

Diss. ETH No. 18406

**Developing Optimized Cattle Breeding Schemes  
based on the Demands and Opportunities of  
Poor Livestock Keepers in Eastern Africa with a  
special Focus on Trypanosomiasis**



A dissertation submitted to the  
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH  
for the degree of  
DOCTOR OF SCIENCES

presented by

**ULRIKE JANBEN-TAPKEN**

Dipl. Ing. Agr. Humboldt-University of Berlin  
born 13<sup>th</sup> February 1974  
citizen of  
GERMANY

accepted on the recommendation of:

Prof. Dr. B. Lehmann, examiner  
Prof. Dr. J. M. Dekkers, co-examiner  
Dr. H. N. Kadarmideen, co-examiner  
Dr. P. von Rohr, co-examiner

Zurich 2009

## **Zusammenfassung**

Der Viehbestand armer Landbevölkerung spielt eine entscheidende Rolle bei der Sicherung ihres Lebensunterhalts und ihrer Ernährung. Rinder bilden ein tragendes Element in diesen ressourcenarmen Landwirtschaftssystemen in denen sie eine Vielzahl an Funktionen erfüllen. Eine Erhöhung ihrer Produktivität kann demnach auch in den untersuchten Produktionssystemen: Ackerbau-Viehwirtschaft (crop-livestock) und Pastoralismus (pastoral) in Kenia und Agrar-Pastoralismus (agro-pastoral) in Äthiopien einen großen Beitrag zur Armutsbekämpfung leisten. Die Grundlage für eine mögliche Produktivitätssteigerung bilden Rinderzuchtprogramme. Diese können einerseits zum Ziel haben, das Leistungspotential der heimischen Rinderrassen anzuheben oder andererseits die Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten zu verbessern, wodurch die Unkosten und das Produktionsrisiko sinken würden. Es hat sich gezeigt, dass Fehlschlag oder Erfolg von Zuchtprogrammen in traditionellen Landwirtschaftssystemen davon abhängen, ob die Bedürfnisse und Bestrebungen der Landwirte hinreichend verstanden und sie in jedem Stadium der Planung und Ausführung eines Zuchtprogramms einbezogen wurden. In der vorliegenden Untersuchung wurde daher ein Fragebogen-Ansatz gewählt, in dem 192 Ackerbau-Viehwirtschafts-Haushalte, 111 pastorale Haushalte und 204 agrarpastorale Haushalte Auskunft über ihren Viehbestand, die Besitzverhältnisse, das Rindermanagement und dessen Einschränkungen, die Zuchtaktivitäten und deren Ausrichtung sowie den Sinn und Zweck ihrer Rinderhaltung gaben. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf Trypanosomiasis bzw. die Schlafkrankheit gerichtet, eine durch die Tsetsefliege übertragene Krankheit, die zu schwerwiegenden Produktionsausfällen bis hin zu Tierverlusten führt. Lediglich trypanotolerante Rinderrassen können ohne tierärztliche Behandlung und Medikamente trotz Infektionsdruck fortbestehen, produktiv bleiben und sich vermehren. Tierhalter in jedem der untersuchten Produktionssysteme identifizierten Trypanosomiasis als die am häufigsten zu beobachtende Krankheit in ihrem Rinderbestand. Ihr wurden Leistungsminderung bis hin zu regelmäßig vorkommenden Tierverlusten zugeschrieben. Es bestand deutliche Nachfrage nach krankheitstoleranten Rindern.

Insgesamt lassen die Befragungsergebnisse darauf schließen, dass Unterschiede zwischen den untersuchten Produktionssystemen bestehen, auch mit Konsequenz für bevorzugte Rassemerkmale. Ackerbau-Viehwirte nutzten ihre Rinder zum Feldfruchtanbau und zur Milcherzeugung für den Eigenbedarf sowie teilweise für den Verkauf. Ihre Herdengröße lag im Durchschnitt bei 25 Tieren und die Auswahl ihrer Zuchtbullen wurde in manchen Fällen auch aufgrund deren Abstammung getroffen. Hauptbewertungskriterien für Bullen und Kühe entsprachen den Produktionszielen und umfassten direkte Leistungsmerkmale, wie Zugkraft und Milchmenge oder mit den Leistungsmerkmalen in Verbindung gebrachte äußerlich sicht-

bare Hilfsmerkmale, wie körperliche Verfassung und Euterform. Adaptationsmerkmale, wie beispielsweise Krankheitsresistenz, wurden hingegen als eher zweitrangig erachtet.

Pastoralisten hielten ihre Rinder dagegen vor allem, um den Milchkonsum des Haushalts zu decken. Milchverkäufe wurden eher selten als Grund für die Rinderhaltung genannt. Außerdem gehörte die Rinderhaltung für Pastoralisten zu ihrer beruflichen Bestimmung. Ihre durchschnittliche Herdengröße lag bei 83 Tieren. Pastoralisten suchten ihre Zuchtbullen neben der Eigenleistung häufig aufgrund der Verwandtenleistung aus. Zentrale Kriterien für den Kauf von Tieren waren gute körperliche Verfassung, Euterform und hohe Anpassungsfähigkeit an Trockenheit sowie Krankheitsdruck.

Zweidrittel der Agro-Pastoralisten hielten Rinder zum Zweck des Milchkonsums, aber das Hauptaugenmerk lag eindeutig auf dem Nutzen als Arbeitstier, um Felder zu pflügen und Getreide zu dreschen. Die durchschnittliche Herdengröße lag bei 6 Tieren mit einer Mehrzahl an Arbeitsochsen. Die Vermehrung der Rinder wurde überwiegend dem Zufall überlassen, wobei das kommunale Hüteverfahren und unbeaufsichtigte Grasens eine entscheidende Rolle spielten. Trotzdem wurde bei der Beurteilung von Kühen auf gute Euterform, Milchmenge und Krankheitsresistenz und bei der Beurteilung von Bullen auf gute Zugkraftbrauchbarkeit und Krankheitsresistenz Wert gelegt.

Trotz der unterschiedlichen Bewertung gab es große Übereinstimmung in der Nennung relevanter Rindermerkmale unabhängig von der Zugehörigkeit der Befragten zum jeweiligen Produktionssystem und Trypanotoleranz erwies sich als ein gemeinsamer Schwerpunkt. Im Folgenden wurden phänotypische und genetische Populationsparameter für 16 Trypanotoleranzkennwerte geschätzt. Die Mehrzahl der analysierten Merkmale wies eine moderate Heritabilität mit ausreichender genetischer Varianz auf, um innerhalb eines Zuchtprogramms als mögliches Selektionskriterium in Frage zu kommen. Damit die Belastung der Tiere bei der Leistungsbeurteilung möglichst gering ist, sollten Merkmale herangezogen werden, die in einer frühen Phase der Infektion gemessen werden können. Das ist beispielsweise für den minimalen Hämatokritwert (Hkt) (minimum packed red blood cell volume (PCVM)) innerhalb einer festgelegten Messperiode der Fall. Außerdem sollten Merkmale herangezogen werden, die eine wirtschaftliche Bedeutung haben, wie das Durchschnittsgewicht (average body weight (BWA)) innerhalb eines möglichst kurzen Prüfzeitraums. Zusätzlich sollte ein Merkmal zur Beschreibung der Parasitenkontrolle verwendet werden, da sowohl die geschätzten Korrelationen darauf hinwiesen, dass die Kontrolle der Parasitenzahl im Blut und die Begrenzung der Anämieerscheinungen unabhängig voneinander beeinflusst werden als auch verschiedene Studien vermuten lassen, dass Parasiten- und Anämiekontrolle mit großer Wahrscheinlichkeit auf unterschiedlichen Mechanismen beruhen und unabhän-

gig voneinander funktionieren und vererbt werden. Ein geeignetes Merkmal könnte der Durchschnitt des natürlichen Logarithmus der Anzahl Parasiten an unterschiedlichen Tagen während der Leistungskontrolle (natural logarithm of the number of parasites on different days during the infection period (PARMLn)) sein.

Verschiedene Zuchtpläne wurden dargestellt und mit Hilfe einer deterministischen Simulationsstudie anhand des möglichen genetischen Zuchtfortschritts und der Genauigkeit des Indexes miteinander verglichen. Die in den untersuchten Produktionssystemen vorhandene Infrastruktur, vorherrschende technische Voraussetzungen, gegebener Bildungsstand sowie bestehendes Know-how lassen Nukleuszuchtprogramme als die günstigste Wahl für die Züchtung einer verbesserten Rinderrasse erscheinen. Das gemeinsame Zuchtziel bestand im Prinzip aus folgenden Merkmalen: Einjahresgewicht, Milchmenge, Kalbeintervall, Trypanotoleranz, Zugkraft, Fruchtbarkeit, Wasserbedarf und Futterbedarf. Der Selektionsindex bestand aus: Einjahresgewicht, Milchmenge, Kalbeintervall, subjektive Euterbeurteilung, Hodenumfang, rektale Körpertemperatur, Temperament, PCVM, BWA, PARMLn und Markerinformationen für die Trypanotoleranzmerkmale mit einem jeweiligen Erklärungswert von 30 oder 60 % der genetischen Varianz. Die unterschiedliche Gewichtung der Zuchtziele zwischen den Produktionssystemen schien nur eine untergeordnete Rolle zu spielen während Unterschiede in der Herdenstruktur aufgrund variierender Produktivität den genetischen Fortschritt deutlich verlangsamten. Die Verwendung eines gemeinsamen Zuchtziels scheint daher möglich, aber die Ausführung eines Zuchtplans sollte sich vorzugsweise auf Ackerbau-Viehwirte stützen, da diese die beste Infrastruktur und Managementvoraussetzungen aufwiesen, um hohe Effizienz zu erreichen. Obwohl Zuchtpläne unter Verwendung von Nachkommenstests den größten Zuchtfortschritt und die höchste Indexgenauigkeit ergaben, sind sie aufgrund der benötigten Anzahl weiblicher Tiere und der enormen Anzahl der Nachkommen, von denen jeweils Messergebnissen aufgezeichnet werden müssten, für die Anwendung in den genannten Produktionssystemen ungeeignet. Ein vereinfachter Selektionsindex zeigte dagegen Vorteile aufgrund möglicher Kostenreduktion für die Messung einer verringerten Anzahl an Selektionsmerkmalen im Austausch für eine geringe Einbusse im Zuchtfortschritt und der Indexgenauigkeit. Verwendung von Markerinformationen zeigte eine leichte Vergrößerung des Zuchtfortschritts pro Jahr und eine schwache Steigerung der Indexgenauigkeit. Das größte Potential für die Verwendung von Markerinformationen liegt daher eher in der Möglichkeit, phänotypische Messwerte durch Markerinformationen zu ersetzen, so dass die Anzahl der Tiere, die Trypanosomiasis ausgesetzt werden müssten, um ihre Toleranzmerkmale zu erheben, minimiert werden könnte. Der Austausch von phänotypischen Messwerten durch Markerinformationen führte zu einer geringfügigen Reduktion im Zuchtfortschritt und der Indexgenauigkeit. Marker, die durch genaue Messwerte an Rindern aus dem Nukleus kalibriert wurden, könnten

jedoch verwendet werden, um die Basispopulation zu überprüfen und überdurchschnittlich tolerante Tiere für den Nukleus zu identifizieren und damit den Zuchtschritt voranzutreiben.

Schlussendlich kann man sagen, dass die Zucht trypanotoleranter Rinder für die Viehhalter in den untersuchten Produktionsgebieten von Vorteil wäre. Einkreuzung von N'Dama erscheint jedoch zwangsweise notwendig, um die einzigartigen Toleranzgene zu übertragen und in einer synthetischen Rasse zu fixieren. Obwohl die Zucht einer solchen Rasse auf das effizienteste Produktionssystem beschränkt sein könnte, müsste jedoch vor einer breitflächigen Verteilung von Zuchtbullen die Leistung der neuen Rasse im jeweiligen Produktionssystem unter den dort herrschenden Umwelt- und Produktionsbedingungen überprüft werden, da sie keine Nachteile im Vergleich zur einheimischen Rasse darstellen darf. Die Hauptvoraussetzung für die Anwendung eines Zuchtprogramms in jedem der untersuchten Produktionssysteme wäre die Einführung eines Systems zur Messung und Aufzeichnung von Leistungsdaten durch die beteiligten Landwirte. Die Selektion auf ausgewählte Trypanotoleranzmerkmale benötigt eine zentralisierte Merkmalserhebung unter standardisierten Testbedingungen.

## **Summary**

Livestock plays a major role in the contribution to livelihoods and food security of the poor in the world and an increase of productivity of cattle which serve multiple functions in resource-poor farming systems can be expected to have a large impact on poverty alleviation in the related production systems: crop-livestock and pastoral in Kenya and agro-pastoral in Ethiopia of this study. Genetic selection programs are an important means to achieve such productivity increase through improvement of production potential of locally adapted breeds on the one hand and increased disease tolerance which reduces production risk and input costs on the other hand. Key principles which determine likely failure or success of any genetic improvement program under traditional farming systems have transpired to be the adequate understanding of the needs and aspirations of the farmers and the need to involve them at every stage in the planning and operation of the breeding program. A participatory survey was therefore conducted in the three production systems questioning 192, 111 and 204 local livestock keepers in the crop-livestock, pastoral and agro-pastoral production system about their livestock holdings, ownership pattern, cattle management practices and constraints, cattle breeding activities and focus and cattle keeping objectives. Special attention was given to the disease trypanosomiasis or sleeping sickness in cattle which is transmitted by the tsetse fly and causes severe losses in production output and susceptible animals while tolerant cattle show the ability to survive, reproduce and gain weight under natural trypanosome challenge without the aid of trypanocidal drug treatment. Trypanosomiasis was the most frequently observed disease in the investigated production systems. Livestock keepers reported production loss and death in their cattle due to trypanosomiasis and stated the desire to prefer disease tolerant bulls and cows. Overall, livestock keepers' responses revealed differences between investigated production systems. Preference traits for cattle differed accordingly. Crop-livestock farmers used cattle for crop production and milk consumption with several households being able to generate income from milk sales, owned herds with an average size of 25 head and used pedigree information for bull selection in a limited number of cases. Corresponding to the use of cattle, crop-livestock farmers directed their attention towards production traits or their associated conformation traits such as udder conformation and milk yield in cows and body condition and traction ability in bulls before the adaptation trait disease resistance. Pastoralists, on the other hand, kept cattle for milk consumption and as occupation but milk sales were rare. The average herd-size in pastoral communities comprised 83 cattle and the choice of a breeding bull was frequently based on its parents' besides own production performance. The preferences for cattle in pastoral communities focused on animals with good body condition, udder conformation and high adaptability to

drought conditions as well as disease tolerance. In the agro-pastoral production system, two third of the farmers kept cattle for milk consumption but the priority was clearly given to work for ploughing and threshing. The average cattle herd contained 6 animals, the majority working oxen, and mating was generally left to chance under free or communal grazing systems. Nevertheless, good udder conformation, milk yield and disease resistance in cows and high traction ability and disease resistance in bulls were preferred by agro-pastoralists.

Despite different focus, preferred high ranking cattle traits showed considerable overlaps across the three production systems and trypanotolerance was indicated to be a common breeding goal. Phenotypic and genetic population parameters for 16 trypanotolerance characteristics were estimated. Most of the analyzed traits were moderately heritable with sufficient genetic variance to present feasible selection criteria for a breeding scheme. To keep the strain on the animals at a minimum, emphasis should be given to early measures such as minimum packed red blood cell volume (PCVM) and economically important traits like average body weight (BWA) during a shortened recording-period. Since control of parasitaemia and limitation of anaemia showed little to no correlation and generally appear to be functionally independent and based on different mechanisms, selection for trypanotolerance should also include a parasitaemia trait such as the mean of the natural logarithm of the number of parasites on different days during the infection period (PARMLn).

A variety of breeding schemes was outlined and compared on the basis of genetic gain and accuracy of selection using a deterministic simulation study. Due to limitations in infrastructure, technical resources and human know-how, nucleus breeding schemes appear to be the adequate choice for genetic improvement of cattle in the study sites. The breeding goal contained basically the traits: Yearling weight, milk yield, calving interval, trypanotolerance, traction ability, fertility, water requirement and feed requirement. The selection index consisted of yearling weight, milk yield, calving interval, subjective udder condition score, scrotal circumference, rectal temperature, temperament, PCVM, BWA, PARMLn and marker information for the trypanotolerance traits explaining 30 or 60 % of genetic variation. The different emphasize on breeding goal traits between production systems appeared to play a minor role but differences in herd structure due to varied cattle productivity could slow down genetic gain considerably. While it may therefore be feasible to use a common breeding goal, operation of a nucleus breeding scheme should preferably focus on the crop-livestock production system with the most favourable infrastructure and cattle management to achieve high efficiency. Progeny testing, although generating the greatest genetic response per year with highest accuracy of index, transpired to be unfeasible due to the large number of female stock required and the huge number of progenies all of which need to have trait records.

A simplified selection index, on the other hand, indicated to reduce measurement costs in exchange for little reduction in genetic gain and accuracy of index. Incorporation of marker information in a breeding scheme had the potential to increase genetic gain and accuracy of index but only marginally, so its greatest potential lies in the possibility to exchange phenotypic trait measures with marker information and thus reduce the number of cattle exposed to trypanosomosis to receive trait records. Exchanging phenotypic trait measures for marker information reduced genetic gain and accuracy of selection slightly, but markers which are calibrated through accurately tested cattle in a nucleus herd could be used to screen the base population for superior individuals with the potential to speed genetic gain.

In conclusion, breeding for trypanotolerance would be advantageous for livestock keepers in the targeted production systems. Crossbreeding with N'Dama would be necessary to incorporate the unique tolerance genes but the performance of the resulting synthetic breed needs to be tested under production conditions in each of the investigated study sites for its suitability before large scale dissemination of breeding bulls even though breed development and operation of a breeding scheme could be performed in the crop-livestock production system alone. The key-element for application of any breeding scheme would be the introduction of a record taking system for participating farmers. Selection for phenotypic trypanotolerance traits would require centralized record taking under standardized test-conditions.