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Tierzucht, Fischerei und Grünland, Köllitsch

UWE BERGFELD und MICHAEL KLUNKER

Bedeutung funktionaler Merkmale in der Rinderzucht und Möglichkeiten für deren züchterische Verbesserung

Summary

Title of the paper: **Importance of functional traits in cattle breeding and possibilities to improve by breeding**

Because of the high performances in dairy cattle breeding functional traits earn more importance in future. Negative trends in functional traits are the result of antagonisms to milk traits. Different examples are presented to explain this development. The traditional performance testing for the whole population delivers reliable results only for milk traits. For functional traits further forms of performance testing are necessary in order to get reliable results. For functional traits testing systems in test stations for bull dams, in test stations for young bulls and in special farms to test bull daughters are necessary. Special projects for such testing systems belonging to the saxonian breeding program are presented.

Key Words: dairy cattle breeding, trait antagonisms, performance testing, functional traits, test herds

Zusammenfassung

Angesichts der hohen Leistungssteigerungen in der Milchrindzucht gewinnen funktionale Merkmale zunehmend an Bedeutung. Durch die teilweise vorhandenen Merkmalsantagonismen zwischen Milchleistungsmerkmalen und funktionalen Merkmalen sind negative Trends festzustellen. Dies wird mit Beispielen zur Leistungsentwicklung in der sächsischen Milchrindpopulation belegt. Die etablierte flächendeckende Leistungsprüfung liefert nur für die Milchleistungsmerkmale zuverlässige Prüfergebnisse. Für funktionale Merkmale sind zusätzliche Leistungsprüfungen erforderlich, um die notwendigen Merkmale überhaupt bzw. mit der erforderlichen Genauigkeit zu erfassen. Für funktionale Merkmale sind Prüfsysteme in Bullenmütterprüfstationen, Eigenleistungsprüfstationen für Jungbullen sowie in vertraglich gebundenen Praxisbetrieben (Testherden für Prüftöchter) erforderlich. Über Vorhaben im sächsischen Zuchtprogramm wird berichtet.

Schlüsselwörter: Milchrindzucht, Merkmalsantagonismen, Leistungsprüfung, funktionale Merkmale, Testherden

1. Einleitung

Die in den entwickelten Ländern weltweit zu verzeichnende Spezialisierung der Rinderzucht auf die Nutzungsrichtungen Milch und Fleisch hat eine enorme Entwicklung in den Leistungen mit sich gebracht. Tabelle 1 zeigt beispielhaft die Entwicklung der Milchleistungsmerkmale in der Rinderpopulation im Freistaat Sachsen.

Wirtschaftliche Milchproduktion erfordert ein Leistungsniveau, das sich in physiologischen Grenzbereichen bewegt und hohe Anforderungen an Fütterung und Haltung stellt. Ertragsrelevant ist jedoch nicht nur das Leistungsniveau, sondern auch noch weitere Merkmale, die in erster Linie kostenrelevant und dem Komplex der funktionalen Merkmale zuzuordnen sind (Abb. 1). Im Gegensatz zu den positiven phänotypischen Entwicklungen bei den Milchleistungsmerkmalen sind bei diesen Merkmalen zum Teil deutliche negative Tendenzen zu verzeichnen, wie den

Abbildungen 2 bis 5 zu entnehmen ist. Ursache sind die bestehenden ungünstigen genetischen Beziehungen zwischen den Produktionsmerkmalen und einigen funktionalen Merkmalen, wie sie bereits umfangreich nachgewiesen wurden (z.B. MÄNTHYSAARI und GRÖHN, 1991; URIBE et al., 1995; VAN DORP et al., 1998; LUND et al., 1999). Eine stärkere Berücksichtigung funktionaler Merkmale in den Zuchtzielen setzt jedoch eine ausreichende nutzbare genetische Variation voraus. Diese ist bei den meisten funktionalen Merkmalen trotz geringer Heritabilität gegeben (PHILIPSSON, 2000).

Tabelle 1
Entwicklung der Milchleistung im Freistaat Sachsen (Development of milk performances in Saxonia) – nach LKV Sachsen (1991 bis 2001)

Jahr	Milch-kg	Fett-%	Fett-kg	Eiweiß-%	Eiweiß-kg	FEK
1991	4710	4,39	207	-	-	-
1992	5013	4,47	217	3,35	172	389
1993	5414	4,49	243	3,47	188	431
1994	5472	4,48	245	3,47	190	435
1995	5730	4,49	257	3,49	200	457
1996	5902	4,44	262	3,49	206	468
1997	6069	4,38	267	3,44	210	477
1998	6562	4,36	286	3,47	228	514
1999	6914	4,34	300	3,49	241	541
2000	7387	4,30	318	3,46	256	574
2001	7629	4,26	325	3,47	265	590

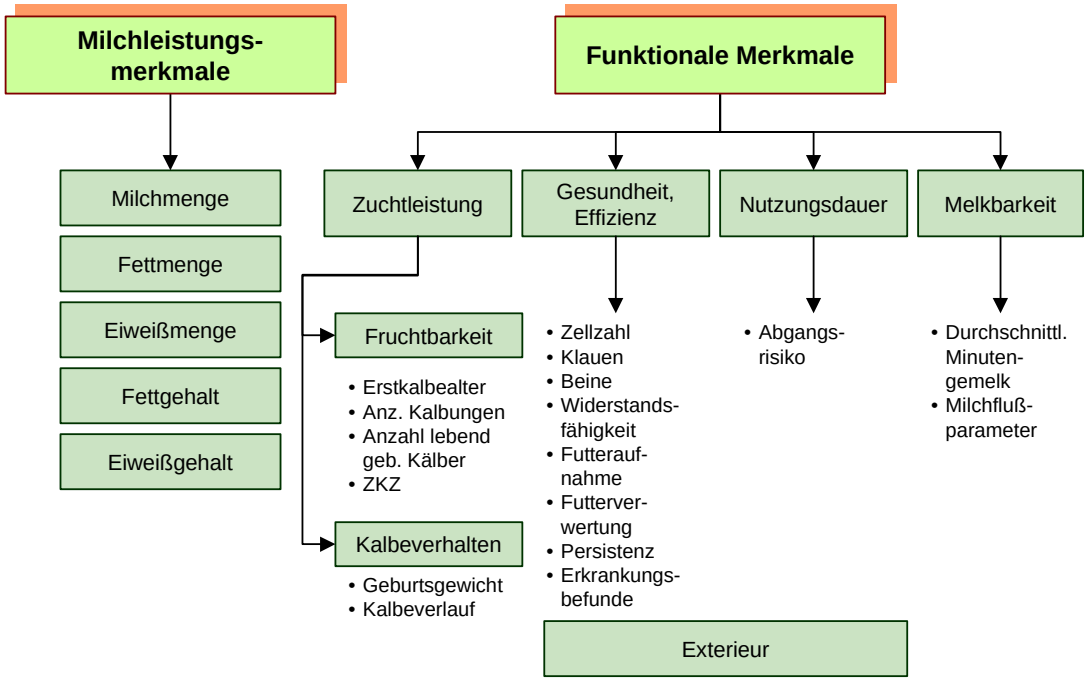


Abb. 1: Merkmale in der Milchrindzucht (Traits in dairy cattle breeding)

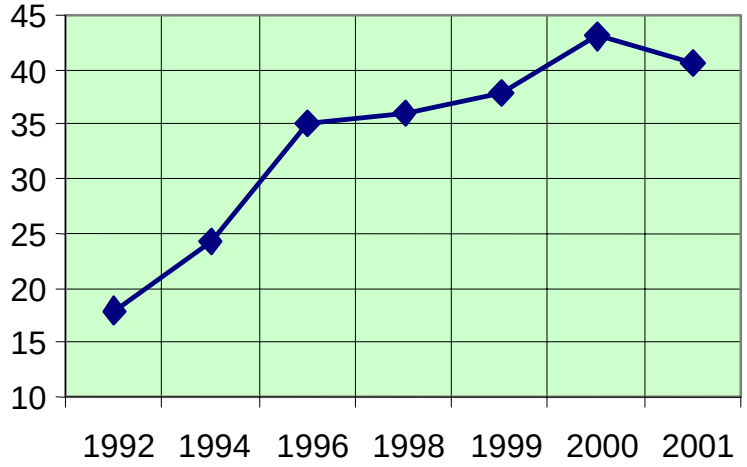


Abb. 2: Entwicklung der Reproduktionsrate in % in Sachsen von 1992 bis 2001 (Development of reproduction rate in Saxonia) - nach LKV Sachsen (1992 bis 2001)

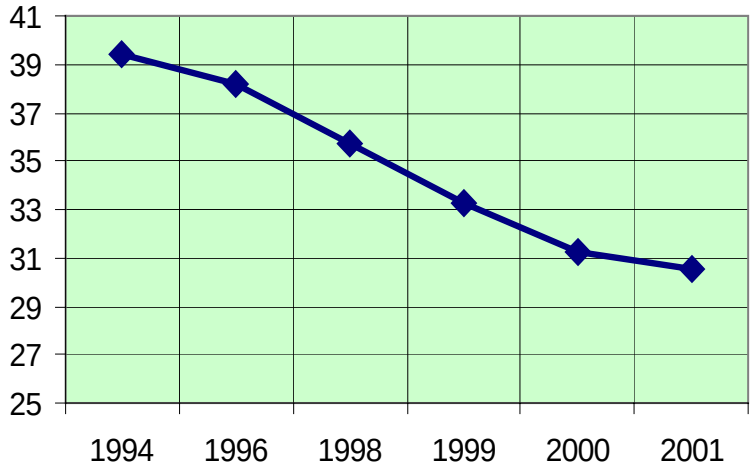


Abb. 3: Entwicklung der Nutzungsdauer in Monaten in Sachsen von 1994 bis 2001 (Development in functional longevity in Saxonia) - nach LKV Sachsen (1994 bis 2001)

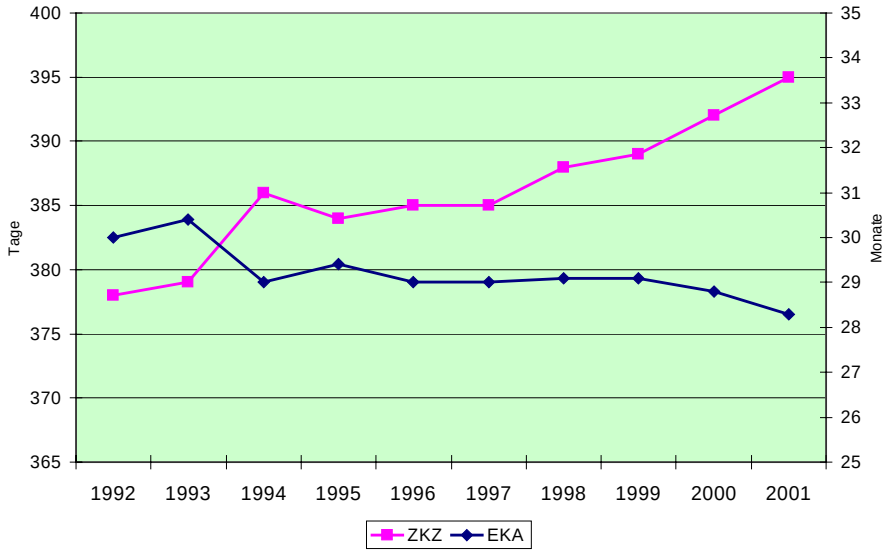


Abb. 4: Entwicklung der Zwischenkalbezeit (ZKZ) und des Erstkalbealters (EKA) in Sachsen von 1992 bis 2001 (Development of time between caving and age at first caving in Saxonia) - nach LKV Sachsen (1992 bis 2001)

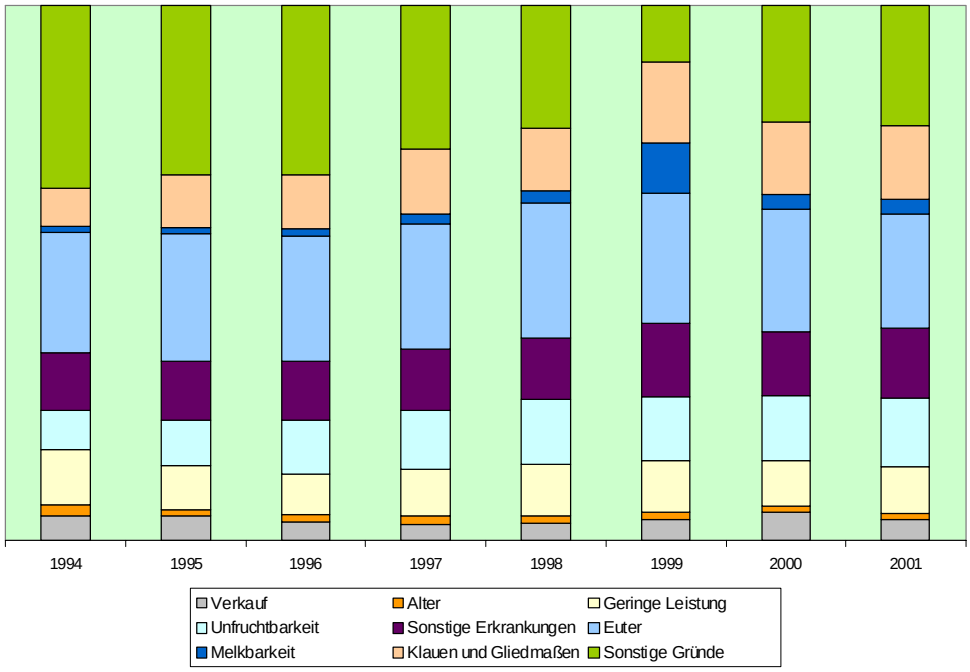


Abb. 5: Entwicklung der Abgangsursachen in Sachsen von 1994 bis 2001 (Development of culling reasons in Saxonia) - nach LKV Sachsen (1994 bis 2001)

2. Berücksichtigung funktionaler Merkmale im Zuchtziel

Die Zuchtzielgestaltung muss auf die zu erwartenden Vermarktungsbedingungen zukünftiger Generationen ausgerichtet sein. Dabei ist eine Reduzierung auf rein wirtschaftliche Optimierungsrechnungen unzureichend. Vielmehr sind die zu erwartenden gesellschaftlichen Bedingungen zu dem Zeitpunkt, zu dem sich der heute produzierte Zuchtfortschritt realisiert, zu berücksichtigen. Ein verantwortungsvoller Umgang mit dem genetischen Potential der Nutztierpopulationen als wichtige gesellschaftliche Ressource erfordert eine ökonomische, ökologische wie auch soziale Betrachtung der Zuchtzielgestaltung im Sinne nachhaltiger Zuchtziele (Abb. 6).

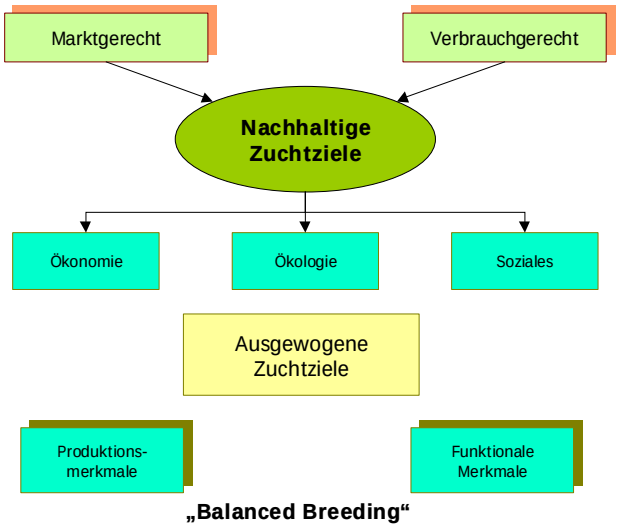


Abb. 6: Nachhaltige Zuchtziele (Sustainable breeding goals)

Diesen Anforderungen werden die international verfolgten Zuchtziele nicht durchgängig gerecht. Eine Zusammenstellung der Wichtung der einzelnen Leistungskomplexe in den Zuchtzielen international führender Zuchtprogramme ist in der Abbildung 7 dargestellt. Der höchste Stellenwert wird den funktionalen Merkmalen bei den hier verglichenen Ländern im dänischen Zuchtprogramm beigemessen.

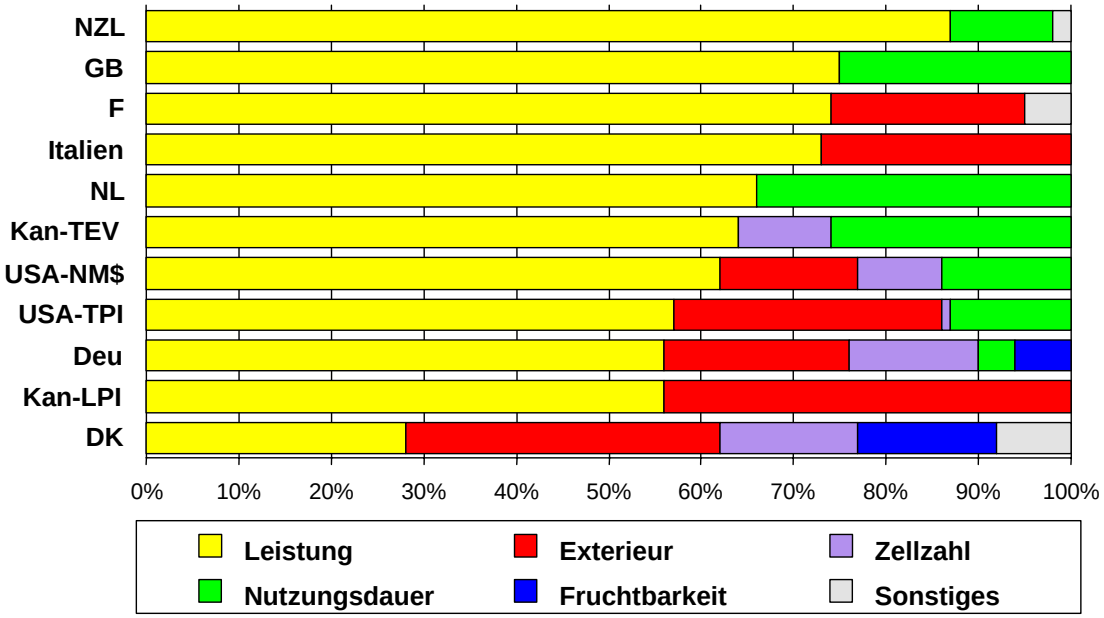


Abb. 7: Wichtung der Leistungskomplexe in den Gesamtzuchtwerten verschiedener Länder (Importance of different traits in total breeding values of different countries) – nach REINHARDT (2001)

Dass derartige Größenordnungen auch unter deutschen Bedingungen relevant sein können, zeigen die Modellrechnungen von WÜNSCH und BERGFELD (2000), die in der Tabelle 2 zusammengefasst sind.

Tabelle 2
Ökonomische Gewichte für Milchleistungs- und funktionale Merkmale (nach WÜNSCH und BERGFELD, 2000) (Economic values for dairy productive traits and functional traits)

Gesamtzuchtwert Merkmale	Einheit	s_A kg	GN[1)] in DM	s_A* GN in DM	s_A* GN in %
Fettmenge	kg	19,7	1,52	29,94	11,8
Eiweißmenge	kg	13,4	6,43	86,16	34,1
Nutzungsdauer	Tage	200	0,39	78,00	30,7
Konzeptionsrate	%	5	1,55	7,75	3,1
Kalbeverlauf	Klasse	0,25	2,82	0,71	0,3
Totgeburtenrate	%	2,5	1,38	3,45	1,4
Persistenz	SKT[2)]	1	11,88	11,88	4,7
Mastitisresistenz	%	1	25,00	25,00	9,9
Melkbarkeit	kg/min	0,2	50	10,00	4,0
Summe				252,89	100,0

[1)] Grenznutzen; [2)] Standardabweichung der Kontrolltage

3. Prüfsysteme für funktionale Merkmale

Über die Landeskontrollverbände ist heute eine weitestgehend flächendeckende Leistungsprüfung für die Milchleistungsmerkmale etabliert. Funktionale Merkmale werden hingegen nur zum Teil sowie mit unzureichender Genauigkeit erfasst. Mit

zunehmender Bedeutung funktionaler Merkmale in den Zuchtprogrammen ergibt sich hieraus ein Defizit. Es macht sich erforderlich, die etablierte Milchleistungsprüfung durch weitere Leistungsprüfungen zu ergänzen (ALPERS, 1996). Aufgrund des hierbei erforderlichen Aufwandes wird dies jedoch nicht flächendeckend möglich sein. Vielmehr gewinnt die Prüfung in Stationen (Bullenmütterprüfstationen, Eigenleistungsprüfstationen für Jungbullen) sowie in vertraglich gebundenen Praxisbetrieben (Testherden für Prüftöchter) an Bedeutung (Abb. 8).

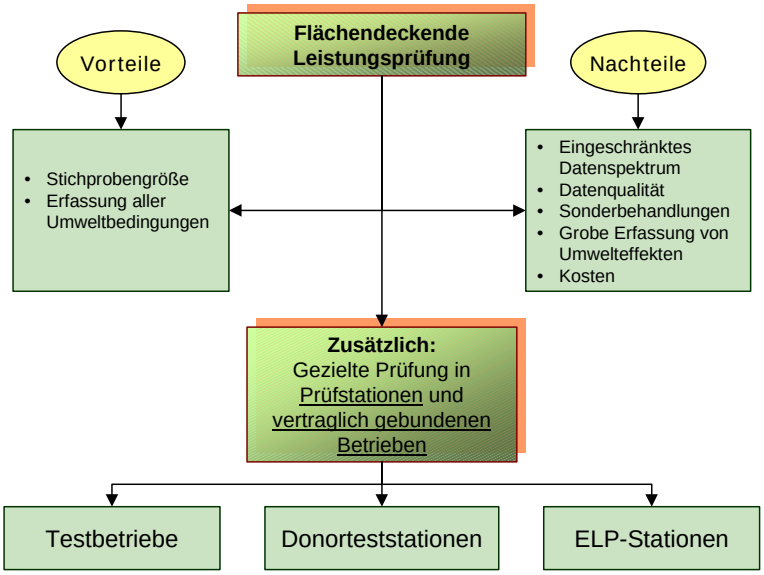


Abb. 8: Leistungprüfung in Testbetrieben und Teststationen in Ergänzung zur flächendeckenden Leistungsprüfung (Performance testing based on the whole population supplemented with testing in special herds and stations)

Für die sächsische Milchrindpopulation wurde ein derartiges Prüfsystem in Testbetrieben und Teststationen konzipiert und befindet sich im Aufbau. Die jeweils erfassten Leistungskomplexe sind in Abbildung 9 dargestellt.

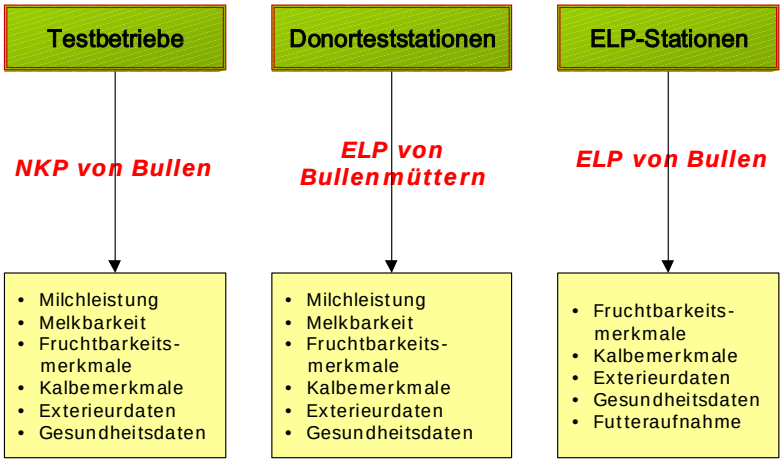


Abb. 9: Leistungsprüfung in Testbetrieben und Teststationen (Performance testing in special herds and stations)

Mit dem Aufbau eines derartigen Prüfsystems in Ergänzung zur weitestgehend flächendeckenden Milchleistungsprüfung werden folgende Ziele verfolgt:
bessere, insbesondere genauere und detailliertere Erfassung funktionaler Merkmale (Gesundheit, Melkbarkeit, Fruchtbarkeit, Kalbeverhalten, u.ä.), Erhöhung der

Genauigkeit der Zuchtwertschätzung (Reduzierung Sonderbehandlungen, bessere Erfassung von Umweltwirkungen, Verbesserung des Prüfplanes), Effizienzsteigerung und Kosteneinsparung beim Testprogramm, weniger Testanpaarungen für spätere Prüftöchter.
Die ausgewählten Testherden mussten Mindestanforderungen an die betriebliche Dokumentation, die technische Ausstattung, das betriebliche Management sowie insbesondere hinsichtlich der Bereitschaft zur Mitwirkung und zusätzlichen Datenerfassung, auch durch den Hoftierarzt erfüllen.

4. Schlussfolgerungen

Das heute erreichte Milchleistungsniveau erfordert eine Milchbildung in physiologischen Grenzbereichen. Trotz verbesserter Haltungs- und Fütterungsbedingungen sind negative Entwicklungen bei der Reproduktionsrate, der Nutzungsdauer sowie dem Gesundheits- und Fortpflanzungsgeschehen zu verzeichnen. Die zukünftige Ausrichtung der Milchrindzucht in den entwickelten Ländern erfordert somit eine stärkere Berücksichtigung funktionaler Merkmale im Sinne nachhaltiger Zuchtziele.
Funktionale Merkmale sind in der Regel Merkmale mit geringer Heritabilität, aber ausreichender genetischer Variabilität. Zudem sind diese Merkmale vorwiegend komplexer Natur. Für eine züchterische Beeinflussung sollte vielmehr an den ursächlichen Merkmalen angesetzt werden.
Eine Leistungsprüfung auf funktionale Merkmale setzt eine besonders exakte und zum Teil aufwendige Erfassung voraus. Dies ist im Rahmen von flächenhaft organisierten Leistungsprüfungen, wie beispielsweise der Milchleistungsprüfung, technisch und finanziell nicht realisierbar. Für eine stärkere Berücksichtigung funktionaler Merkmale in den Zuchtprogrammen gewinnt somit die Prüfung in Stationen (Bullenmütterprüfstationen, Eigenleistungsprüfstationen für Jungbullen) sowie in vertraglich gebundenen Praxisbetrieben (Testherden für Prüftöchter) an Bedeutung.
Im sächsischen Milchrindzuchtprogramm wird derzeit ein solches Prüfsystem mit Testbetrieben sowie Bullenmütter- und Jungbullenprüfung auf Station aufgebaut und erprobt.

Literatur

ALPERS, C.:
Testherdenprogramme und Bullenmütterprüfungen als Möglichkeiten zur Intensivierung von Besamungszuchtprogrammen beim Milchrind. Diplomarbeit, Göttingen, 1996

LKV SACHSEN
Jahresberichte des LKV Sachsen, Lichtenwalde (1991 bis 2001)

LUND, M. S.; JENSEN, J.; PETERSEN, P. H.:
Estimation of genetic and phenotypic parameters for clinical mastitis, somatic cell production deviance and protein yield in dairy cattle using Gibbs Sampling. Journal of Dairy Science **82** (1999), 1045 - 1051

MÄNTYSAARI, E. A.; GRÖHN, J. T.:
Clinical ketosis: phenotypic and genetic correlations between occurrences and with milk yield. Journal of Dairy Science 74 (1991), 3985 - 3993

PHILIPSSON, J.:
Strategien zur Verminderung von Kälberverlusten (Totgeburten). Züchtungskunde **72** (2000), 440 – 449

REINHARDT, F.:
Stand und Grundlagen aktueller Zuchtwertschätzverfahren in der Milchrinderzucht. Vortrag Köllitsch 31.1.2001

URIBE, H. A.; KENNEDY, B. W.; MARTIN, S. W.; KELTON, D. F.:
Genetic parameters for common health disorders of Holstein cows. Journal of Dairy Science **78** (1995), 421 – 430

VAN DORP, T. E.; DEKKERS, J. C. M.; MARTIN, S. W.; NOORDHUIZEN, J. P. T. M.:
Genetic parameters of health disorders, and relationsships with 305-day milk yield and conformation traits of registered Holstein cows. Journal of Dairy Science **81** (1998), 2264 - 2270

WÜNSCH, U.; BERGFELD, U.:
Berechnung wirtschaftlicher Gewichte für ökonomisch wichtige Leistungsmerkmale in der Milchrindzucht. Züchtungskunde **73** (2000), 3 – 11

Anschrift der Verfasser
Dr. UWE BERGFELD, Dr. MICHAEL KLUNKER
Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
Am Park 3
D-04886 Köllitsch

Arch. Tierz., Dummerstorf **45** (2002) Sonderheft, 68-79

Aus dem Institut für Tierzucht und Tierhaltung mit Tierklinik der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg[1] und der Gesellschaft der Freunde der Landwirtschaftlichen Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg e.V.[2]

GERHARD von LENGERKEN[1] und HANS-JOACHIM SCHWARK[2]

Exterieur und Leistungen in der Pferdezucht - Alleskönner oder Spezialisten

Summary

Title of the paper: **Type and performance in horse breeding – allrounder or specialists**

Recent developments in riding horse breeding resulted in increased performances in riding competitions. Basis and impact of this development are described. Basing on published and own results the linear description as the method for the evaluation of the conformation is discussed with respect to objectifying of this important selection complex. We describe the continuous application of the linear description from foal inspection over studbook inspection and stallion evaluation, respectively to estimation of breeding values. The relationship between different traits evaluated at studbook inspection and mare performance, respectively was investigated on the basis of data from the 2001 Hanoverian Stallion Yearbook and performance test results for Trakehner horses (1995-1997). Our results demonstrate a negative correlation between dressage and jumping performance. Stallions with top performance in dressage in most cases exert a negative influence on jumping performance of their offspring whereas riding horse points as well as legs are improved in the offspring. On the contrary, stallions with top performance in jumping influence all investigated traits in the offspring in a positive manner. We conclude that jumping performance has to be considered as a complex, positive selection trait in riding horse breeding.

Key Words: linear description, estimation of breeding value, performance test, artificial insemination, dressage, jumping, type, riding horse points, conformation

Zusammenfassung

In den zurückliegenden Jahren haben sich in der Reitpferdezucht wesentliche Entwicklungen vollzogen, die zu einem hohen reitturniersportlichen Leistungsstand führten. Ursache und Wirkung dieser Entwicklung werden aufgezeigt. Anhand von Literatur- und Untersuchungsergebnissen wird dargestellt, inwieweit die lineare Beschreibung als Verfahren der Exterieurbewertung Voraussetzungen zur Objektivierung dieses für die Pferdezucht relevanten Selektionskomplexes, mit dem Ziel der Einführung computergerechter Zuchtwertschätzverfahren schafft. Die Möglichkeit der durchgängigen Anwendung von der Fohlenbonitur bis zur Körung bzw. Stutbuchaufnahme und Zuchtwertschätzung wird aufgezeigt. Auf der Grundlage der Daten des Hannoverschen Hengstbuches 2001 und den Leistungsprüfergebnissen Trakehner Hengste der Geburtsjahrgänge 1995 bis 1997 wurden die Beziehungen zwischen verschiedenen Merkmalen insbesondere aus der Stutbuchaufnahme und Stutenleistungsprüfung ermittelt. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass Dressur- und Springleistung negativ miteinander korreliert sind. Top-Hengste der Dressur wirken meist negativ auf die Springleistung der Nachkommen, Reitpferdepointes und Fundament werden hingegen verbessert. Andererseits sind Top-Hengste in der Springleistung in der Lage, alle anderen in das Untersuchungsspektrum einbezogenen Merkmale positiv zu beeinflussen. Auch bei der Stichprobe der Trakehner Hengste zeigte sich eine gesichert negative Beziehung zwischen der Dressur- und der Springleistung. Auf die Zweckmäßigkeit, die Springleistung als ein mehrschichtig positives Selektionsmerkmal in der Reitpferdezucht zu nutzen, wird hingewiesen.

Schlüsselwörter: Rassezucht, Künstliche Besamung, Leistungsprüfung, Zuchtwertschätzung, Vorselektion, Fohlenbonitur, Exterieurbewertung, Merkmalskorrelationen, Dressur, Springen, Typ, Reitpferdepointes, Vielseitigkeit, Nucleuszucht

Einleitung

In den zurückliegenden Jahren haben sich in der Reitpferdezucht wesentliche Entwicklungen vollzogen. In komplexer Wirkung von Züchtung, Ausbildung, trainings-

bezogenem Management von Reitern und Pferden sowie der gezielten, leistungssport-orientierten Ernährung und Fütterung letztgenannter, hat sich ein hoher reitturniersportlicher Leistungsstand entwickelt. Dieser, eingeschlossen der bemerkenswerten Leistungsdichte, wirft u. a. die Frage auf, welche Reserven auf dem Gebiet der Züchtung bestehen und durch welche Maßnahmen züchtungsmethodischer Art, weitere, messbare Fortschritte, sowohl in der leistungsfördernden, exterieuren Qualität als auch in der reitturniersportlichen Leistungsfähigkeit erreicht werden können.
Um weiterführenden Entwicklungsmöglichkeiten eine reale Bezugsbasis zu geben, soll zunächst aufgezeigt werden, in welchen Prozessen des bisherigen und gegenwärtigen züchterischen Handelns Ursache und Wirkung zu sehen sind, die zum vorliegenden Leistungsstand in ihren entscheidenden Anteilen geführt haben. Zweifellos tragen sie auch die Potenz für weitere Zuchtfortschritte in sich. Hierzu gehören:

- Die Aufgabe der über lange Zeiträume geübten Respektierung des Verpaarungsgebotes von Hengsten und Stuten des gleichen Zuchtbuches bzw. gleicher genealogischer Formationen, d. h. „Aufgabe der Rassezugehörigkeit“, und die damit verbundene Anerkennung genetisch fremder Herkünfte der nationalen und internationalen Reitpferdezucht im eigenen Züchtungsprozess. Damit existiert eine „Merkmalspopulation“ bislang ungekannten Ausmaßes, mit zugleich allerbesten Voraussetzungen auf Länder- oder auch überregionaler Zuchtverbandsebene, wie auch züchterisch individuell, hochgradig differenziert, den speziellen Zielsetzungen entsprechend zu agieren.
- Die bahnbrechende Entwicklung der Künstlichen Besamung (KB) mit dem Resultat, dass in der BRD im letzten Zuchtjahr (2001) 75,89 % der 50.700 Anpaarungen in der Reitpferdezucht mittels der KB erfolgten und somit vordergründig Vatertiere mit einer hohen positiven Leistungsdifferenz genutzt werden. Damit einhergehend entstehen größere Hengstnachkommenschaften mit dem Vorteil der sichereren Zuchtwertschätzung. Spitzenwerte in der KB erzielten die Zuchtverbände Oldenburgs = 97,09 %, Holsteins = 90,64 % und Hannovers = 88,27 %. In diesen 3 Verbänden stehen 45,14 % des Stutenbestandes der deutschen Reitpferdezucht (Quelle: Jahresbericht 2001 der Dt. Reiterlichen Vereinigung).
- Der respektable Stand in der Stutenleistungsprüfung, indem im Zuchtjahr 2001 insgesamt 3.407 Stuten stationär (737) oder im Feld (2.670) leistungsgeprüft worden sind, welches in Relation zu den Neuaufnahmen in die Zuchtbücher (10.234) einer Größe von 33,29 % entspricht und zunehmend bessere Voraussetzungen für die Erkennung potentieller Hengstmütter sowie für die individuelle Paarung liefert.
- Die Einführung einer gestaffelten Leistungsprüfung für Hengste in Form des 30-tägigen Veranlagungstests vor dem Deckeinsatz und der folgenden Stationsprüfung, so dass nunmehr jede züchterische Nutzung eine Leistungsprüfung zur Voraussetzung hat. Darüber hinaus gibt es Anfänge einer mehrschichtig wünschenswerten Umkehr in der Schrittfolge: „Körung – Leistungsprüfung“ in „Leistungsprüfung – Körung“ (Begrenzung der leistungsbezogenen negativ wirkenden, exterieuren Vorselektion sowie der ungerechtfertigten Preisbildung für leistungsungeprüfte Junghengste).
- Die wachsende Zahl an Hengsten, die über die Eigenleistung im Turniersport ihre züchterische Anerkennung erfahren und in Doppelnutzung als Hochleistungs-Turniersportpferd ihre Leistungsfähigkeit im „Feld der Bewährung“ zeitaktuell unter Beweis stellen.

- Die integrierte Zuchtwertschätzung, die die turniersportliche Eigen-, Nachkommen- und Verwandtenleistung einbezieht, sowie eine exterieure, reitpferdepointesbezogene Zuchtwertschätzung auf der Basis der Stutbuchaufnahmewerte der Töchter ermöglicht.

Unter der Maßgabe, dass die oben dargelegten züchterischen Maßnahmen dem jeweiligen Erkenntnisstand und den Erfordernissen der Weiterentwicklung folgen, verdienen insbesondere zwei theoretisch begründete und Praxisrelevanz besitzende Prozesse betonte Beachtung. Es sind dies die für eine Zuchtwertschätzung tragfähige Exterieurbewertung und die auf eine Reitsportdisziplin orientierte Züchtung. Der diesbezügliche Erkenntnisstand soll, untermauert durch eigene Untersuchungen, im Folgenden aufgezeigt werden.

Exterieurbewertung

Das Zuchtziel für das deutsche Reitpferd lautet:

> "Gezüchtet wird ein edles großliniges und korrektes Reitpferd mit schwungvollen, raumgreifenden, elastischen Bewegungen, das aufgrund seines Temperamentes, seines Charakters und seiner Rittigkeit für Reitzwecke jeder Art geeignet ist."

Es orientiert auf Typ (Adel), Gebäude (großlinig, korrekt) und Bewegungsabläufe (schwungvoll, elastisch, raumgreifend) sowie auf Rittigkeit im Sinne von „Alleskönner“. Somit bestimmt die Exterieurbeurteilung die züchterische Selektion maßgebend. Außer Zweifel steht, dass auch künftig der Phänotyp einen eigenständigen typ-, exterieur- und bewegungsbezogenen Bewertungskomplex für die Selektion und Paarung behalten wird.

Erste, am Produkt orientierte Zuchtinformationen liefern die Fohlenbonituren. Hierbei werden meist Typ, Gebäude und Bewegung beurteilt. Festzustellen ist, dass die durch die Zuchtverbände organisierten Fohlenschauen unterschiedlich gehandhabt werden und die Verallgemeinerung der Ergebnisse schon daher unzulässig ist. Die Anzahl der vergebenen Noten reicht von einer (Gesamtnote), wie in Oldenburg, Westfalen und Rheinland praktiziert, bis zu sechs, wie in Bayern und dem Trakehner Pferdezuchtverband gehandhabt (FRIEMEL, 2002). Exterieurbeurteilungen an Fohlen ergeben Durchschnittsnoten im mittleren Bereich mit äußerst geringen Standardabweichungen (PREISINGER, 1990; GRUNDLER, 1980; GEHRMANN, 1988 und SCHULZE-SCHLEPPINGHOFF, 1988). Als Einflussfaktoren auf diese Ergebnisse werden das Alter der Fohlen, deren Geschlecht und die hohe Zahl an Bewertern genannt (SCHULZE-SCHLEPPINGHOFF, 1988 und SENKENBERG, 1993). Frühaussagen zur Leistungsveranlagung und zu den Endwerten des Exterieurs sind somit mit großen Unsicherheiten behaftet. Zwischen der Fohlenbonitur und der Stutbuchaufnahme sind die Korrelationen für die Exterieurmerkmale niedrig und variieren nach umfangreichen Untersuchungen von SCHORM (1983) in Größen von 0.05 bis 0.36.
Die Ergebnisse von Fohlenbonituren sind deshalb mit einem hohen Unsicherheitsfaktor bezüglich des zu erwartenden Resultats zur Zeit der Stutbuchaufnahme bzw. Körung belastet (Tab. 1). Dennoch nehmen sie größeren Einfluss auf die Selektion, speziell der männlichen Zuchttieranwärter, indem mitunter bis zu 96 % der potentiellen Hengstanwärter mittels dieser Ergebnisse der Selektion anheimfallen (SCHORM, 1983; GLODEK, 1973 und SPRENGER, 1992). Darüber hinaus sind auch

oft die Ergebnisse der Fohlenbonituren für den Deckeinsatz von jungen Hengsten von bestimmendem Einfluss. Resümierend zeigt sich, dass die gegenwärtig geübten Praktiken der Fohlenbonituren mit züchterisch kontraproduktiven Zügen belastet sind. Gleichwenn ihnen eine Bedeutung als Instrument der Zuchtinformation, der Motivation für die Züchterschaft und als Element des Marktes zugestanden werden muss, ist es erforderlich, diese Gegebenheiten bei Selektionsentscheiden zu beachten bzw. nach anderen Verfahren zu streben.

Tabelle 1
Korrelation zwischen der Note als Fohlen und der Bewertung als Stute (1.443 Stuten bzw. Fohlen; PREISINGER, 2002) (Correlations between the evaluation results as foal and as stud (results of 1,443 evaluations; PREISINGER, 2002))

Merkmal	Korrelation
Typ	0.39
Körperbau	0.23
Fundament	0.18
Schritt	0.20
Trab	0.31
Galopp	0.21
Gesamteindruck	0.35

In Parallelität zur Fohlenbonitur erhebt sich die Frage, ob die gegenwärtig praktizierte Bonitur des Exterieurs nach dem fiktiven Bild des Zuchtzieles den heutigen Anforderungen gerecht wird. Die Exterieurbewertung erfolgt zurzeit nach dem in Abbildung 1 dargestellten Modell.

Kritikpunkte dieses Verfahrens sind nach HARTMANN et al. (1994):

- Die Beurteilung richtet sich nach einem fiktiven Zuchtzielideal.
- Die biologische Variation der Merkmalsausprägung wird ungenügend erfasst, da die einzelnen Körpermerkmale nicht genügend differenziert bewertet werden und die Einbeziehung Selektionsindices nur bedingt möglich ist.
- Die Möglichkeiten der Wertung entsprechend der Skala von 1 bis 10 Punkten werden nur begrenzt ausgeschöpft.

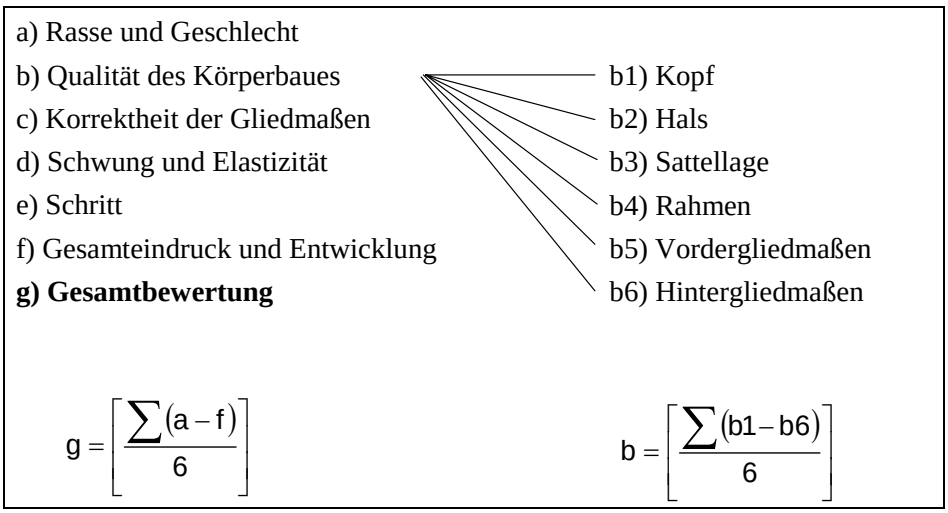


Abb. 1: Exterieurbewertung in der Pferdezucht (Principle of type evaluation in horse breeding)

In welchem Ausmaß die Verschiebung der Normalverteilung erfolgt, wird im Ergebnis umfangreicher Erhebungen in Abbildung 2 verdeutlicht.

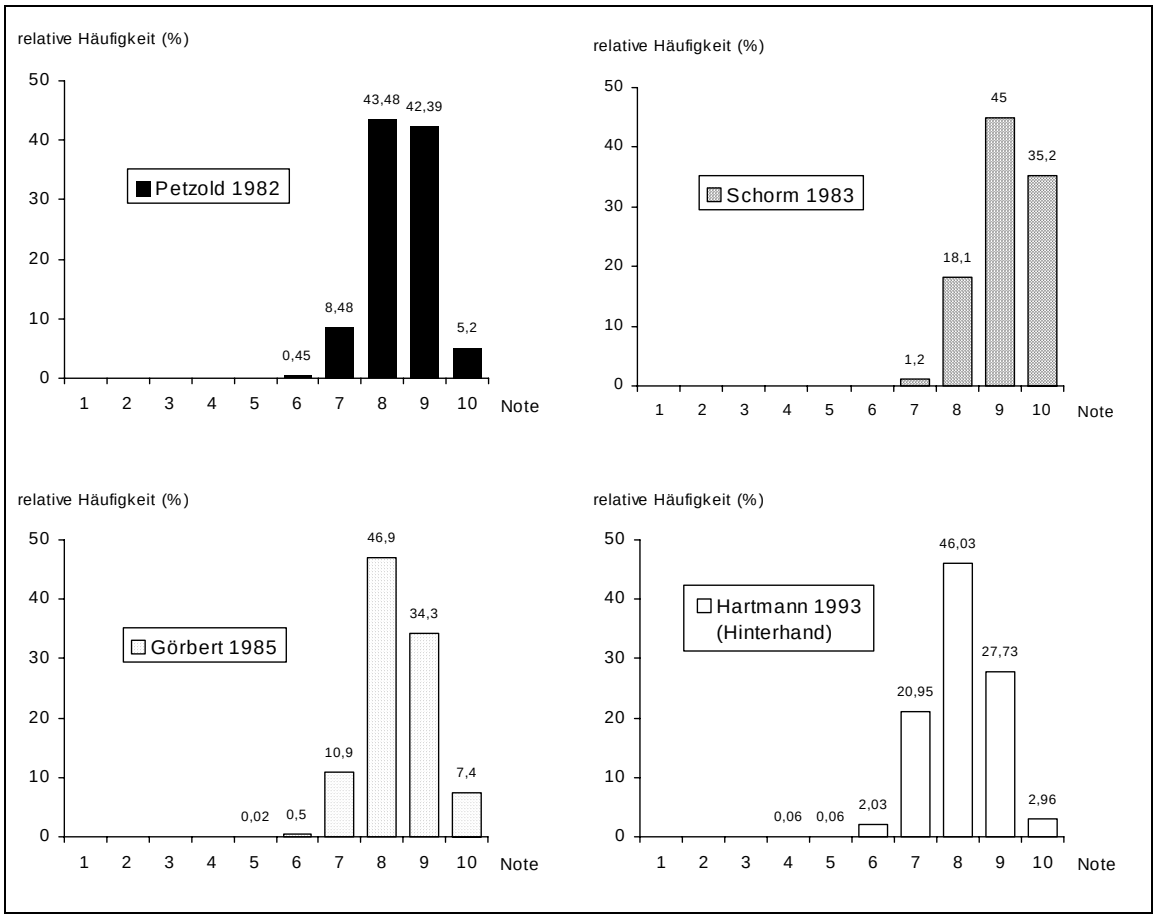


Abb. 2: Häufigkeitsverteilung von Boniturnoten des Punkt-Systems (Distribution of type evaluation results)

Darüber hinaus ist das Verfahren damit behaftet, dass die zu bewertenden Kriterien zum Teil hochgradig miteinander korrelieren, so dass Zweifel an der genetischen Unabhängigkeit der Merkmale gerechtfertigt erscheinen. In jedem Falle erfolgt eine Verzerrung des Gesamtresultates, indem im Gefolge der Addition der Merkmalspunkte eine ungerechtfertigte Über- oder Unterbewertung erfolgt. In welchem Ausmaß derartige Beziehungen vorliegen, zeigen die in Auswertung des HANNOVERANER JAHRBUCHS HENGSTE (2001) ermittelten Korrelationen der Zuchtwerte zwischen den Exterieurmerkmalen der Stutbuchaufnahme (Tab. 2).

Tabelle 2
Zuchtwertkorrelationen zwischen den Merkmalen der Stutbuchaufnahme (n=276) (Correlations between breeding values for different traits at studbook inspection (n=276))

	Kopf	Hals	Sattel-lage	Rahmen	Rasse	Funda-ment	Vorder-glied-maßen	Hinter-glied-maßen	Korrekt-heit
Typ	.82	.88	.72	.82	.96	.51	.51	.27	.50
Kopf		.73	.41	.40	.82	.22	.27	.02*	.28
Hals			.44	.66	.86	.55	.47	.37	.53
Sattellage				.68	.60	.22	.32	.02*	.24
Rahmen					.78	.67	.62	.50	.56
Rasse						.57	.55	.33	.54
Fundament							.80	.82	.81
Vorderglied-maßen								.52	.49
Hinterglied-maßen									.51

* statistisch nicht gesichert

Hoch positiv miteinander korreliert sind Typ/Reitpferdepointes mit Rasse/ Geschlechtstyp sowie die Merkmale des Fundaments untereinander. Gegen Null hingegen tendieren die Korrelationen zwischen Kopf bzw. Sattellage und den Fundamentmerkmalen.
Eine höhere züchterische Effektivität der Exterieurbewertung erscheint erstrebenswert und erfordert, dass die beschriebenen Nachteile der Exterieurbewertung nach dem fiktiven Idealbild vermieden werden. Ein Verfahren, das im Bewertungsaufwand zwar höher einzuordnen, von den oben aufgezeigten Mängeln jedoch frei und somit züchterisch weitaus wirkungsvoller ist, ist in der linearen Beschreibung zu sehen. In den USA entwickelt, hat es in der Milchrindzucht den Status eines internationalen Standards erlangt und ist in modifizierter Form auch in der Pferdezucht anwendbar. Die Vorteile des Verfahrens lassen sich in folgenden Punkten zusammenfassen:

- wertungsfreie Beschreibung der biologischen Variation der zu erfassenden Merkmale,
- populationsspezifische Bestimmung der Merkmale gemäß dem Züchtungsziel,
- keine Zusammenfassung selbständiger Merkmale,
- Nutzung der Werteskala von 1 bis 9, deren Eckpunkte die Extreme bilden,
- Vergleichbarkeit mit anderen Ergebnissen,
- Möglichkeit der Einbeziehung in die BLUP-Zuchtwertschätzung und
- computergerechte Auswertung.

Trotz vieler Empfehlungen (MARAHRENS und SCHERTLER, 1987; WEYMANN, 1989; HARTMANN und SCHWARK, 1991; WILKENS und PONCET, 1991 und HARTMANN, 1993) findet die lineare Beschreibung in den Pferdezuchten Deutschlands bisher keine Anwendung. Dem entgegengesetzt wird sie in der Reitpferdezucht der KWPN der Niederlande, der Pferdezucht der Schweiz und der Zucht des Haflingers in Südtirol mit Erfolg angewendet. Es verdient der Hervorhebung, dass in der KWPN sich das ausgereifteste Verfahren der linearen Beschreibung in Anwendung befindet (ROSIE, 2002). Im Ergebnis der Literaturanalysen und den an den Universitäten Leipzig und Halle durchgeführten Untersuchungen ergeben sich bei Anwendung der linearen Beschreibung die in Tabelle 3 ausgewiesenen Nutzungsmöglichkeiten im praktischen Zuchtbereich. Hervorzuheben ist dabei die verfahrenstechnische Einheitlichkeit und Verwendung der Daten für die Zuchtwertschätzung von der Fohlenbonitur bis zur Eintragung in die Zuchtbücher bzw. Zuchtwertschätzung.

Tabelle 3
Anwendung der linearen Beschreibung in der Pferdezucht (HARTMANN et al., 1994) (Application of the linear description system in horse breeding (HARTMANN et al., 1994))

Alter in Jahren	Züchterische Aktivität - Selektionsstufen	Zielsetzung
bis 0,5	Fohlenbonitur lineare Beschreibung weniger Merkmale	Minusvarianten erkennen Hengstanwärter selektieren Vererbungstendenzen des Vaters erkennen
2,5 - 3,5	lineare Beschreibung der Hengste im Rahmen der Körung	Erfüllung von Mindestanforderungen Selektion von Minusvarianten
3 - 4	lineare Beschreibung der Stuten zur Stutbuchaufnahme	Selektionsentscheidungen unterstützen Anpaarungsentscheidungen treffen
7 - 8	BLUP-Zuchtwert (Tiermodell) auf der Basis von Pedigree- und Nachkommenleistungen - Exterieur der Söhne und Töchter - für Hengste	Selektion von Minusvarianten Empfehlung für Anpaarungsentscheidungen

Die Gründe, warum die lineare Beschreibung in den Deutschen Reitpferdezuchten nicht angewendet wird, liegen offensichtlich im hohen Aufwand. Dennoch wird eine züchterisch effektive Nutzung der Exterieurbeurteilung nur durch die lineare Beschreibung gewährleistet. Eine entsprechende schnelle Umorientierung sollte deshalb auch in den deutschen Reitpferdezuchten vorgenommen werden.

Disziplinorientierte Züchtung

Bei der Fragestellung, welche weiteren Maßnahmen erforderlich und Praktiken möglich sind, um eine weitere Anhebung der reitsportlichen Leistungsfähigkeit der Pferde zu gewährleisten, rückt die auf die einzelnen, turniersportlichen Disziplinen ausgerichtete Züchtung mit Nachdruck in den Blickpunkt des Interesses. Modellrechnungen und Erfahrungen lehren, dass eine populationsbezogene Merkmals- und Leistungsspezialisierung den Zuchtfortschritt fördert.

Auf hippologischem Gebiet liefern die klassischen Zuchtrichtungen auf Renn-, Trab- oder Zugleistung die wohl besten Beispiele. Der gleichen Entwicklungsrichtung sind aber auch die der speziellen Gangformen, wie Tölt oder auch der Renn- oder Speedpass, zuzuordnen. Deutet man das eine oder andere des Gegenwartsgeschehens zukunftsgerichtet, so gehen züchterische Entwicklungen z. B. im Interesse des Westernreitens, des Langstrecken-Reitsportes oder auch des Fahr-Turniersportes in die gleiche Richtung. Somit ist die Frage aktuell und zwingt sich regelrecht auf, inwieweit auch eine differenzierte züchterische Orientierung auf die voneinander unabhängigen Disziplinen des Reitturniersportes, speziell des Parcour-Springens und der Dressur oder auch Vielseitigkeit, höhere Leistungszuwächse in der angestrebten Leistungsrichtung ermöglichen. Züchtungstheoretisch steht diese Frage, seitdem bekannt ist, dass die Veranlagungen zur Spring- und zur Dressurleistung genetisch eigenständig sind und mit Heritabilitätswerten um etwa 0.30 (SCHWARK, 1988) über eine ausreichend hohe züchterische Wirksamkeit zur Erzeugung eines messbaren Zuchtfortschrittes verfügen.

Eine derartige Spezialisierung erscheint gerechtfertigt, indem die aus solchen Zuchtrichtungen anfallenden Pferde kaum mit Handicaps für den Freizeitsport belastet sein dürfen. Darüber hinaus wird auch im Gefolge derartiger Zuchtprogramme ein Großteil der Pferde im leistungsbezogenen Populationsmittel verbleiben. Eine Marktlücke für sogenannte "Freizeitpferde" dürfte also nicht entstehen.

Überlegungen dieser Art sind nicht nur theoretischer Natur, sondern stellen eine reale Gegebenheit dar. Bekanntermaßen finden derartige Spezialisierungen in praktischen Zuchtprozessen bereits eine erfolgreiche Anwendung. In der BRD sind es, in Umsetzung spezieller Zuchtprogramme für eine betonte Springleistung, der:

- Verband der Züchter des Holsteiner Pferdes e. V.
- Verband hannoverscher Warmblutzüchter e. V.
- Springpferdezuchtverband Oldenburg-International e. V.

Ergänzt werden diese drei, wovon die beiden erstgenannten bereits mehrjährig und bezüglich der Springleistung wirksam sind, durch einen Verein innerhalb des Trakehner Verbandes, der sich der spezialisierten Züchtung von Vielseitigkeitspferden widmet. Der Verein agiert unter dem Namen "Nurmi" und erinnert damit an das seinerzeit weltbeste Vielseitigkeitspferd während der Olympiade 1936 (SCHMIDTLEIN, 2002). Weitere Zuchtorganisationen mit speziellen Zuchtprogrammen außerhalb Deutschlands sind, soweit bekannt, die:

- KWPN (Königliche Warmblut-Pferdezucht Niederlande) und
- Selle Francois in Frankreich.

Den Beweis der Machbarkeit einer disziplinorientierten Züchtung, selbst oder gerade in vom praktischen Züchter eigenständig gesteuerten Zuchtbeständen, liefert die Gestütszucht Melchior-Zangersheide.
Wie ist der heutige züchtungstheoretische Erkenntnisstand zu diesem Problem?
Eine umfassende Analyse zu den genetisch bedingten Merkmalsbeziehungen der Stutbuchaufnahme und der Stutenleistungsprüfung lieferte CHRISTMANN (1996) mit seinen Untersuchungen an 5.347 Stuten der hannoverschen Zucht. Hierbei zeigte sich, dass die Merkmale der Stutbuchaufnahme nahezu durchgehend mit den Wertnoten im Freispringen negativ korreliert sind, während sonst positive Korrelationen vorliegen (Tab. 4). Dieser Fragestellung folgend sind auf der Grundlage der 3 Toplisten der Vererber der Hannoveraner Zucht (Dressur, Springen, Typ/Reitpferdepointes) und der Leistungsprüfungsergebnisse (70 Tage stationär) von 31 Trakehner Hengsten der Geburtsjahrgänge 1995 bis 1997 (Trakehner Hengstbuch 1990: Nachtrag 7 (1999); 8 (2000); 9 (2001)) die bedeutsamsten Merkmalsbeziehungen geprüft worden. An erster Stelle sollen die ermittelten Zuchtwertkorrelationen der Stutbuchaufnahme und Stutenleistungsprüfung bezüglich der interessierenden Merkmale vorgestellt werden (Tab. 5). Sie ergeben gleichermaßen wie die Werte von CHRISTMANN (1996), dass die typtragenden Merkmale der Stutbuchaufnahme zu den Zuchtwerten der Stutenleistungsprüfung für Dressur, Trab, Galopp, Schritt und Rittigkeit positiv, aber negativ mit den Zuchtwerten für Springen korreliert sind.

Tabelle 4
Schätzwerte der genetischen Korrelationen (r_g) zwischen Merkmalen aus der Stutbuchaufnahme und der Leistungsprüfung (CHRISTMANN, 1996; n=5.347) (Genetic correlations (r_g)between traits evaluated at studbook inspection and at performance testing (CHRISTMANN, 1996; n=5,347))

Merkmale	Merkmale Leistungsprüfung				
Stutbuchaufnahme	Trab	Galopp	Schritt	Rittigkeit	Freispringen
Kopf	.20	.19	.10	.30	.00
Hals	.27	.40	.27	.29	-.90
Sattellage	.28	.33	.26	.32	-.27
Rahmen	.60	.60	.48	.67	-.20
Vordergliedmaßen	.32	.30	.11	.35	-.80
Hintergliedmaßen	.36	.20	-.10	.24	-.30
Typnote	.54	.52	.35	.60	-.11
Korrektheit	.60	.51	.18	.55	-.20
Trab	.81	.66	.49	.72	.20
Schritt	.41	.57	1.00	.53	-.23
Gesamtnote	.78	.76	.65	.82	-.11
Größe	.40	.38	.11	.38	.30

Tabelle 5
Zuchtwertkorrelationen zwischen Merkmalen der Stutbuchaufnahme und Stutenleistungsprüfung (HANNOVRANER JAHRBUCH HENGSTE, 2001; n=276) (Correlations between breeding values for different traits at studbook inspection and stud performance testing (Hanoverian stallion yearbook, 2001; n = 276))

Stutbuchaufnahme	Stutenleistungsprüfung					
	Dressur	Trab	Galopp	Schritt	Rittigkeit	Springen
Typ	.46	.42	.34	.33	.49	-.20
Rahmen	.54	.52	.47	.36	.53	-.18
Rasse	.51	.46	.40	.37	.55	-.16
Fundament	.50	.56	.39	.28	.50	-.11*

* nicht signifikant

Die Prüfung der Merkmalsbeziehungen der Zuchtwerte von Hengsten der Topliste Dressur zeigt besonders deutlich die negative Beziehung zwischen Dressur- und Springleistung (Tab. 6). Gleichfalls bedeutsam ist die positive Beziehung zwischen Dressur und Typ/Reitpferdepointes bzw. des Fundaments mit r = 0.48 bzw. 0.40 sowie die Negativbeziehungen zwischen diesen und dem Zuchtwert Springen mit r = -0.31.

Tabelle 6
Korrelationen - Topliste Dressur (n=43) (Correlation coefficients – top list dressage (n=43))

	Zuchtstutenprüfung	Stutbuchaufnahme	
	Springen	Typ	Fundament
Dressur	-.43*	.48*	.40*
Springen		-.31*	-.21
Typ			.36*

* Werte sind signifikant verschieden

Betrachtet man die Korrelationen in der Topliste Springen (Tab. 7), so fällt auf, dass bis auf eine Ausnahme alle Beziehungen positiv sind. Die Werte liegen bei r = 0.30 und variieren von r = -0.02 bis r = +0.59. Hengste mit einem hohen Spring-Zuchtwert lassen sich diesen Ergebnissen zufolge auch in die Kategorie der "Alleskönner" einordnen.

Tabelle 7
Korrelationen - Topliste Springen (n=41) (Correlation coefficients – top list jumping (n=41))

	Zuchtstutenprüfung	Stutbuchaufnahme	
	Springen	Typ	Fundament
Dressur	.30	.31*	-.02
Springen		.30	.33*
Typ			.59*

* Werte sind signifikant verschieden

Die Korrelationen der Topliste Typ (Tab. 8) verweisen in ihrer Unterschiedlichkeit auf die relative Unabhängigkeit zu den Leistungszuchtwerten und damit auf die Notwendigkeit, diesen Merkmalskomplex als eigenständigen Selektionsgegenstand zu handhaben.

Tabelle 8
Korrelationen - Topliste Typ bzw. Reitpferdepointes (n=51) (Correlation coefficients – top list type and riding horse points (n=51))

	Zuchtstutenprüfung	Stutbuchaufnahme	
	Springen	Typ	Fundament
Dressur	-.57*	.31*	.34*
Springen		-.28*	-.20
Typ			.34*

* Werte sind signifikant verschieden

Damit bestätigt sich die im ersten Abschnitt dargelegte Position zur Typ- und Exterieurselektion. Die Werte variieren von r = -0.57 zwischen Dressur und Springen bis 0.34 zwischen Dressur und Fundament bzw. Typ und Fundament und unterstreichen damit die bereits aus den anderen Toplisten vorgestellten Werte. Bemerkenswert ist auch hier die negative Korrelation von r = -0.28 zwischen den Reitpferdepointes und der Springleistung, womit der positive Bezug zwischen Reitpferdepointes und Dressur indirekt unterstrichen wird.
In der Tabelle 9 wird deutlich erkennbar, dass dressurveranlagte Hengste (Zeile 1 und 3) die Dressurleistung der Nachkommen positiv beeinflussen, die Springleistung

hingegen nicht verbessern. Die Nachkommen mit hoher Springleistung haben springveranlagte Väter, die Dressurleistung der Geschwister liegt unter dem Durchschnitt (Zeile 4). Springveranlagte Väter vererben offensichtlich nicht nur eine gute Springleistung, sie haben selbst eine ausreichend hohe Dressurveranlagung, die sich positiv auch auf die Nachkommen auswirkt.

Tabelle 9
Wertung der Zuchtwerte der besten 20 Hengste (n=279) (Breeding values of the top 20 stallions (n =279))

Top-liste	EL-Dressur 1	EL-Springen 2	NK-Dressur 3	NK-Springen 4
1	++	-	+	-
2	(+)	++	-	+
3	+(+)	-	++	-
4	+	+	-	+(+)

++ ZW über 140 + ZW 120-139 - ZW unter 120

Die errechneten Korrelationen zwischen den Werten der Leistungsindices, die von Trakehner Hengsten in Hengstprüfungsanstalten erreicht wurden, sind in der Tabelle 10 zusammengestellt.

Tabelle 10
Index-Korrelationen der Trakehner Hengste (Correlations between index values for Trakehner stallions)

	Dressurindex	Springindex
Gesamtindex	.86*	.28*
Dressurindex		-.23*

* statistisch gesicherte Werte

Erwartungsgemäß korreliert bei diesem Material der Gesamtindex hochgradig mit dem Dressurindex (r = 0.86). Der Wert ist statistisch gesichert und unterstreicht den Leistungsschwerpunkt dieses Bestandes an jungen Hengsten. Im Weiteren bestätigen die Beziehungen zwischen Dressur und Springen die bei den Tophengsten der hannoverschen Zucht gefundenen. Auch hier zeigt sich eine negative Korrelation von r = -0.23.

Folgende Schlussfolgerungen können aus den Literaturergebnissen und dem ausgewerteten Material gezogen werden.

- Dressur- und Springleistung haben einen negativen Bezug zueinander. Tophengste in der Dressur wirken bemerkenswert negativ mit r = -0.43 auf die Springleistung, demgegenüber werden Reitpferdepointes (r = 0.48) und die Fundamentwerte (r = 0.40) verbessert. Hengste mit statistisch gesicherter Überlegenheit in der Vererbung der Springleistung sind gleichzeitig in der Lage, alle anderen im Untersuchungsspektrum erfassten Merkmale, einschließlich der Dressur, positiv zu beeinflussen. Damit kristallisiert sich die Springleistung als ein mehrschichtig positives Selektionskriterium in der Reitpferdezucht heraus.
- Die Toplisten der herausragenden Vererber exterieurer Reitpferdemerkmale, eingeschlossen des Fundaments, zeigen in den Korrelationen der in Beziehung gesetzten Merkmale ein heterogenes Bild. Die Variation der Korrelationen reicht von r = -0.57 bis r = +0.34. Das unterstreicht die Richtigkeit, diese Merkmale als einen eigenständigen Selektionskomplex zu sehen und diesen zuchtprogrammatisch eigenständig zu etablieren.

Diese Aussagen sind allerdings ohne positiven züchterischen Effekt, wenn nicht die erforderlichen Folgemaßnahmen getroffen werden. Für die leistungsorientierte Züchtung ist die Kenntnis des Züchters über die Leistungsfähigkeit und Vererbungstendenz seiner Stuten, möglichst der Familie und die darauf basierende Entscheidung der gezielten Paarung unumgänglich. Es ist der maßgeblichste Schritt zur disziplinorientierten Züchtung. Diesem muss jedoch eine genaue, hohen Ansprüchen genügende Zuchtinformation und Zuchtdokumentation auf Verbandsebene vorausgehen. Diesbezüglich verfährt der Hannoveraner Zuchtverband beispielhaft, indem in den Jahrbüchern "Hengste" alle vorliegenden Daten des Leistungs- und Vererbungsspektrums für jeden Hengst offengelegt werden. In gleicher Weise verfährt neuerdings der Verband der Pferdezüchter Mecklenburg-Vorpommern e. V. (WITT, 2002). Aus der Gesamtsicht zeigt sich eine disziplinorientierte Züchtung als züchtungstheoretisch und praktisch tragfähig. Dies trifft insbesondere für die Springleistung zu. Inwieweit analoges für die Dressur und damit eng korrelierend mit den Typ- und Reitpferdemerkmalen praktikabel ist, dürfte eher eine Frage des Marktes als der Machbarkeit sein. Gleiches trifft für die Vielseitigkeit zu. Die genetischen Voraussetzungen, sowohl bezüglich der Heritabilität als auch Variabilität, dürften in der Reitpferdezucht ebenfalls gegeben sein. "Nucleuszuchten" dieser Art sollte man eine Perspektive geben.

Literatur

CHRISTMANN, L.:
Zuchtwertschätzung für Merkmale der Stutbuchaufnahme und der Stutenleistungsprüfung im Zuchtgebiet Hannover. Univ. Göttingen, Dissertation, 1996

FRIEMEL, G.:
Vergleichende Untersuchungen zur Optimierung der Dauer der stationären Hengstleistungsprüfung. Genetische Analyse und Zuchtplanung. Univ. Kiel, Dissertation, 2002

GEHRMANN, L.:
Analyse der Fohlenbeurteilung in der Trakehner Zucht. Univ. Kiel, Diplomarbeit, 1988

GLODEK, P.:
Leistungsprüfung und Zuchtwertschätzung in der Reitpferdezucht. Vortrag anlässlich der 1. Hippologischen Fachtagung der Abteilung Zucht der Deutschen Reiterlichen Vereinigung (FN), Göttingen, 1973

GRÖBERT, M.:
Untersuchungen zu den Exterieur- und Leistungswerten des Edlen Warmblutstutenbestandes der DDR zur näheren Bestimmung von Selektionskriterien. Univ. Leipzig, Dissertation, 1985

GRUNDLER, C.:
Aussagewert verschiedener Hilfsmerkmale zur Beurteilung des Zucht- und Gebrauchswertes von Warmblutpferden. Weihenstephan, Dissertation, 1980

HANNOVERANER JAHRBUCH HENGSTE:
Hrsg. Verband hannoverischer Warmblutzüchter, Verden, 2001

HARTMANN, O.; SCHWARK, H.-J.:
Die Nutzung der Linearen Beschreibung für die Schätzung von Exterieurzuchtwerten von Hengsten. 42. Jahrestagung der EVT, 1991

HARTMANN, O.; LENGERKEN, G. v.; SCHWARK, H.-J.; BERGFELD, U.:
Untersuchungen zur Anwendung der linearen Beschreibung in der Reitpferdezucht. 45. Jahrestagung der EVT, Edinburgh, 1994

HARTMANN, O.:
Untersuchungen zur Anwendung der linearen Beschreibung in der Reitpferdezucht. Univ. Halle, Dissertation, 1993

JAHRESBERICHT 2001:
Deutsche Reiterliche Vereinigung e.V. (FN), 2001

MARAHRENS, F.; SCHERTLER, H.:
Lineares Beschreibungssystem auch in der Pferdezucht. Der Tierzüchter **39** (1987), 26-27

PETZOLD, P.:
Untersuchungen zur Genealogie, den Modell-, Exterieur- und Leistungsmerkmalen der Haflinger Zuchtpopulation der DDR unter dem Aspekt der züchterischen Weiterentwicklung. Univ. Leipzig, Dissertation, 1982

PREISINGER, R.:
Entscheidungshilfe. Trakehner Hefte, 1/1990, 6-13

PREISINGER, R.:
Richt(er)-Werte für den Züchter, Trakehner Hefte **23** (2002) 3, 10-13

ROSIE, D.W.:
Leistungsselektion in der Niederländischen Hengsthaltung (KWPN). Vortrag, 4. Internationale Fachtagung, Veterinärmedizinische Univ. Wien, 2002, unveröffentlicht

SCHMIDTLEIN, H.:
Projekt Nurmi e. V. - Vielseitige Konzepte - Trakehner Hefte **23** (2002) 3

SCHORM, G.:
Analyse der phänotypischen Entwicklung des Warmblutpferdes von der Geburt bis zum 3jährigen Pferd und Einflüsse von genetischen und umweltbedingten Faktoren. Univ. Leipzig, Dissertation, 1983

SCHULZE-SCHLEPPINGHOFF, W.:
Was bringt die Fohlenbeurteilung? Oldenburger Sportpferd **3** (1988), 10-12

SCHWARK, H.-J.:
Pferdezucht. BLV Verlagsgesellschaft München Wien Zürich, 1988, ISBN3-405-13514-1

SENCKENBERG, E.:
Mehrjährige Erfahrungen mit der Fohlenbeurteilung. Vortrag, 1. Pferdeworkshop, Uelzen, 1993, 74-78

SPRENGER, K.-U.:
Zuchtwertschätzung in der Reitpferdezucht auf der Basis turniersportlicher Leistungsergebnisse. Univ. Leipzig, Dissertation, 1992

WEYMANN, W.:
Untersuchungen zur linearen Exterieurbewertung in der Reitpferdezucht. Univ. Göttingen, Diplomarbeit, 1989

WILKENS, J.; PONCET, P.-A.:
Erste Schritte zur einheitlichen linearen Beschreibung der schweizerischen Pferdezucht. 42. Jahrestagung der Europäischen Vereinigung für Tierproduktion (EVT), Berlin, 9.-12. September, 1991

WITT, U.:
Persönliche Mitteilung, 2002

Anschriften der Verfasser
Prof. Dr. Dr. h. c. GERHARD von LENGERKEN
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Institut für Tierzucht und Tierhaltung mit Tierklinik
Adam-Kuckhoff-Str. 35
D-06108 Halle

Prof. Dr. Dr. h. c. HANS-JOACHIM SCHWARK
Schkeuditzer Str. 33
D-04178 Leipzig

Arch. Tierz., Dummerstorf **45** (2002) Sonderheft, 80-94

Aus dem Institut für Tierzucht und Tierhaltung mit Tierklinik der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

EBERHARD von BORELL

Haltungsansprüche von Rindern und Pferden

Summary

Title of the paper: **Housing requirements of cattle and horses**

Specific housing requirements for dairy cows and horses are currently not regulated under European or national welfare regulation. However, despite of this lack of regulation, a number of recommendations and code of practices are followed as guidelines with almost legally binding character. The number of cubicle housing systems for dairy cows are steadily increasing not only because of welfare requirements. It can be foreseen that tie stalls are not longer accepted as welfare conform housing systems. Even smaller dairy farms with less than 50 cows have to consider group housing. As for cattle, group housing indoor systems for horses combined with a paddock or pasture are increasingly promoted as welfare friendly, although single stall housing is still the predominant housing for horses. Tie stalls are becoming rare as they are not accepted any longer as welfare conform. In contrast to the situation in cattle, housing requirements for horses do not comply with the individual needs and interests of most owners in relation to handling of horses as companion and sport animals. Further research is needed in the areas of health monitoring (epidemiology), human-animal relationship as well as behavioural problems and their causing factors in relation to genetics, ontogeny (early experience) and the social and technical environment.

Key Words: housing, cattle, horses, animal welfare, behaviour, health, performance

Zusammenfassung

Für die Haltung von Milchrindern und Pferden existieren derzeit keine spezifischen Mindestanforderungen in Form von gesetzlich verbindlichen Verordnungen. Dies hängt mit der Situation auf EU-Ebene zusammen, wo momentan in diesen Bereichen kein Handlungsbedarf gesehen wird. Derzeit werden daher die Empfehlungen und Leitlinien auf europäischer und deutscher Ebene zu den Mindestanforderungen an die Haltung von Rindern und Pferden herangezogen. Unabhängig davon setzen sich auch in kleineren Betriebseinheiten der Rinderhaltung Laufstallsysteme mit und ohne Auslauf bzw. Weidegang durch. Auch im Bereich der Pferdehaltung wird die Laufstall-Gruppenhaltung bzw. die Auslauf- und Freilandhaltung als die tiergerechtere Haltungsform gegenüber der Einzelboxenhaltung propagiert. Im Gegensatz zur Rinderhaltung stehen jedoch meist die Nutzungsansprüche des Menschen den Ansprüchen der Pferde an ihre Haltungsumwelt entgegen. Forschungsbedarf besteht in den Bereichen des Gesundheitsmonitorings (Epidemiologie), der Mensch-Tier-Beziehung und der Verhaltensstörungen und deren Ursachen in Bezug zu Genetik, Ontogenese sowie zur sozialen und technischen Haltungsumwelt.

Schlüsselwörter: Haltung, Rinder, Pferde, Tierschutz, Verhalten, Gesundheit, Produktivität

Einführung

I. Rinderhaltung

a) Bestandsentwicklung und Betriebsstruktur

In Deutschland werden gegenwärtig etwa 15,8 Millionen Rinder, davon 5,2 Millionen Milchkühe, gehalten (ZMP, 2000). Nach Schätzungen des ADR (1999) werden im Durchschnitt nur etwa 35 Milchkühe pro Betrieb gehalten, wobei in den neuen Bundesländern im Durchschnitt 147 Kühe und in den Betrieben mit Milchleistungsprüfung 194 Kühe gehalten werden. Die Verteilung auf die möglichen Haltungsvarianten kann

nur über die Erfassung der Betriebe mit Melkständen (alte Bundesländer) geschätzt werden. Danach beträgt der Anteil der Kühe in Anbindehaltung etwa 65 % und entsprechend 35 % in Laufstallhaltung. In den alten Bundesländern befinden sich etwa nur 18 % der Kühe in Herden über 50 Kühen, während davon auszugehen ist, dass sich in den neuen Bundesländern nahezu alle Kühe in solchen Herdengrößen bewegen. Dennoch ergibt sich für Gesamtdeutschland (etwa 1/3 der Milchkühe stehen in Bayern) eine deutliche Mehrheit von Kühen in Anbindehaltung.

b.) Haltungsansprüche

Dieses Kapitel bezieht sich überwiegend auf die Haltungsansprüche von Milchkühen. Für den Bereich der Mastrinderhaltung liegen inzwischen Empfehlungen zu den Mindestanforderungen an die Haltung in Form eines EU-Berichtes (2001) des Komitees für Tiergesundheit und Tierschutz vor.

Allgemeine Ansprüche

Bei der Gestaltung aller Haltungsvarianten sind die Anforderungen der Milchkühe an die Funktionsbereichsgestaltung für Fressen, Liegen, Entmisten und Laufen zu berücksichtigen. In der Anbindehaltung ist die Ausübung der arteigenen Verhaltensweisen stark eingeschränkt, d. h. alle Verhaltensweisen müssen an einem Stand- und Liegeplatz ausgeführt werden. Dies betrifft insbesondere das Bewegungs-, Sozial- und Komfortverhalten der Tiere. Bei ganzjähriger Haltung im Anbindestall beeinträchtigt der Bewegungsmangel das Fruchtbarkeitsgeschehen und den Geburtsverlauf. Bei der spezifischen Gestaltung der Anbindestände ist insbesondere auf die Bewegungsabläufe beim Aufstehen und Abliegen sowie auf die Liegeplatzgestaltung und die Gewichtsbelastung der Vorderextremitäten beim Fressen zu achten. Neben der für den Tierhalter erleichterten individuellen Betreuung ermöglicht diese Haltungsform eine ungestörte Futteraufnahme und eine optimale Anpassung des Standplatzes an die jeweilige Tierkörpergröße.

Der Laufstall gestattet den Kühen das Aufsuchen verschiedener Funktionsbereiche für Fressen, Liegen, Melken, Laufen und Entmisten. Daher erlaubt diese Haltungsform eine den Tieransprüchen angepasste spezifische Oberflächengestaltung für die Liege- und Laufbereiche. Nachteilig können sich die sozialen Auseinandersetzungen und die eingeschränkte individuelle Betreuung durch den Tierhalter auswirken. Rangauseinandersetzungen unter den Kühen können sich insbesondere bei beengten Raumverhältnissen, fehlenden Ausweichmöglichkeiten (z. B. durch Sackgassen im Laufgang) und eingeschränktem Zugang zu den Futter- und Wasserplätzen nachteilig auswirken. Separate Liegeboxen ermöglichen den Kühen ungestörte Ruhephasen und Wiederkauaktivitäten.

Beurteilung der Tiergerechtheit von Haltungseinrichtungen

Die Funktionsbereiche eines Haltungssystems (z. B. Liegebereich, Fressbereich) bieten den Raum und die Struktur für die Ausübung spezifischer Verhaltensweisen, die entsprechend der Funktionen (z. B. Ruhen, Wiederkauen) nach Funktionskreisen (z. B. Ruheverhalten, Ernährungsverhalten) eingeteilt werden. Innerhalb dieser Funktionskreise lassen sich bestimmte Verhaltenselemente zur Beurteilung verschiedener Haltungssysteme und Haltungseinrichtungen heranziehen.

Auf der Grundlage wissenschaftlicher und praktischer Erkenntnisse wurden zur Einschätzung der Tiergerechtheit von Stalleinrichtungen in Anlehnung an die Funktionskreise Prüfkriterien entwickelt, die im Rahmen der freiwilligen DLG-Gebrauchswertprüfung von Stalleinrichtungen berücksichtigt werden (DLG-MERKBLATT, 2000; KNIERIM et al., 2002).

Klimagestaltung

Rinder sind generell gegenüber Kälte wenig empfindlich und werden daher meist in gut durchlüfteten und ungedämmten Ställen (Außenklimaställen) gehalten. Dagegen sind sie gegenüber zu hohen Temperaturen jenseits der 25 bis 28 °C eher empfindlich und schränken ihre Futteraufnahme ein. Die Literaturangaben hinsichtlich der unteren kritischen Temperatur schwanken in Abhängigkeit von der Luftfeuchte und den spezifischen Haltungsbedingungen zwischen –10 °C und –38 °C. Empfehlenswert sind Stalltemperaturen im Bereich zwischen 0°C und 20 °C .

Rinder haben einen ausgeprägten 24-Stunden-Rhythmus, wobei die meisten Aktivitäten während des Lichttages mit Hauptfutteraufnahmezeiten zum Sonnenauf- und Sonnenuntergang ausgeführt werden. Im Stall gehaltene Rinder zeigen im Allgemeinen nachts mehr Aktivitäten als Tiere auf der Weide. Licht wirkt sich allgemein synchronisierend und stimulierend auf die physiologischen Prozesse der Tiere aus. In Versuchen zum Lichtdauerbedarf von Rindern bevorzugten diese einen Lichttag von 16 Stunden, wobei sie im Vergleich zu einem 10-Stunden- und 24-Stunden-Lichttag auch die höchsten Leistungen vollbrachten (BALDWIN und START, 1981). Bei geschlossenen Ställen sollte die Fensterfläche bezogen auf die Stallgrundfläche mindestens 1/20 betragen. In Anlehnung an die Richtwerte für die Kälberhaltung wird am Tage eine Beleuchtungsstärke von 80 Lux empfohlen, in der Nacht genügt eine Orientierungsbeleuchtung von etwa 10 Lux.

Sowohl eine zu hohe als auch eine zu niedrige relative Luftfeuchte kann sich in Abhängigkeit von anderen Klimafaktoren nachteilig auf die Gesundheit der Tiere auswirken. Für die Milchviehhaltung ist die relative Luftfeuchte im Bereich von 60 bis 80 % als optimal zu bezeichnen.

Zugluft wird im Allgemeinen von Rindern gemieden und sollte daher bei der Stallkonzipierung mit berücksichtigt werden. In Offenfront- bzw. Außenklimaställen verhindern geschlossene Wände und Windbrechernetze quer zur Hauptwindrichtung Zugwirkungen. Bei hohen Temperaturen im Hochsommer können die empfohlenen Luftgeschwindigkeiten von $\leq$ 0,2 m/s unter Umständen um ein Vielfaches überschritten werden (BÜSCHER et al., 2000).

Über die spezifischen Wirkungen von Schadgasen auf Rinder ist nur wenig bekannt. Hohe Ammoniakkonzentrationen reizen die Schleimhäute und führen längerfristig zu Schäden im Bereich der Augen und des Respirationssystems. Meist werden die Schadgasemissionen bezüglich der Umweltwirkungen gemessen und beurteilt. Übergreifend über alle Nutztierarten gelten Grenzwerte von 3.000 ppm für Kohlendioxid, 20 ppm für Ammoniak und 5 ppm für Schwefelwasserstoff. Bezüglich der Konzentration von Methan existieren bislang keine empfohlenen Richtwerte.

Laufflächengestaltung

Wegen des Verletzungsrisikos und der Klauengesundheit sollten Laufflächen generell rutschfest und trittsicher sein. Die Breite der Laufgänge richtet sich nach der benötig-

ten Breite für einen ungestörten Kuhverkehr. Im Gegensatz zu Treibgängen (0,8 m) müssen Laufgänge entlang der Liegeboxenreihen (2 m) und der Fressgitter (3 m) so breit sein, dass sich begegnende Tiere ungestört aneinander vorbei bewegen können. Nach jeweils 20 Boxen einer Reihe ist eine Passage vorzusehen. Blind endende Laufgänge sind wegen der Verhinderung des Ausweichens rangniederer Tiere generell zu vermeiden. Bei behornten Tieren müssen die Laufflächen wegen der erhöhten Verletzungsgefahr noch großzügiger dimensioniert werden.
Für die Laufflächen mit Spaltenböden im Kuhstall haben sich Auftrittsbreiten von 80 bis 120 mm und Spaltenweiten zwischen 20 und 30 mm bewährt. Spaltenböden müssen eben verlegt sein und dürfen keine scharfen Kanten oder Ausbrüche aufweisen. Bei falsch dimensionierten Spaltenweiten können die Tiere mit ihren Klauen in die Spalten geraten und sich dabei Verletzungen zuziehen.
Infolge des mangelhaften Klauenabriebes sollten Kühe nicht ausschließlich nur auf Stroh gehalten werden. Bei Rindern in Anbindehaltungen sind infolge der verwehrten Laufbewegung die Klauen regelmäßig zu schneiden. In Laufställen sollten die Klauen regelmäßig kontrolliert und im Bedarfsfall Klauenpflege betrieben werden. Verschmutzte planbefestigte Laufflächen stellen ein besonders hohes Verletzungsrisiko dar. Daher sind diese gegebenenfalls mit rutschfesten Materialien (z. B. mit Granulatbeschichtung) zu versiegeln bzw. müssen durch Spezialmaschinen aufgeraut oder mit Riffelungen versehen werden. Feuchte Einstreu und ungenügende Räumfrequenzen bei den planbefestigten Flächen begünstigen das Aufweichen der Klauen und damit das Eindringen von Erregern.

Liegeflächengestaltung / Kuhkomfort

Kühe zeigen allelomimetrisches Verhalten, d. h. sie tendieren dazu, verschiedene Dinge gleichzeitig zu tun. Da sich Kühe auch zu bestimmten Zeiten gleichzeitig zum Ruhen und Wiederkauen hinlegen, sollte grundsätzlich für jede Kuh ein Liegeplatz eingeplant werden. Wird dieses Prinzip nicht eingehalten, so legen sich vereinzelt Tiere auf die Laufflächen.
Im Anbindestall kann die Liegefläche der jeweiligen Rahmengröße der Kühe angepasst werden. Im Laufstall müssen jedoch die Boxenmaße den jeweils größten Tieren in der Herde angepasst sein, da in einer Herde Körperlängenunterschiede von mehr als 30 cm auftreten können und Kühe in der Regel nicht platzstetig sind. Die Länge der Liegeboxen kann über die Formel L (m) = 1,75 + 0,00068 x Gewicht (kg) berechnet werden. Die Breite beträgt etwa die Hälfte der Länge. Beim Aufstehen und Abliegen macht das Rind eine Vorwärtsbewegung und entlastet dabei gleichzeitig die Gelenke. Für diesen Kopfschwung benötigt die Kuh zur Wandseite hin etwa 60 bis 70 cm an zusätzlicher Bewegungstiefe. Infolge zu kurzer Anbindevorrichtungen und unzureichend dimensionierter Liegeboxen kommt es gehäuft zu pferdeartigem Aufstehen (Aufrichten des Körpers über die Vordergliedmaße) bzw. zu Verrenkungen und punktförmigen Belastungen der Körperhülle, die zu vielfältigen Schäden (so genannte Technopathien) am Tier führen können. Diese Schäden am Integument lassen sich nach einem Bewertungsschema objektiv beurteilen (KÄMMER und TSCHANZ, 1975).
In Liegeboxen mit Kotstufe kann eine Verschmutzung der Liegefläche weitgehend verhindert werden, indem die Kuh durch einen Nackenriegel beim Aufstehen gezwungen wird, sich nach hinten zu bewegen. In der Anbindehaltung verhindert der so genannte Kuhtrainer die Beschmutzung im Kurzstand. Durch die Krümmspreizstellung

der Rinder beim Koten und Harnen kommt es zu einer Berührung des Rückens mit dem unter Strom stehenden Metallbügel, was die Tiere dazu veranlasst beim Koten zurückzutreten. Aus Tierschutzgründen sollten derartige Steuerungselemente nicht mehr eingesetzt werden.
Rinder werden oft als Hartboden-Gänger und als Weichboden-Lieger bezeichnet. Das heißt, Rinder bevorzugen im Liegebereich einen verformbaren Untergrund. Mangelhaft isolierte Böden führen zu Wärmeableitungen im Euterbereich und gefährden damit die Eutergesundheit. Einstreumaterialien (überwiegend Stroh), Gummimatten und neuerdings Kuhmatratzen vermindern das Auskühlen der Euter. Der Liegekomfort steht in unmittelbarem Zusammenhang mit der Liegezeitdauer und der Milchbildung. Der Blutfluss zum Euter von liegenden Kühen ist um etwa 28 % höher als bei einer stehenden Kuh. In Wahlversuchen bevorzugen Kühe mit Matratzen ausgelegte Liegeboxen gegenüber herkömmlichen Hartgummibelägen (Tab. 1). Untersuchungen von TUCKER und WEARY (2001) haben gezeigt, dass die Wahl von Milchkühen für bestimmte Bodenqualitäten von deren Vorerfahrung (im Sinne der Frühkonditionierung während der Aufzucht) abhängt.

Tabelle 1
Annahme der Liegeboxen durch Milchkühe bei unterschiedlicher Gestaltung des Bodenbelages innerhalb eines Abteils (nach MARTEN und WOLF, 1999) (Acceptance of cubicles with different floor surfaces by dairy cattle within one stall compartment (after MARTEN and WOLF, 1999))

Bodenbelag	Tägliche Belegungsdauer in Stunden	Dauer der Liegeperioden in min		Anzahl Liegeperioden in 24 Stunden
	$\bar{x}$	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$
Standard	5,8	64,4	52,4	5,4
Wasserbett	11,2	67,4	40,7	10,0
Ken Kraiburg	11,8	66,3	47,1	10,7
Pasture Mat	13,9	68,4	41,8	12,2
Comfy Cushion	15,3	58,8	45,7	15,6
Alfa Laval	13,4	50,5	33,0	16,0
Sys. Kraiburg	15,5	54,8	37,4	17,2

In bevorzugten Liegeboxen ruhen Kühe im Durchschnitt bis zu 12 Stunden pro Tag. In herkömmlichen Ställen werden Ruhezeiten von durchschnittlich nur etwa 8 bis 10 Stunden beobachtet. Lange Liegeperioden zeugen jedoch nicht nur von Liegekomfort, sondern können auch durch schmerzhafte Aufsteh- und Abliegevorgänge bedingt sein. Strohmatratzen und Kiesschüttungen weisen eine ähnliche Attraktivität wie Liegematratzen auf. Bezüglich der Hygienesituation bei verschiedenen Einstreumaterialien und Bodenbelägen existiert Uneinigkeit. Dies hängt u. a. von dem spezifischen Keimmilieu im Stall, der Einstreumenge und dem Einstreumaterial sowie den spezifischen Material- und Verlegeeigenschaften ab. Eine starke Verschmutzung der Liegeboxen kann durch eine falsche Dimensionierung bedingt sein.

Anforderungen an die Fressplatzgestaltung, Futtervorlage und Tränken

Generell sollte der Fressbereich so gestaltet sein, dass alle Kühe gleichzeitig fressen können. Ein solches Tier : Fressplatz-Verhältnis von 1 : 1 ist für die Fütterung am Fressgitter vorzusehen. Bei Fütterung zur freien Aufnahme in Form einer totalen Mischration (TMR) kann von diesem engen Verhältnis abgewichen werden. Dennoch sollte ein Tier : Fressplatz-Verhältnis von 2 : 1 nicht überschritten werden. Dadurch

wird gewährleistet, dass auch rangniedere Tiere ihre bedarfsgerechte Futtermenge aufnehmen können. In größeren Milchviehbetrieben werden die Tiere in der Regel in Leistungsgruppen entsprechend ihrem Energiebedarf über TMR zur freien Aufnahme gefüttert.
Auf der Weide nehmen die Kühe das Gras im „Weideschritt“ auf, d. h. sie können ihren Kopf durch das Gehen (die Vorderbeine sind weit auseinander gestellt) leichter auf den Boden absenken. Da diese Schrittstellung im Anbindestand nicht möglich ist, sollte das Krippenbodenniveau um 10 bis 12 cm gegenüber der Standfläche angehoben sein. Krippenbegrenzungen aus Hartgummi haben sich in der Praxis bewährt. In Laufställen befindet sich das Krippenbodenniveau 20 bis 25 cm und die Krippenkante etwa 55 cm über der Lauffläche. Die Futterkonkurrenz bei Rindern ist zwar nicht so ausgeprägt wie bei Schweinen, dennoch haben sich Palisadenfressgitter, Fangfressgitter (verhindern Fressplatzwechsel) bzw. auch Seitenabtrennungen über etwa ein Drittel des Körpers für eine ungestörte Futteraufnahme von Kühen bei der Laufstallhaltung als vorteilhaft erwiesen. Zu geringe Fressplatzbreiten (unter 70 cm) führen zu Unruhe bei der Futteraufnahme.
Der ungestörte Zugang zu den Trog- bzw. Beckentränken ist auch im Hinblick auf die Milchbildung unerlässlich. Kühe nehmen große Wassermengen (durchschnittlich 18 Liter pro Minute) in relativ kurzer Zeit durch das Zurückziehen der Zunge saugend auf. Beckentränken sollten einen entsprechenden Durchmesser (20 cm) und eine hohe Minutenförderung (20 Liter pro Minute) aufweisen. Kühe besuchen im Schnitt etwa 2- bis 5-mal am Tag die Wasserstellen und nehmen dabei insgesamt Wassermengen von 50 bis 100 Liter auf. Um Blockaden der Wassertränken durch ranghohe Tiere zu vermeiden, sollten möglichst zwei Tränkbereiche für jeweils 25 Tiere vorhanden sein, an welche die Kühe von mehreren Seiten herantreten können. In Kaltställen sollten die Tränken beheizbar sein. Es wird angenommen, dass Kühe Wassertemperaturen im Bereich von 17 °C bevorzugen, da in diesem Temperaturbereich die höchsten Milchleistungen festgestellt wurden.

Anforderungen an den Melkbereich

Melkordnung und Handling

Die Reihenfolge, in der die Kühe in den Melkstand eintreten, stimmt nur teilweise mit der sozialen Rangfolge (Dominanzhierarchie) überein. Der Drang, gemolken zu werden, ist das dynamische, die Rangstellung das regulierende Moment bei der Melkordnung. Obwohl verschiedentlich behauptet, besteht im Allgemeinen kein Zusammenhang zwischen der Milchleistung und dem sozialen Rang. Auch die alten und erfahrenen Leittiere führen nicht notwendigerweise die Herdengenossen in den Melkstand. Da Kühe sich sehr schnell an die sie umgebende Technik und das Handling gewöhnen, sollten sie zur gleichen Tageszeit in immer gleicher Weise an den Melkstand herangeführt werden. Das angestrebte freiwillige Eintreten in den Melkbereich wird durch einen behutsamen Umgang und durch Belohnung (in Form von Kraftfuttergaben im Melkstand) unterstützt. Ein Treibgitter im Wartebereich sollte niemals mit Gewalt oder mit Unterstützung von Elektrotreibern auf die Tiere einwirken. Die Ruhe und Konsistenz des Treibers überträgt sich auch entsprechend auf die Tiere. Bei behornten Tieren kann es unter beengten Verhältnissen im Wartebereich zu Verletzungen kommen. Bestimmte Geräuschkulissen (u. a. Musik, Melkgeschirrgeklapper) können nach

dem Prinzip der klassischen Konditionierung das vorzeitige Einschießen der Milch herbeiführen.

Automatisches Melken

Ungeachtet der spezifischen technischen Details bei dieser neuen Form der Milchgewinnung hängt die Bewertung der Tiergerechtheit in hohem Maße von der Qualität des Managements ab. Grundsätzlich kommt das eigenmotivierte Melken dem natürlichen Verhalten der Tiere entgegen. Ein häufigerer Milchentzug sollte das Euter entlasten und in der Frequenz dem Milchentzug durch das eigene Kalb entsprechen. Wahlversuche mit Kühen haben jedoch gezeigt, dass gegenüber einem freiwilligen Besuch des automatischen Melksystems (AMS) immer der Zugang zum Futter gewählt wurde und dabei der Euterinnendruck nicht maßgeblich für die Entscheidung war. Das heißt, dass der freiwillige Eintritt in das AMS nur in Verbindung mit Kraftfutterverabreichung funktioniert. Die Variabilität zwischen den Kühen einer Herde in der Frequenz der AMS-Besuche ist beträchtlich. Einige Tiere besuchen unter Umständen weniger oft das AMS als beim konventionellen zweimaligen täglichen Melken. Bei Überbelegung des AMS (bei 60 Kühen ist eine Einboxenanlage nahezu rund um die Uhr ausgelastet) kann es zu einem Verlust der sozialen Synchronisation und zu erhöhten Warte- und Stehzeiten kommen. Rangniedere Tiere werden dann in unattraktive Melkzeiten abgedrängt oder suchen das AMS gar nicht auf (KETELAAR DE LAUWERE et al., 1996). Kühe müssen durch den Tierhalter an das AMS angelernt werden. Mit einem gewissen Prozentsatz von Tieren (im Mittel etwa 5 bis 8 %), die das AMS gar nicht annehmen, muss dabei gerechnet werden. Beim gelenkten Kuhverkehr erreicht die Kuh das Grundfutter nur durch Passieren des AMS, wodurch sich die Dauer für die Grundfutteraufnahme verkürzt und die Stehzeiten verlängert werden. Schmerzverursachende mechanische oder gar elektrische Austriebhilfen sind vor dem Hintergrund einer Negativassoziation der Tiere mit dem AMS als sehr problematisch anzusehen. Die Besatzdichte, der behutsame Umgang mit den Tieren und die individuelle Tierkontrolle mit entsprechender Gesundheitsüberwachung sind im Laufstall mit AMS als besonders kritisch zu werten. Die durch das automatische Melken entfallende Arbeitszeit des Melkens muss für eine intensivere Beschäftigung mit Herdenmanagementprogrammen, Tierbeobachtungen und für die Tierbetreuung eingesetzt werden (MÜLLER et al., 2000).

Tierschutzrecht

Rechtliche Rahmenbedingungen für die konventionelle Rinderhaltung

Für die Rinderhaltung gelten die für alle Wirbeltiere grundsätzlichen Mindestanforderungen (Tierhaltung § 2) des TIERSCHUTZGESETZES von 1998. Spezifische nationale rechtsverbindliche Haltungsrichtlinien wie etwa für die Haltung von Kälbern existieren derzeit nicht für die Milchviehhaltung. Auf europäischer Ebene gelten die im EUROPÄISCHEN ÜBEREINKOMMEN ZUM SCHUTZ VON TIEREN IN LANDWIRTSCHAFTLICHEN TIERHALTUNGEN festgelegten Empfehlungen für das Halten von Rindern (1988). Die Empfehlungen beziehen sich auf die Betreuung, Gebäude und Einrichtungen, Management sowie auf Veränderungen des Phäno- und/oder Genotyps. Bezüglich der Haltungs- und Managementanforderungen werden nur sehr allgemeingültige Grundsätze angesprochen. Konkrete Richtwerte findet man hier nicht. Diese sind im Einzelnen der Fachliteratur, den Beratungsempfehlungen zu

den Leitlinien einer Ordnungsgemäßen Tierhaltung (z. B. Ordnungsgemäße Rinderhaltung der LANDWIRTSCHAFTSKAMMER HANNOVER, 1995) bzw. den Publikationen der Fachinformationsdienste zu entnehmen (z. B. CD-ROM Nutztierhaltung des AID E.V., 2001).

Rinderhaltung im Ökologischen Landbau

Seit dem 19. Juli 1999 gelten verbindliche Mindestanforderungen für die Rinderhaltung im Ökologischen Landbau (VERORDNUNG / EG / Nr. 1804/1999). Hiernach dürfen Rinder nur noch in begründeten Ausnahmefällen (Sicherheits- bzw. Tierschutzgründe) zeitlich begrenzt angebunden werden. In vor dem 24. August 2000 errichteten Gebäuden dürfen Rinder für einen Übergangszeitraum (bis 31. Dezember 2010) angebunden werden, sofern sie regelmäßigen Auslauf haben und auf eingestreuten Flächen gehalten werden. Weiterhin dürfen Rinder in kleinen Betrieben angebunden werden, wenn es nicht möglich ist die Rinder in Gruppen zu halten, sofern sie mindestens zweimal in der Woche Auslauf haben. Für Laufställe gilt, dass mindestens die Hälfte der Bodenfläche planbefestigt ist und die nicht perforierten Ruhebereiche ausreichend eingestreut sind. Generell ist den Tieren Weide- und Freigeländezugang oder Auslauf zu gewähren. Für Milchkühe sind Nettoflächen von 6 m^2 je Tier im Stall und mindestens 4,5 m^2 je Tier im Außenbereich vorzusehen.

II. Pferdehaltung

a.) Bestandsentwicklung und Aufstallungsarten

In Deutschland werden gegenwärtig etwa 652.000 Zucht-, Sport- und Freizeitpferde gehalten (Stand: Mai 2000, TIERSCHUTZBERICHT, 2001). Arbeitspferde werden nur noch ganz vereinzelt gehalten. Aus formalen Gründen gelten Pferde im Sinne des Tierschutzgesetzes als landwirtschaftliche Nutztiere. Zur Anzahl und Verteilung von Pferden auf die unterschiedlichen Aufstallungsarten existieren keine Statistiken. Schätzungen zufolge werden etwa 60% der Pferde in Einzelboxhaltung ohne Auslauf gehalten. Vereinzelt befinden sich noch Pferde in Ständerhaltung. Rangierend nach der Häufigkeit der Aufstallungsart folgen Außenboxenhaltung mit und ohne direkten Auslauf (Paddock), Einraum-Gruppenlaufstall, Gruppenauslaufhaltung und Weidehaltung mit Witterungsschutz.

b.) Haltungsansprüche

Empfehlungen oder Richtlinien zur tiergerechten Haltung von Pferden sind auf EU-Ebene nicht vorgesehen. Neben den generellen Bestimmungen des Tierschutzgesetzes gelten in Deutschland die LEITLINIEN ZUR BEURTEILUNG VON PFERDEHALTUNGEN UNTER TIERSCHUTZGESICHTSPUNKTEN (1995) als Grundlage der Selbstkontrolle für Pferdehalter und dienen den für Tierschutz zuständigen Behörden als Orientierungshilfe für tierschutzrelevante Entscheidungen.

Allgemeine Ansprüche

Grundsätzliche Ansprüche des Pferdes an die Umwelt ergeben sich aus dem genetisch fixierten Verhaltensrepertoire eines an die Steppe angepassten hoch spezialisierten Herden-, Lauf- und Fluchttieres (ULLSTEIN, 1996). Werden diese Grundbedürfnisse (insbesondere nach Bewegung und Klimareizen) durch inadäquate Haltungsbedingun-

gen nicht erfüllt, so können sich Verhaltensstörungen und gesundheitliche Beeinträchtigungen (insbesondere Erkrankungen des Bewegungs-, Verdauungs- und Atmungsapparates) einstellen (LEBELT, 1998, ZEITLER-FEICHT, 2001).

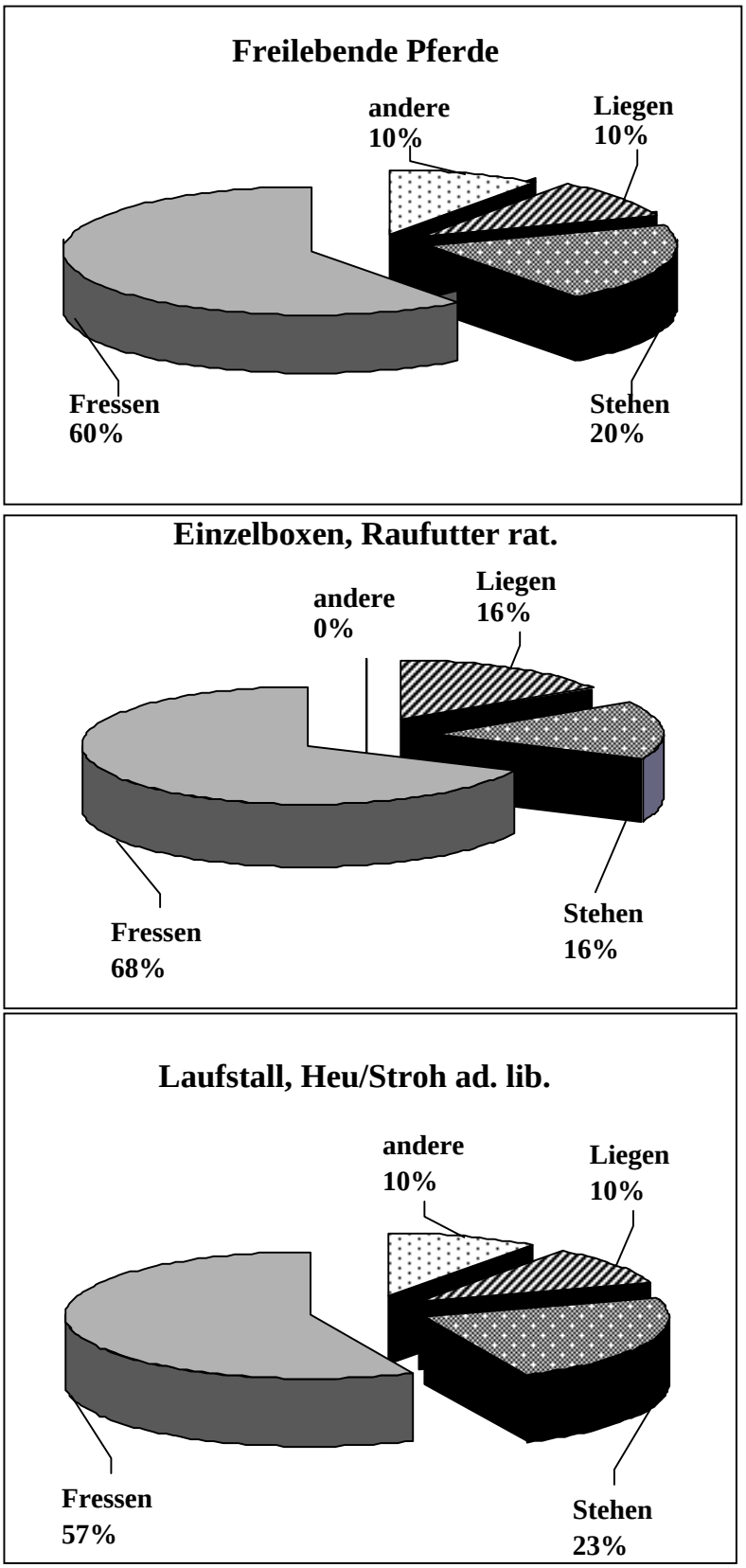


Abb. 1: Zeitbudgets bei verschiedenen Haltungsformen (BEYER, 1998) (Time budgets for different housing systems (BEYER, 1998))

Beurteilung der Tiergerechtheit von Haltungseinrichtungen

Auf der Grundlage von Zeit-Budget-Vergleichen mit frei lebenden Pferden entwickelte BEYER (1998) ein Bewertungssystem für Pferdehaltungssysteme. Danach verbringen freilebende Pferde etwa 60 % des Tages mit Fressen, 20 % mit Stehen, 10 % liegend und 10 % mit sonstigen Verhaltensweisen. Während bei der Einzelboxenhaltung mit rationierter Raufuttervorlage die Verhaltensweisen der Pferde diesen Zeitbudgets am wenigsten entsprechen, kommt das Verhalten von Pferden in Laufstallhaltung mit ständiger Heu- und Strohvorlage diesen Zeitbudgets schon sehr nahe (siehe Abb. 1). Generell kann festgestellt werden, dass der Nutzungsanspruch des Pferdes durch den Menschen in der Regel (mit der Ausnahme der Freilandhaltung) mit den Ansprüchen dieser Tierart an seine Haltung im Konflikt steht. Dem nur sporadisch genutzten Sport- und Freizeitpferd muss das Haltungssystem den erforderlichen Ausgleich bieten (MARTEN und SALEWSKI, 1989; siehe Abb. 2). Neben den bereits angesprochenen Leitlinien zur tierschützerischen Beurteilung von Pferdehaltungen existieren Leitsätze für die baulichen Anlagen der Pferdehaltung (MARTEN, 2000) und entsprechend der Funktionskreise des Tierverhaltens Beurteilungskonzepte zur Einschätzung der Tiergerechtheit von Stalleinrichtungen (DLG-MERKBLATT 321, 2000; Tab. 2). Die Deutsche Reiterliche Vereinigung e.V. (FN) bietet auf Antrag eine Anerkennung als „FN-geprüfte Pferdehaltung“ an, sofern Betriebe den Anforderungen der durch eine Prüfungskommission erhobenen Kriterien (u.a. zum Personal, der Haltungsform und zum Zustand der Tiere) entsprechen. Die AUSBILDUNGS- UND PRÜFUNGSORDNUNG (APO) der FN (2000) sieht ein Kennzeichnungssystem (Grundschild Pferdehaltung) zur Zertifizierung einer pferdegerechten Haltung als Grundlage und Voraussetzung für jede spezialisierte Anerkennung (z.B. Schul- und Ferienbetrieb) vor.

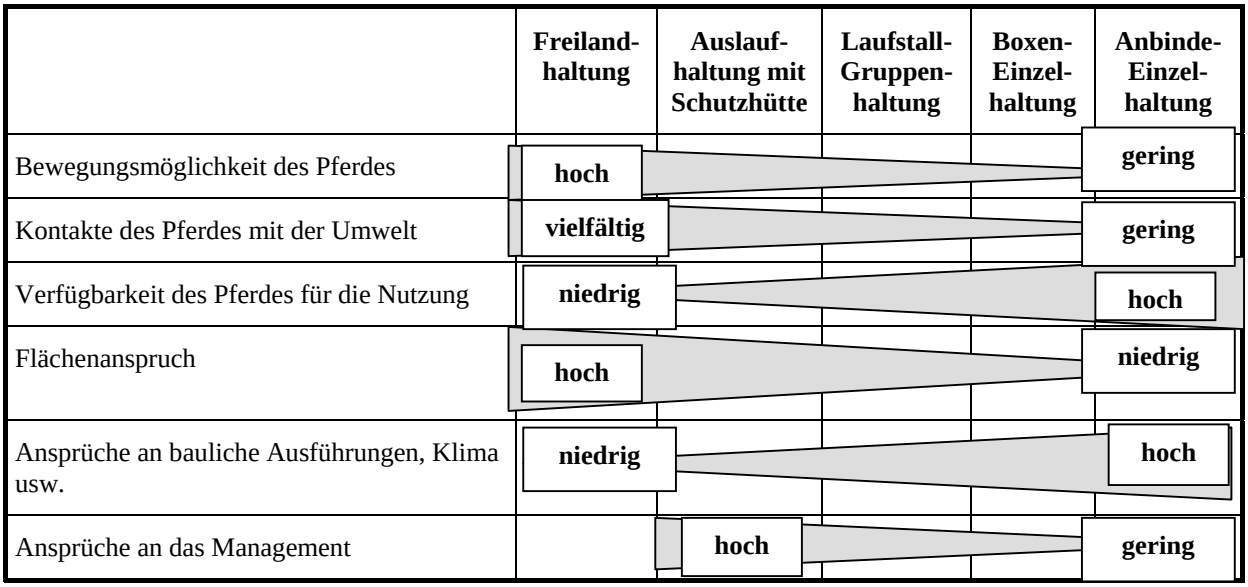


Abb. 2: Beurteilung von Haltungssystemen (geänd. n. MARTEN und SALEWSKI, 1989) (Assessment of housing systems (modified after MARTEN and SALEWSKI, 1989))

Klimagestaltung

Als Steppentier weisen Pferde eine hohe Kälte- und Hitzetoleranz auf. Daher sollte die Stalltemperatur weitestgehend der Außentemperatur entsprechen. Die Stimulierung des Organismus durch Klimareize ist erwünscht. Als optimal gelten eine relative Luftfeuchtigkeit von 60-65 % und eine Luftgeschwindigkeit (je nach Stalltemperatur) zwischen 0,1 und 0,3 m/sec. Pferde beanspruchen ein hohes Stallvolumen von etwa 30 bis 40 m^3/Pferd. Dies bedingt einen häufigen Luftwechsel, da Pferde einen stündlichen Luftwechselbedarf von bis zu 300 m^3 haben. Für Schadgase und Stäube im Stall gelten folgende Grenzwerte: CO_2 (als Schadgasindikator) < 0,10 Vol. %; NH_3 < 10 ppm; H_2S 0 ppm und Feinstaubgehalte von < 4 mg/m^3 bei einem Keimgehalt von < $4x10^5$ KBE/m^3.

Tabelle 2
DLG-Prüfkriterien für die Tiergerechtheit von Haltungseinrichtungen für Pferde (DLG-MERKBLATT 321, 2000) (DLG-assessment criteria for welfare conform housing equipment for horses (DLG-Leaflet 321, 2000))

Funktionskreis	Prüfkriterien
Ausscheidungsverhalten	• Eigenschaften des Bodens (z.B. Möglichkeit des Urinierens auf eingestreuter Fläche, Rutschfestigkeit des Bodens) • Hygiene (z.B. Sauberkeit der Tiere)
Ernährungsverhalten	• individuelle Fress- und Trinkzeiten • Körperhaltung (z.B. Raufutteraufnahme in Bodenhöhe) • Tränke- und Fressplatzgestaltung (z.B. Zugänglichkeit, Tier/Fressplatz- und Tränkeverhältnis, Schutzvorrichtungen, Funktionssicherheit von Automaten, Wassernachlaufgeschwindigkeit, Eintauchmöglichkeit des Maules, Möglichkeit zum selektiven Fressen) • Hygiene an den Tränken und Fressplätzen • Verletzungsgefahr und Schäden
Fortpflanzungsverhalten	• bei speziellen Einrichtungen wie Untersuchungsständen und Absamungsphantomen: - Hygiene - Trittsicherheit des Bodenbelages - Verletzungsgefahr und Schäden
Komfortverhalten	• Möglichkeiten der Ausübung (z.B. Platzangebot, Wälz- und Scheuermöglichkeit, Thermoregulation, Rutschfestigkeit des Bodens) • Anwesenheit von Artgenossen • Hygiene • Verletzungsgefahr und Schäden
Fortbewegungsverhalten	• Möglichkeiten der Ausübung (z.B. Platzangebot) • Bodengestaltung (z.B. Rutschfestigkeit und Trittsicherheit, Trockenheit und Sauberkeit) • Verletzungsgefahr und Schäden
Sozialverhalten	• soziale Interaktionen (z.B. Möglichkeit der Ausübung, Anzahl agonistischer Interaktionen, Fellpflege) • Ausweichmöglichkeiten • Synchronität des Verhaltens • Verletzungsgefahr und Schäden
Erkundungsverhalten	• Möglichkeiten und Häufigkeit der Ausübung (z.B. Reizangebot, Platzangebot, Bodengestaltung, Raumstruktur) • Verletzungsgefahr und Schäden
Spielverhalten	• Möglichkeiten und Häufigkeit der Ausübung (Sozial-, Bewegungs- und Objektspiel) • Verletzungsgefahr und Schäden

Das natürliche Spektrum des Lichtes wirkt sich allgemein synchronisierend und stimulierend auf die physiologischen Prozesse der Tiere aus. Daher sollten Pferde so oft

wie möglich diesen natürlichen Lichtverhältnissen ausgesetzt werden (u.a. durch Ausläufe bzw. Außenklappen). Die Leitlinien (1995) fordern eine Mindestfensterfläche von 5 % der Stallfläche.

Flächenbedarf und Fußbodengestaltung

Im Stallbereich richten sich die Boxengrundflächen entsprechend nach der Pferdegröße mindestens (2 x Widerristhöhe)^2. Für ein Warmblutpferd ergibt sich eine Mindestfläche von 11 m^2, die dem Pferd als Liegefläche in gestreckter Seitenlage und als Wälzmöglichkeit zur Verfügung stehen muss. Die Stalldeckenhöhe sollte mindestens 2,50 m betragen. Im Laufbereich müssen einem ausgewachsenen Pferd ebenfalls mindestens 11 m^2 angeboten werden.

Der Stallboden unterhalb der Einstreu muss planbefestigt und rutschfest sein, der Liegebereich trocken und verformbar. Das Bodenniveau zwischen den Boxen und der Stallgasse bzw. Auslauf sollte stets niveaugleich sein. Wegen des Verletzungsrisikos müssen die Boxentüren und Trennwände zum Boden hin abschließen. Oberhalb einer Trennwandhöhe von 0,8 x der Widerristhöhe sollte Pferden der Kontakt zu Nachbartieren ermöglicht werden.

Anforderungen an die Fressplatzgestaltung und Futtervorlage

Futterkrippen sind in Höhe von etwa 1/3 der Widerristhöhe anzubringen. Für die Laufstallhaltung bietet sich die individuelle Kraftfutterzuteilung über Automaten an. Für die manuelle Kraftfutterzuteilung in Laufställen sind Fressstände mit einer Fressplatzbreite von 80 cm und einem Tier : Fressplatz-Verhältnis von 1 : 1 notwendig, wobei zur Vermeidung von Verdrängungen die Fressstandlänge 1,8 x Widerristhöhe entsprechen soll. Pferde haben als Monogaster mit einem zur Körpergröße relativ kleinen Magen keine Möglichkeit, Futter und Wasser zu speichern. Daher sollte das Raufutter mindestens drei mal am Tag in einer Menge von 1 kg/100 kg Lebendgewicht auf dem Boden vorgelegt werden. Die Tränke ist gegenüber der des Futtervorlagebereiches anzubringen und muss täglich auf Durchlaufgeschwindigkeit und Verschmutzung hin kontrolliert werden.

Haltungsaspekte und Tiergesundheit

Gesundheitliche Schäden stehen bei Pferden meist mit der mangelhaften Haltung, Ernährung und dem falschen Umgang in Verbindung. Schätzungen gehen davon aus, dass ca. 80 % der Stallpferde symptomatische oder latent vorhandene Schäden der Atemwege aufweisen (PICK, 1994). Es muss davon ausgegangen werden, dass Pferde in herkömmlichen Haltungsformen etwa nur die Hälfte ihres biologisch möglichen Lebensalters erreichen. In einer Untersuchung zu krankheitsbedingten Abgangsursachen bei Warmblutpferden nahmen Atemwegserkrankungen mit 45 % und Lahmheiten allgemeiner Art mit 25 % den mit Abstand größten Anteil ein (VON BUTLER und ARMBRUSTER, 1984; siehe Abb. 3). Bewegungsmängel und soziale Isolation manifestieren sich häufig in Bewegungsstereotypien wie Weben, Koppen, Stallknicken und Zungenspielen.

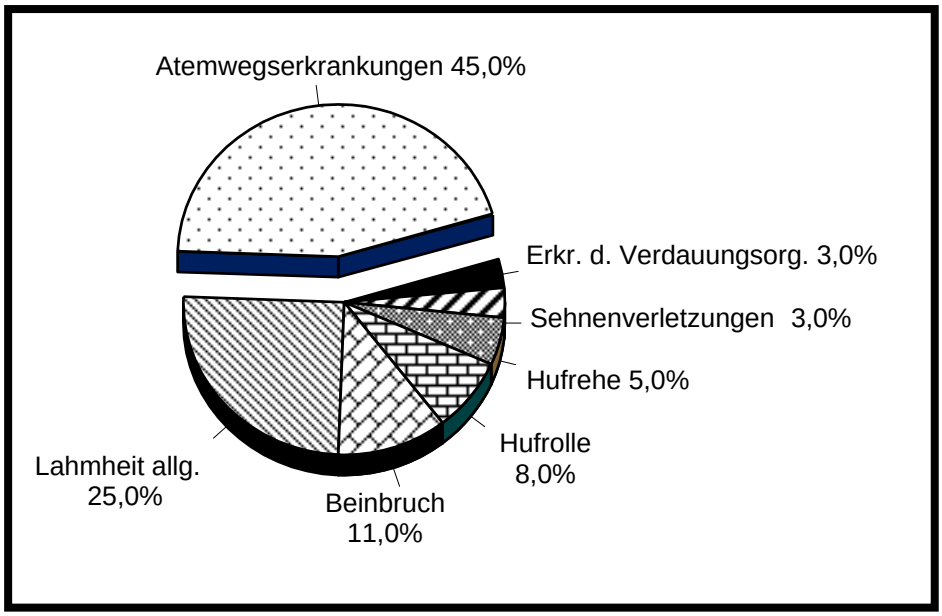


Abb. 3: Krankheitsbedingte Abgangsursachen bei Warmblutpferden (von BUTLER und ARMBRUSTER, 1984)
(Causes for culling of warm-blooded horses (von BUTLER and ARMBRUSTER, 1984))

Schlussfolgerungen

Für die Haltung von Milchrindern und Pferden existieren derzeit keine spezifischen Mindestanforderungen in Form von gesetzlich verbindlichen Verordnungen. Dies hängt mit der Situation auf EU-Ebene zusammen, wo momentan in diesen Bereichen kein Handlungsbedarf gesehen wird. Derzeit werden daher die Empfehlungen und Leitlinien auf europäischer und deutscher Ebene zu den Mindestanforderungen an die Haltung von Rindern und Pferden herangezogen. Laufstallhaltungen setzen sich nicht nur aus Tierschutzgründen im Rinderbereich zunehmend durch. Auch im Bereich der Pferdehaltung wird die Laufstall-Gruppenhaltung bzw. die Auslauf- und Freilandhaltung als die tiergerechtere Haltungsform gegenüber der Einzelboxenhaltung propagiert. Im Gegensatz zur Rinderhaltung stehen jedoch meist die Nutzungsansprüche des Menschen den Ansprüchen der Pferde an ihre Haltungsumwelt entgegen. Die Ständerhaltung für Pferde entspricht nicht den Anforderungen an eine tiergerechte Haltung. Auch die Anbindehaltung für Rinder gerät unter dem Gesichtspunkt der Tiergerechtheit zunehmend unter Druck. Längerfristig werden sich auch die kleinen Familienbetriebe mit Stallkonzepten zur Kleingruppenhaltung beschäftigen müssen. Forschungsbedarf besteht in den Bereichen des Gesundheitsmonitorings (Epidemiologie), der Mensch-Tier-Beziehung und der Verhaltensstörungen und deren Ursachen in Bezug zu Genetik, Ontogenese sowie zur sozialen und technischen Haltungsumwelt.

Literatur

ADR-BERICHTE:
Rinderproduktion in der Bundesrepublik Deutschland. Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter e.V., Bonn (1999)

AUSBILDUNGS-PRÜFUNGSORDNUNG (APO-2000):
Die wichtigsten Änderungen für Pferdebetriebe. Pferd und Sport **09** (1999), 12

AUSWERTUNGS- UND INFORMATIONSDIENST FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (AID) E.V.:

CD-ROM Nutztierhaltung -- Das Programm zur Beurteilung von Haltungssystemen für Schweine, Rinder, Pferde und Legehennen (2001)

BALDWIN, B.A.; START, B.:
Sensory reinforcement and illumination in sheep and calves. Proc. Royal Society, London, **B211** (1981), 513-526

BEYER, S.:
Artgemäße Pferdehaltung. In: Kriterien für eine artgemäße Pferdehaltung. IFB Information für Beratung und Verwaltung. Hessisches Landesamt für Regionalentwicklung und Landwirtschaft, Kassel (1998)

BÜSCHER, W.; BREHME, U.; KARRER, M.:
Frostsichere Wasserversorgung von Rindern in Außenklimaställen. DLG-Merkblatt **320** (2000), DLG-Verlag, Frankfurt

BUTLER, I. VON; ARMBRUSTER, B.:
Struktur und Abgangsursachen bei Schlachtpferden. Dtsch. tierärztl. Wschr. **91** (1984), 330-331

DLG-MERKBLATT 321:
Tiergerechtheit auf dem Prüfstand: Anforderungen an freiwillige Prüfverfahren gemäß § 13a TierSchG. DLG-Verlag (2000), 1-16

EUROPÄISCHES ÜBEREINKOMMEN ZUM SCHUTZ VON TIEREN IN LANDWIRTSCHAFTLICHEN TIERHALTUNGEN:
Empfehlung für das Halten von Rindern (1988): veröffentlicht in den AID-Informationen, Arbeitsunterlagen für Berufsbildung und Beratung, **42** (1993) Nr. 5

KÄMMER, P.; TSCHANZ, B.:
Untersuchungen zur tiergerechten Haltung von Milchkühen in Laufställen. Schweiz. Landw. Forschung, Heft **14** (1975), 203-221

KETELAAR DE LAUWERE, C.C.; DEVIR, S.; METZ, J.H.M.:
The influence of social hierarchy on the time budget of cows and their visits to an automatic milking system. Appl. Anim. Behav. Sci. **49** (1996), 199-211

KNIERIM, U.; HESSE, D.; BORELL, E. v.; HERRMANN, H.-J.; MÜLLER, C.; RAUCH, H.-W.; SACHSER, N.; ZERBE, F.:
Voluntary animal welfare assessment of mass-produced farm animal housing equipment with standardised procedure. Anim. Welfare (2002), in press

LANDWIRTSCHAFTSKAMMER HANNOVER:
Ordnungsgemäße Rinderhaltung -- Beratungsempfehlungen zu den Leitlinien Ordnungsgemäßer Tierhaltung (1995), 1-71

LEBELT, D.:
Problemverhalten beim Pferd. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart (1998)

LEITLINIEN ZUR BEURTEILUNG VON PFERDEHALTUNGEN UNTER TIERSCHUTZGESICHTSPUNKTEN VOM 10. NOVEMBER (1995):
http://verbraucherministerium.de/tierschutz/pferdehaltung.htm

MARTEN, J.; SALEWSKI, A.:
Handbuch der modernen Pferdehaltung. Franckh-Kosmos Verlag & Co., Stuttgart (1989)

MARTEN, J.:
Leitsatz: Bauliche Anlagen für die Pferdehaltung. KTBL-Arbeitsblatt Nr. **1108** (2000)

MARTEN, F.; WOLF, J.:
Einfluss verschiedener Bodenbeläge auf die Liegedauer von Milchkühen. Milchpraxis **2/1** (1999), Sonderdruck, 1-4

MÜLLER, C.; HERRMANN, H.-J.; KNIERIM, U.; HESSE, D.:
Bewertung der Tiergerechtheit von automatischen Melksystemen. In: H. Schön (Hrsg.) Automatische Melksysteme. KTBL-Schrift **395**, Landwirtschaftsverlag Münster (2000), 132-136

PICK, M.:
Pferdehaltung und Tierschutz. Tierärztl. Umschau Heft 5, **49** (1994), 259-262

TIERSCHUTZBERICHT DER BUNDESREGIERUNG 2001:
Herausgeber: Referat Öffentlichkeitsarbeit des BMVEL (2001), 30

TIERSCHUTZGESETZ VOM 29. MAI 1998:
Bundesgesetzblatt Jahrgang 1998, Teil I Nr. **30** (1998), 1106-1120

TUCKER, C.B.; WEARY, D.M.:
Stall design: enhancing cow comfort. Advances in Dairy Technology **13** (2001), 155-168

ULLSTEIN, H.:
Natürliche Pferdehaltung. Verlag Müller, Rüschlikon (1996)

VERORDNUNG (EG) NR. 1804/1999:
des Rates vom 19. Juli 1999 zur Einbeziehung der tierischen Erzeugung in den Geltungsbereich der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 über den ökologischen Landbau und die entsprechende Kennzeich-

nung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse und Lebensmittel. Amtsblatt Nr. **L 222** vom 24.08.1999, 1-28

ZEITLER-FEICHT, M.:
Handbuch Pferdeverhalten. Ursachen, Therapie und Prophylaxe von Problemverhalten, Ulmer-Verlag (2001)

ZENTRALE MARKT- UND PREISBERICHTSTELLE FÜR ERZEUGNISSE DER LAND-, FORST- UND ERNÄHRUNGSWIRTSCHAFT GMBH (ZMP):
Jahresbericht (2000), Bonn

Anschrift des Verfassers
Prof. Dr. EBERHARD von BORELL
Institut für Tierzucht und Tierhaltung mit Tierklinik der
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Adam-Kuckhoff-Str. 35
D-06108 Halle/S.

E-Mail: BORELL@landw.uni-halle.deT