



Stefan Rieder | 20. September 2016

Bericht

Einsatzmöglichkeiten der Genomik in der FM-Pferdezucht

INTERN

Referenz/Aktenzeichen: RIST

Ausgangslage:

Anlässlich der Sitzung der Arbeitsgruppe F&E Freiburger vom 9. Mai 2016 wurde von Seiten von Herrn B. Beuret, Präsident SFV, der Wunsch geäußert ein Papier zu Möglichkeiten, Entwicklungen und Empfehlungen kurz, mittel, langfristig, betreffend das Thema genomische Selektion GS und Freiburgerzucht zu erhalten. Das vorliegende Papier versteht sich als Antwort auf diesen Wunsch. Es handelt sich dabei nicht um eine detaillierte Abhandlung in Berichtsform, sondern um eine Zusammenstellung und Auflistung von wesentlichen Elementen rund um das Thema GS. Der Text ist bewusst kurz gehalten.

Es werden insgesamt sechs Themen beleuchtet:

- Laboranalysen
- Daten und Phänotypen
- Voraussetzungen für genomische Selektion GS
- Genomanalyse und genetische Tests
- Neue Technologien
- Neue Merkmale

- Zusammenfassung und Empfehlungen

Jegliche Trendanalyse ist von gesellschaftlichen Entwicklungen beeinflusst. Die folgende Zusammenstellung geht davon aus, dass in der Zucht von landwirtschaftlichen Nutztieren für die Ernährung eine Zentralisierung der Kräfte und des Know-hows stattfinden wird. Diese Entwicklung ist im Geflügel und Schweinebereich bereits stark fortgeschritten. Eine eigentliche bäuerliche Zucht ist bei diesen Tieren kaum mehr relevant. Die Rindviehzucht ist traditionell stark bäuerlich geprägt. Die technischen Entwicklungen führen aber dazu, dass der einzelne Züchter an Bedeutung verliert und umgekehrt KB-Organisationen und einzelne starke Verbände an Gewicht zunehmen. Die Internationalisierung der Zucht mit einigen wenigen weltweit genutzten Rassen spielt hier ebenfalls eine bedeutende Rolle.

Ein umgekehrtes Szenario wird für Freizeit- und Heimtiere postuliert. Die Zucht bei den Freizeit- und Heimtieren ist durch kleine, wenig kapitalkräftige Vereinsstrukturen und viel Freiwilligenarbeit geprägt. Gerade beim Pferd ist eine Verschiebung der ehemals bäuerlichen Zuchtstrukturen, zur Zucht durch

Private zu beobachten. Dies weil die Pferdezucht im engeren Sinne als landwirtschaftliche Produktionsform heute schlicht nicht mehr rentabel ist. Private, die ihre Freizeit- und Hobbyaktivitäten selber finanzieren wünschen meist auch entsprechenden Entscheidungsfreiraum. In diesem Kontext können die neuen Technologien und Erkenntnisse aus der Genomik für die eigene Tätigkeit und den Auftritt im Pferdemarkt einen Qualitäts- und Wissensvorsprung gegenüber Mitbewerbern ermöglichen. Der einzelne Züchter kann hier durch die geschickte Nutzung aller ihm zur Verfügung stehenden Information in Bezug auf heutige Verbandsstrukturen und Datenzugang an Bedeutung gewinnen. Durch das spekulative Element des Pferdehandels sind dem Wunsch nach Transparenz in der Pferdezucht letztlich Grenzen gesetzt. Auch Pferde mit weniger guten genetischen Anlagen müssen aus Kostengründen vermarktet werden, der Weg in die Lebensmittelkette ist gesellschaftlich zunehmend umstritten und zudem je nach Rasse (Kosten Decktaxe, Besamung, ET, Aufzucht) in jedem Fall ein grosses Verlustgeschäft.

Thema 1 Laboranalysen

Die Analyse der DNA eines Pferdes wurde und wird immer kostengünstiger. Zwei Techniken stehen heute im Zentrum:

- Die Genotypisierung mittels sogenannter Chip-Technologie. Dabei lassen sich einzelne bis hunderttausende von Genstellen in jedem beliebigen Pferd identifizieren. Aus dem Vergleich dieser Genstellen zwischen Pferden lassen sich genetische Unterschiede und Gemeinsamkeiten aufzeigen: z.B. Abstammungskontrolle, Zugehörigkeit zu einer Rasse, genetische Diversitätsanalyse, Träger unterschiedlicher Merkmale. Die Chip-Technologie ist laborseitig Voraussetzung für die praktische Anwendung der genomischen Selektion GS. Kommerziell erhältlich für das Pferd sind derzeit Chips mit rund 70'000 (70K) und 670'000 (670K) variablen Genstellen (SNPs). Die Laborkosten belaufen sich auf ungefähr CHF 250 pro Tier.
- Die Sequenzierung des Genoms eines Pferdes (sogenanntes „next generation sequencing NGS“) und damit die Aufdeckung sämtlicher aktuell bekannter variablen Genstellen eines Pferdes (ca. 13 Millionen). Die Voll-Sequenzierung kostet heute pro Pferd noch rund CHF 5'000, Tendenz sinkend. Angebote beim Menschen liegen bereits bei CHF 1'000.
- Neben einzelnen universitären Laboratorien (z.B. UNI Bern Institut für Genetik) bietet eine Vielzahl von privaten Laboratorien genetische Analysen für Pferde an (siehe Auswahl Webseiten – ohne Gewähr).

Als Ausgangsmaterial für Laboranalysen dienen meist Haarwurzelzellen Blut oder Samen. Im Grundsatz lässt sich DNA aus jeglichem zellhaltigem Gewebe extrahieren. In der Routine haben sich als Gewebe aber Haarwurzelzellen und Vollblut, allenfalls noch Samen und Mundspeichel, etabliert. Andere Gewebe verursachen Zusatzaufwand und damit Zusatzkosten. Haarwurzelzellen und Blut lassen sich relativ einfach und kostengünstig gewinnen und langfristig lagern (Gefrierschrank). Neben universitären Gruppen (z.B. Institut für Genetik der UNI Bern) verfügen Swissgenetics sowie die Rindviehzuchtorganisationen mit ihrer Firma Qualitas AG diesbezüglich über einschlägige und langjährige Erfahrung.

Fazit: Die Laborseite der Genetik ist immer weniger limitierend und wird immer kostengünstiger. Investiert ein Zuchtverband in genomisch unterstützte Zuchtprogramme müssen Lösungen für Logistik, Lagerung und Nutzungsrechte des Tierprobenmaterials sowie der Labordaten vorliegen (u.a. Nagoya Verordnung).

Thema 2 Daten und Phänotypen

In klassischen Zuchtprogrammen fallen Messdaten von Pferden für verschiedenste Merkmale und Leistungen an (sognannte Phänotypen). Diese beschränken sich mehrheitlich auf sportliche Leistungen und Merkmale der Morphologie (Exterieurbeurteilung und LBE). In einigen Zuchtprogrammen werden zusätzlich vereinzelt Gesundheitsdaten, insbesondere von Hengstkandidaten, erfasst. Dies beispielsweise anlässlich von Körungen oder von Feld- und Stationstests. Aus Phänotypen und der Information des Herdebuchs (Verwandtschaftsbeziehungen der Tiere), lassen sich Varianzkomponenten (Heritabilitäten, genetische und phänotypische Korrelationen) schätzen (z.B. REML Schätzungen) und daraus Zuchtwerte für die erfassten Merkmale im Zuchtprogramm ableiten (FM aktuell 43 Merkmale). Das Tiermodell im BLUP-Verfahren gilt dabei international seit den 80iger Jahren des letzten Jahrhunderts als Standard.

Wie bereits unter Punkt 1 erwähnt werden im Feld wie auf der Laborseite enorme Datenmengen pro Tier erzeugt (Rohdaten Voll-Sequenz ca. 0.5 TB pro Pferd). Die langfristige Verfügbarkeit (Archivierung), die Aufbereitung und Analyse der Daten für praktische Anwendungen, die Leistungsfähigkeit der Rechner und Datenleitungen (Labor-Rechenzentrum-Kunde) sowie die langfristige Lagerung des biologischen Ausgangsmaterials der Tiere stellen insbesondere für eine kleine Zuchtorganisation eine grosse Herausforderung dar. Zusätzlich müssen rechtliche Fragen (z.B. Deklarationspflicht Nagoya Protokoll; neue europäische Tierzuchtgesetzgebung) zu Eigentum und Nutzung des biologischen Ausgangsmaterials und der phänotypischen Daten berücksichtigt werden. Die Datenanalyse ist keine Routinetätigkeit, sondern benötigt bio-informatisch und bio-statistisch geschultes Fachpersonal.

Fazit: Die Datenerfassung im Feld, die langfristige Datenlagerung, rechtliche Fragen zur Nutzung und die Analyse für züchterische Zwecke stellen eine Herausforderung dar, dies insbesondere für kleine Zuchtorganisationen mit wenig Fachpersonal. Weiter kommt der Qualität (z.B. Messgenauigkeit, Wiederholbarkeit) und der statistischen Verteilung der Phänotypen grosse Bedeutung zu.

Thema 3 Voraussetzungen für genomische Selektion GS

Haupteffekte von GS:

- Steigerung der Genauigkeit der Zuchtwerte früh im Leben eines Tieres und damit frühe Selektion und Karriereplanung von Selektionskandidaten - Selektionserfolg ↑
- Verkürzung des Generationenintervalls - Selektionserfolg ↑
- Teilweiser Wegfall von Leistungsprüfungen - Kosten ↓
- Genauere Zuchtwerte der weiblichen Tiere, die oft ja nur wenige Nachkommen aufweisen - Selektionserfolg ↑

Ohne gut etabliertes klassisches Zuchtprogramm mit Leistungsprüfungen und Zuchtwerten auf Basis von Eigen-, Verwandten- und Nachkommenleistungen ist an genomische Selektion nicht zu denken. Genomische Selektion ist nicht einfach ein „Zauberwerkzeug“. Genomische Selektion bleibt Zuchtwertschätzung, nicht mehr direkt auf Basis von Leistungsprüfungen, sondern auf Basis von Markeralleleffekten. Die genaue Schätzung der Markeralleleffekte setzt aber in einem ersten Schritt eine populations-spezifische und genügend umfangreiche Lernstichprobe (auch Trainingsstichprobe genannt)

mit Leistungsdaten und Zuchtwerten für die Merkmale des Zuchtprogrammes voraus. Aus dieser Information müssen die Markeralleleffekte erst einmal geschätzt werden. Die Lernstichprobe sollte möglichst gross sein, damit die Effektschätzung möglichst genau wird und die genetische Variation der Population genügend abgebildet ist. Im Idealfall verfügt eine Population über eine relativ tiefe effektive Populationsgrösse (N_e) und über eine grosse Anzahl von lebenden Tieren mit Leistungen (beispielsweise Holsteinrinder). Beim Freiburger findet sich eine relativ tiefe N_e aber auch eine im Verhältnis kleine lebende Population. Für den Freiburger wurden initiale Arbeiten zur GS im Rahmen der Doktorarbeit von Heidi Signer-Hasler und Mirjam Frischknecht realisiert. Einzelne vergleichbare Studien erfolgten zwischenzeitlich in Frankreich und Dänemark (siehe Literatur).

Die Reduktion der Leistungsprüfungen ist ein kostensenkender Faktor der genomischen Selektion. In etablierten Zuchtprogrammen hat sich allerdings gezeigt, dass auf die Leistungsprüfungen nicht komplett verzichtet werden kann. Mittels Leistungsprüfungen werden phänotypische Daten generiert, welche wiederum die Voraussetzung für die Markeralleleffektschätzungen bilden. Nach der Einführung der GS muss die Effektschätzung regelmässig durchgeführt werden, damit allfällige Selektionserfolge auf dem Genom korrekt in der Zuchtwertschätzung berücksichtigt werden können. Eine optimierte Kombination aus Leistungsprüfungsdaten, klassischen Zuchtwerten und genomischen Zuchtwerten scheint nach heutigem Kenntnisstand den höchsten Selektionserfolg zu ermöglichen.

In vielen Pferdepopulationen dürfte die Lernstichprobe, aufgrund der meist kleinen Landes-Populationen, die kritische Grösse kaum jemals erreichen, und damit die Genauigkeit der genomischen Zuchtwerte oft nicht höher als die der klassischen Zuchtwerte zu liegen kommen. In internationalen Rassen wie dem Warmblut oder den Trabern ist die N_e zudem relativ hoch. Dies erschwert die genaue Schätzung von Markeralleleffekten resp. beeinflusst die Genauigkeit der abgeleiteten genomischen Zuchtwerte. Die Vorarbeiten aus den Dissertationen von Signer-Hasler und Frischknecht haben gezeigt, dass die aktuelle Populationsstruktur beim FM im Grundsatz eine GS technisch zulässt und diese in Bezug auf die Genauigkeit der Zuchtwerte eine Verbesserung gegenüber den aktuellen Abstammungszuchtwerten aufweist.

Auf der Kosten- und Logistikseite eines Selektionsprogrammes auf Markerbasis fallen die jährlichen Genotypisierungskosten, die Datenanalyse, die Lagerung des biologischen Materials sowie diejenige der Labordaten an. Dies benötigt Ressourcen und Know-how über die eine Zuchtorganisation verfügen muss, allenfalls gemeinsam mit anderen Organisationen (Beispiel Rindviehzucht in der Schweiz gemeinsame Firma Qualitas AG).

Ein wesentlicher Erfolgsfaktor von GS-Zuchtprogrammen beim Rindvieh bilden die international tätigen KB-Organisationen. GS reduziert die Kosten der Prüfprogramme von KB-Organisationen substantiell, und bietet zudem ein starkes Marketinginstrument im Verkauf von Samen junger Stiere mit genaueren Zuchtwerten, als dies bisher möglich war. Die Internationalisierung der Rinderzucht und die führende Rolle der KB-Organisationen fördert die Zentralisierung und letztlich Industrialisierung der Viehzucht. Es gibt keine vergleichbaren Akteure zu den KB-Organisationen beim Rindvieh in der Pferdebranche. Der Markt für einzelne Hengste bleibt im Vergleich zum Markt für Bullensamen umfangmässig bescheiden, auch wenn in einzelnen Fällen dafür die Decktaxen von Hengsten das Tausendfache der Besamungskosten beim Rind aufweisen können. Insgesamt gibt es schlicht nicht annähernd so viele Stuten die besamt werden könnten wie Rinder! Zudem ist die Besamung beim Pferd zwar bestens etabliert, wird aus Kostengründen (Freiberger) und teilweise aus Gründen der Exklusivität und des Marktes (Vollblut) aber gar nicht genutzt.

Fazit: GS wird keine echte Verbesserung von Pferdezuchtprogrammen erzeugen solange die Leistungsdaten und klassischen Zuchtwerte nicht konsequent in der Selektion zum Einsatz kommen, oder

solche überhaupt erst gar nicht vorliegen. Die Züchterschaft wird primär die Kostenseite der GS wahrnehmen, die Züchtungsgewinne aber kaum im eigenen Stall spüren. Die Gestehungskosten für Pferde sind sehr hoch. Die Vermarktung von Pferden über die Lebensmittelkette wird mit zunehmendem Technologieeinsatz in der Pferdezucht noch mehr zum Verlustgeschäft, welches kaum durch die zu erwartenden Züchtungsgewinne abgedeckt werden kann. Weiter dürften Pferde mit unerwünschten Zuchtwerten schwieriger zu vermarkten sein. Trotzdem bietet gerade beim Pferd die GS das Potenzial aufgrund der genaueren, frühvorliegenden Zuchtwerte, die Karriere eines Pferdes sehr frühzeitig zu planen und Investitionen in Training, Wettkämpfe und Zuchteinsatz zu optimieren. Genauere Zuchtwerte früh im Leben eines Pferdes, könnten auch in der Vermarktung resp. bei der Auswahl eines passenden Kunden dienlich sein und einen Mehrwert erzeugen. Andererseits fehlen in der Pferdebranche kapitalkräftige KB-Organisationen analog zum Rindvieh. Ohne diese kann GS sein volles Potential, auch wirtschaftlich, nicht zur Geltung bringen.

Thema 4 Genomanalyse und genetische Tests

Von GS gilt es klar die Anwendung von einzelnen oder mehreren Gentests für ganz spezifische Merkmale beim Pferd abzugrenzen. Gentests für Erbkrankheiten, Fellfarben oder weitere Eigenschaften gehören in einigen Pferderassen bereits zur Routine (FM, Quarter Horse, Friesen, Vollblutaraber, Thoroughbred, Isländer, u.a.m.). Mit zunehmenden Kenntnissen über funktionelle Eigenschaften von Genen des Pferdes dürften in Zukunft immer mehr Gentests von kommerziellen Laboratorien angeboten werden (siehe Webseiten). Jeder Züchter kann im Prinzip seine Tiere auf Eigenschaften untersuchen lassen, die ihm wichtig erscheinen und dieses Wissen für seine Zwecke nutzen oder auf eigenen Entscheid hin auch mit anderen teilen. Eine Liste der aktuell bekannten erblichen Eigenschaften beim Pferd findet sich auf der Webseite „Online mendelian inheritance in animals OMIA“ (siehe Webseiten). Im Extremfall könnte ein Züchter seine Tiere in Zukunft voll-sequenzieren und zu allen Genstellen das Resultat (Genotyp) wie auch, soweit zu diesem Zeitpunkt bekannt, die funktionelle Wirkung auf den Phänotyp ausweisen lassen. Beim Menschen gibt es diesbezüglich bereits kommerziell erhältliche Angebote (siehe Webseiten). Bei verschiedenen Nutztierspezies werden von Firmen wie Neogen/Geneseek sogenannte „custom“ Chips angeboten. Sie beinhalten beispielsweise die wichtigsten Marker für Produktionsmerkmale beim Fleisch- oder Milchrind (siehe Webseiten). Für das Pferd sind bisher keine „custom“ Chips erhältlich, aber das dürfte nur eine Frage der Zeit sein. In Zukunft lassen sich Zuchttieren mit Chip-Information sehr genau anpaaren und bestimmte Eigenschaften damit fördern oder vermeiden (z.B. Erbkrankheiten, Fellfarben, Stockmass und Morphologie, Sprinter- oder Stehereigenschaften, laterale Gangeigenschaften, etc.). Kenntnisse zu einzelnen Genotypen bieten sicherlich Vorteile bei der Vermarktung von Zuchttieren und speziell von Hengsten. Bereits heute sind z.B. für die FM-Hengste des Bundes Angaben zu den Genotypen für die Grundfellfarben öffentlich verfügbar. Gentests oder gar Voll-Sequenzierung können beim einzelnen Züchter oder Pferdeeigentümer zu einem Informationsvorsprung gegenüber Mitbewerbern führen. Solche Information ist einem Verband in Zukunft nicht zwingend bekannt, dies im Gegensatz zu den Zuchtwerten, die nach heutiger Gesetzgebung (TZV) indirekt durch öffentliche Beiträge gefördert und damit auch für alle öffentlich zugänglich sein müssen. Ohne konkreten gegenläufigen Plan dürfte sich in Zukunft die Zucht und phänotypische Information über Tiere, z.B. Daten aus Tierüberwachung, Fütterungsautomaten, Gesundheitsdaten inklusive Medikamenteneinsatz aus Behandlungsjournal, etc. (sogenanntes „Precision Livestock Farming“) weg von einem Verband hin ins Private oder je nachdem Industrielle verschieben. Bei denjenigen Tierarten - primär „companion animals“ - die über keine industriellen Strukturen verfügen kann der einzelne Züchter an Gewicht gewinnen, da er sowohl auf Stufe Phänotyp wie auf Stufe Genotyp einen Informationsvorsprung und die Datenhoheit besitzt. In der Geflügel- und Schweinezucht sind internati-

onale Firmen an diesen Daten interessiert, um die firmeneigenen Zuchtprogramme und Produkte weiter zu entwickeln. In der Rindviehzucht übernehmen die kapitalkräftigen KB-Organisationen eine führende Rolle, auch als Eigentümer der wichtigsten männlichen Zuchttiere. Zu welchen Bedingungen in Zukunft ein Tiereigentümer seine Daten dem Zuchtprogramm eines Verbandes oder einer Firma (neue EU-Tierzuchtgesetzgebung) und zu Gunsten einer ganzen Rasse/Population zur Verfügung stellt, wird neu ausgehandelt werden müssen.

Fazit: Züchter haben zunehmend die Möglichkeit ihre Zuchttiere genetisch detailliert zu analysieren. Entwicklungen im Bereich Datenerfassung aus automatisierten Tierhaltungssystemen ermöglichen es neue präzise Phänotypen zu Produktion, Verhalten, Gesundheit oder Behandlung von Tieren zu erzeugen. Je nach Organisationsform einer Tierart können industrielle Akteure oder auch der einzelne Züchter an Gewicht in der Tierzucht gewinnen. Unter welchen Bedingungen Informationen über Tiere in Zukunft ausgetauscht werden und für ein Zuchtprogramm zur Verfügung stehen, wird neu ausgehandelt werden müssen. Gentests dürften je nach Merkmal die Züchterschaft in Zukunft vermehrt interessieren und auch in der Vermarktung, insbesondere von Zuchttieren eine Rolle spielen. Bei sinkenden Sequenzierungskosten könnten Angebote einer Gesamtgenomsequenzierung inklusive Valorisierung dieser Daten Züchter und Pferdebesitzer interessieren, analog einer generellen medizinischen Untersuchung und Beurteilung eines Pferdes (z.B. Ankaufsuntersuchung). Diese Information könnte gezielt in die Vermarktung von Tieren einfließen. Längerfristig dürfte der Trend hin zur industriellen oder privaten Datenhoheit Zuchtprogramme beeinflussen. Der einzelne Tiereigentümer kann unabhängig eines Zuchtverbandes über viel genetische und phänotypische Information zu seinen Tieren verfügen. Er kann diese Information mit Kollegen austauschen und in der Zucht und Vermarktung nutzen. In diesem Kontext werden sich Fragen rund um die zukünftige Rolle und das Portfolio der Zuchtverbände stellen. Diese Entwicklung dürfte auch die Rolle der öffentlichen Hand betreffen und damit die Form wie Tierzucht in Zukunft unterstützt werden kann (z.B. anstelle der Leistungsprüfung Unterstützung der Genotypisierung).

Thema 5 Neue Technologien

Neue Technologien beeinflussen auch in Zukunft den Tierzuchtsektor. Aktuell wird viel über das sogenannte „Genome Editing“ diskutiert. Man kann damit unerwünschte Gene ausschalten, defekte Gene reparieren, anpassen, oder gleich ganz gegen bessere Varianten austauschen (u.a. sogenanntes CRISPR/Cas9 Verfahren). Man könnte damit effizient Tiere oder auch Pflanzen resistent gegenüber Krankheiten machen oder gewünschte Merkmale gezielt in eine Population einführen oder unterdrücken. All dies ohne, dass eingekreuzt werden müsste und mit der Einkreuzung auch unerwünschte Gene in eine Population gelangen. Ein solches Allel könnte zudem rasch in einer Rasse vermehrt werden. Ein weiterer Vorteil der Methodik ist, dass nur in gewissen Zwischenschritten ein Produkt mit nachweisbarer Fremd-DNA vorliegt. Das Endprodukt enthält nur mehr das neue Allel, beispielsweise eine Resistenz des Wildapfels in einer modernen Tafelapfelsorte. Die Technik verspricht somit viel. Eine offene Frage ist allerdings, ob Genome Editing vom Gesetzgeber und der Gesellschaft insgesamt als Gentransfer im herkömmlichen Sinn beurteilt wird? Derzeit besteht in der Schweiz für praktische Anwendungen der Transgenese ein Moratorium. Die Schweizer Akademien der Wissenschaft haben zum Thema Genome Editing ein Faktenblatt publiziert (siehe Literatur). Darin sind die wesentlichsten Erwartungen und Bedenken am Beispiel Pflanzenzucht zusammengestellt. Neben der Pflanzenzucht möchte natürlich auch die Tierzuchtbranche weltweit Genome Editing gezielt nutzen. Erste Anwendungen gibt es aus der Rinder-, Schweine- und Geflügelzucht (siehe Literatur und auch Positionspapier zu neuen Züchtungstechnologien des European Forum of Farm Animal Breeders, EFFAB).

Neben Entwicklungen in der Genetik und Phänotypisierung gibt es auch Trends in den Reproduktionstechniken. Ein Meilenstein in der Pferdezucht wäre beispielsweise der konsequente Einsatz von geschlechtsbestimmtem Samen (siehe Webseiten). Der Züchter mit einer oder wenigen Stuten hätte dann die Option gezielt einen Hengst oder eine Stute zu zeugen. Auf dem Selektionspfad Mutter-Tochter könnte man auf diese Weise einen Zuchtfortschritt realisieren. Dem Züchter stünden viel mehr Töchter als potentieller zukünftiger Ersatz der Mutterstute zur Verfügung. Umgekehrt könnte man Hengstanwärter viel gezielter als heute über Vertragspaarungen erzeugen und je nach Zuchtziel die jeweils besten Stuten mit den besten Vätern verpaaren. Im Rinderbereich zeichnet sich aktuell ein Trend Richtung 50% Einsatz von geschlechtsbestimmtem Samen ab (persönliche Mitteilung Swissgenetics). Primär werden weibliche Tiere in der Milchproduktion gesucht und männliche Tiere in der Fleischproduktion. Durch mehr Auswahl in der Remontierung erhält der Selektionspfad Mutter-Tochter im Milchrinderbereich deutlich mehr Gewicht. Insgesamt eine neue Reproduktionstechnik, die sich durchzusetzen scheint. Die Auftrennung von Samen nach Geschlecht funktioniert beim Pferd analog zu Rind und Schwein. Die Firma Sexing Technologies bietet bisher weltweit die einzige kommerzielle Anwendung der Samentrennung an. Aus wirtschaftlichen Gründen liegt der Fokus bei den insgesamt rund 30 Trennlaboratorien von Sexing Technologies derzeit klar auf den Nutztieren, weshalb die Pferdezucht, mit Ausnahme von einzelnen Versuchsbesamungen, bisher nicht von dieser Technologie profitieren konnte (siehe Webseiten). Da im Pferdesektor die grossen Ansprechpartner fehlen, mangelt es derzeit noch am geeigneten Business Modell, um die Technologie für die Pferdebranche rentabel und bezahlbar anzubieten, man sei aber an der Entwicklung einer Lösung (persönliche Mitteilung Sexing Technologies). Gesexter Samen stärkt die Position der KB-Organisationen und Stiereneigentümer. Von einzelnen international vermarkteten Bullen gibt es nur Samen zur Zeugung von weiblichen Nachkommen. Die Zucht der Söhne solcher Stiere betreibt der Eigentümer selber mittels Vertragspaarungen. Dies kann man als Form von Produkteschutz bezeichnen. Ungewünschte männliche Konkurrenz wird so vermieden. Die Zucht (Vater-Sohn Pfad) und das Angebot an Vätern wird primär durch die KB-Organisationen bestimmt. Der einzelne bäuerliche Züchter verliert mit diesen Entwicklungen zunehmend an Bedeutung.

Welche Technologien letztlich am Markt Erfolg haben ist oft von folgenden Punkten abhängig: Innovationen müssen sich im Tagesgeschäft bewähren und gesellschaftliche Akzeptanz erhalten. Sie müssen kostengünstig angeboten werden und einen klaren züchterischen Mehrwert bringen. Sind diese Punkte nicht alle erfüllt besteht ein hohes Risiko, dass eine Technik keinen durchschlagenden Erfolg erzielt. Insbesondere der Aspekt der gesellschaftlichen Akzeptanz hat heute und in der Vergangenheit den Erfolg von Innovationen massgeblich beeinflusst (z.B. Klonierung, Transgenese MAS; siehe Literatur).

Fazit: Technologischer Fortschritt und Innovation werden die Tierzucht auch in Zukunft stark beeinflussen. Neu aufkommende Techniken wie Genome Editing oder der Einsatz von geschlechtsbestimmtem Samen könnten auch in der Pferdezucht Nutzen erzeugen. Derzeit ist offen wie der Gesetzgeber Genome Editing beurteilt. Sollte auch das Endprodukt als „GVO“ taxiert werden hat das Verfahren unter Schweizer- und europäischen Bedingungen wenig Chancen. Dagegen argumentieren natürlich die interessierten Kreise aus der Tier- und Pflanzenzucht. Gesellschaftliche Akzeptanz ist somit zentral für den Erfolg beim Einsatz neuer Technologien in der Tierzucht, aber auch der messbare Nutzen für den Züchter und die beim Einsatz entstehenden Kosten sind entscheidend. Technologischer Fortschritt hat bei den landwirtschaftlichen Nutztieren zu Zentralisierung und Industrialisierung beigetragen. Da bei den Freizeittieren wie dem Pferd die industriellen Akteure fehlen, dürfte die Entwicklung anders verlaufen. Der einzelne Züchter oder Züchtergruppen, allenfalls Dienstleistungsanbieter könnten auf Kosten der heutigen Verbandsstrukturen an Bedeutung gewinnen.

Thema 6 Neue Merkmale

Aufgrund der sich laufend ändernden Nachfrage nach Pferdetypen und Pferdeeinsatz erhalten neue, bisher nicht systematisch erfasste Merkmale in Zuchtprogrammen zunehmende Bedeutung. Es sind dies insbesondere Merkmale der Gesundheit sowie der Persönlichkeit von Pferden, des Temperaments und generell des Verhaltens. Für einen Zuchtverband stellen sich Fragen bezüglich der Erfassung solcher Phänotypen und der damit zusammenhängenden Kosten. Komplexe, teure Phänotypen sind nur mit entsprechend geschultem Personal effizient und in guter Qualität erfassbar. Qualitativ ungenügende Phänotypen können züchterisch nicht befriedigend ausgewertet und zum Nutzen der Züchterschaft und Kunden verwertet werden. Die Generierung von qualitativ guten, aussagekräftigen, reproduzierbaren Phänotypen, ist eine teure aber notwendige Investition, will man züchterisch Wirkung erzielen. Gerade auch bei komplexen Merkmalen mit hohem Einfluss von diversen Umweltfaktoren (z.B. Haltung, Training, Standort, etc.). In vielen Ländern ist der Tierverkehr meldepflichtig und aus sanitärischen Gründen, oder aus Gründen der Rückverfolgbarkeit gesetzlich geregelt (in der Schweiz TVD, Identitas AG). Tierverkehrsdaten registrieren und archivieren zusammen mit Gesundheitsdatenbanken für die Zucht äusserst attraktive Informationen. Das Potential dieser Daten für die Zucht (z.B. Standorte, Meldungen des Eigentümers über das Tier, Gesundheitsdaten, etc.) ist bisher mit Sicherheit nicht ausgeschöpft worden.

Fazit: Aus verschiedenen Käuferumfragen und auch aus Umfragen aus der Züchterschaft geht hervor, dass Gesundheits- und Verhaltensmerkmale beim Pferdekauf eine entscheidende Rolle spielen. Solche Merkmale werden derzeit in Pferdezüchtprogrammen allenfalls am Rande und nur punktuell berücksichtigt. Diese Merkmale zeichnen sich durch eine hohe Komplexität aus. Möglicherweise können sie nie flächendeckend, sondern nur in einer begrenzten Tierzahl unter kontrollierten Bedingungen in genügender Aussagekraft erhoben werden. Für die Freibergerzucht bietet sich mit dem Schweizer Nationalgestüt eine Station an, die über das nötige Wissen und die nötige Infrastruktur verfügt. Genomische Erkenntnisse können für solche Merkmale eine Chance zur Übertragung der Resultate aus wenigen Tieren in die gesamte lebende Population eröffnen. Das Potential von Daten aus der Tierverkehrsdatenbank für die Zucht sollte in Zukunft näher geprüft werden.

Zusammenfassung und Empfehlungen

- Die technologische Entwicklung im Bereich Genotypisierung und Sequenzierung ist rasant und wird immer kostengünstiger. Angebote von privaten Laboratorien werden für Pferdezüchter und Pferdebesitzer attraktiv. Dieser Trend kann dazu führen, dass sich bei Freizeittieren wie dem Pferd die genetische Datengrundlage von einem zentralen Verband zum privaten Pferdebesitzer und Züchter oder zu neu auftretenden Dienstleistern verschiebt. Einzelne Züchter dürften positive genetische Konstellationen in Zukunft verstärkt in der Vermarktung von Pferden nutzen. Der Absatz von Pferden mit unerwünschten genetischen Konstellationen dürfte sich schwieriger gestalten.
- Die Probenlogistik, Genotypisierung, langfristige Archivierung und Datenlagerung sowie damit einhergehende rechtliche Fragen sind anspruchsvoll und nur bei einem starken Ausbau der bestehenden Strukturen oder mittels Outsourcing umsetzbar. Auch Outsourcing kostet. Wäre die Züchterschaft bereit diese Kosten zu tragen?
- Für eine kleine, vorwiegend nationale Pferderasse und genossenschaftliche Organisation mit beschränkten finanziellen Möglichkeiten und limitiertem eigenen Fachpersonal ist das Investment in ein Programm genomische Selektion eine sehr hohe Hürde. Der Verband/die Züchter spüren primär die wiederkehrenden Kosten. Züchtungsgewinne aus GS dürften beim Tierverkauf in der Rasse FM zumindest kurz- und mittelfristig kaum eine Abgeltung finden. Dies nicht zuletzt auch darum, weil es für Pferde und einzelne Eigenschaften von Pferden keine Angaben zu konkreten, realisierbaren Marktpreisen gibt. Organisierte und garantierte Absatzkanäle fehlen weitgehendst.
- In jedem Zuchtprogramm muss der Erhebung der Phänotypen höchste Priorität eingeräumt werden. Nur qualitativ gute, aussagekräftige Phänotypen (z.B. Genauigkeit der Messung, Wiederholbarkeit, Varianz in der Population, etc.) lohnen für die züchterische Arbeit. Es ist nicht empfehlenswert auf schlecht erfassbaren Phänotypen genomische Selektion einzuführen. Die Lernstichprobe muss einige tausend Tiere umfassen und die Rasse sollte keine zu grosse N_e aufweisen. Ansonsten ist nicht damit zu rechnen, dass die GS genauere Zuchtwerte liefert als die bestehende klassische Zuchtwertschätzung. Da die Leistungsprüfungen beim Pferd auch als Verkaufsplattformen dienen, ist fraglich in welchem Umfang diese in einem Programm GS reduziert werden könnten. Damit liesse sich eine kostenreduzierende Komponente von GS zumindest nicht substantiell ausschöpfen. Das Fehlen von kapitalkräftigen, international tätigen KB-Organisationen, die Samen von GS geprüften, männlichen Zuchttieren vermarkten, ist ein weiterer Aspekt der GS in der Pferdezucht, wirtschaftlich gesehen, limitiert.
- Der generelle gesellschaftliche Trend zur Individualisierung lässt vermuten, dass die Bereitschaft der Züchterschaft strikte Zuchtprogramme mit vielen regulatorischen Vorgaben zu akzeptieren in Zukunft nachlässt. Dies auch im Hinblick des stetigen Wandels der Akteure: weniger bäuerliche Züchter, mehr Privatpferdebesitzer. Die Feminisierung der Pferdezucht ist ein weiterer gesellschaftlich relevanter Faktor. Züchter verfolgen zunehmend ihre persönlichen Ziele und tragen auch das finanzielle Risiko dafür selbst. Phänotypische Daten auf Betriebs-ebene kombiniert mit genetischen Tests und Vollgenomsequenzierung können in Zukunft Entscheidungshilfen bieten, ohne dass die Teilnahme an einem spezifischen Programm mit Vorgaben zwingend nötig wäre. Neben den heutigen Zuchtorganisationen könnten in Zukunft neue Anbieter (Firmen) von züchterischen Leistungen (Herdebuch, Datenauswertung, Genotypisierung) auf dem Markt auftreten und die bestehenden Strukturen in der Tierzucht substantiell verändern.
- Neue, noch weniger bekannte Technologien wie „Genome Editing“ oder der Einsatz von neuen Reprotechniken wie geschlechtsbestimmter Samen, werden die Pferdezucht weiter herausfordern.

- Neue Phänotypen zu Verhaltens- und Gesundheitsdaten gewinnen am Markt an Bedeutung. Daten aus Tierverkehrs- und Gesundheitsdatenbanken mit Eigentümereinträgen zu Tieren besitzen ein Potential für die Zucht, welches bisher noch wenig genutzt wurde.
- Der SFV sollte sich gezielt und systematisch mit diesen Entwicklungen auseinandersetzen, Experten beiziehen und Entscheide fällen wie er im Rahmen seiner Möglichkeiten auf die aktuellen und noch kommenden Herausforderungen und Möglichkeiten in der Zucht zu reagieren gedenkt. Kurz- und mittelfristig scheint ein Investment in GS wenig Mehrwert erzeugen zu können. Die Aufnahme von einzelnen Gentests ins Zuchtprogramm verspricht dagegen eine höhere Wirkung. Ist der SFV pro-aktiv, kann er für seine Klientel wichtigster Ansprechpartner in technologischen Fragen bleiben. Dies bedingt aber auch eine Strategie auf Verbandsebene wie mit immer mehr Erkenntnissen zu erwünschten aber auch unerwünschten Eigenschaften umgegangen werden soll (beispielsweise Strategie Erbfehlerbekämpfung, Deklaration von Trägartieren für welche Eigenschaften, Paarungsvorschriften zwischen Zuchttieren je nach Merkmalsträgerschaft)? Ein Alleingang in GS scheint wenig vielversprechend. Der SFV müsste sich in gescheiter Form in die bestehende Struktur der Rinder-, Schweine- und Milchziegenzucht einbringen können, um von der Erfahrung und der Infrastruktur dieser Akteure zu profitieren. Als lokale Rasse ohne grosse internationale Population ist ein Zusammengehen in der Zucht mit anderen Pferdezuchtorganisationen nur im administrativ, technischen Bereich prüfenswert. Für die Erhebung der Phänotypen (soweit rassenspezifisch) und die GS bieten sich ansonsten bisher wenig Anknüpfungspunkte.

Literatur:

Akademien der Wissenschaften Schweiz (2016) Neue Pflanzenzüchtungstechniken für die Schweizer Landwirtschaft – grosses Potenzial, offene Zukunft. Swiss Academies Factsheets 11 (4).

Bailey Ernie, Brooks Samantha A. (2013). Horse Genetics. Second ed. Oxfordshire, UK: CABI Int. ISBN: 978-1-84-593675-4.

Carlson DF., Lancto CA., Zang B., Kim ES., Walton M., Oldeschulte D., Seabury C., Sonstegard TS., Fahrenkrug SC. (2016) Production of hornless dairy cattle from genome-edited cell lines. Nature Biotechnology, 6:34(5):479-81. doi: 10.1038/nbt.3560.

Chowdhary B E. (2013). Equine Genomics. Wiley-Blackwell. ISBN: 978-0-8138-1563-3.

Danvy Sophie (Coordinatrice) (2014). Amélioration génétique des équidés. 2ème édition. Institut français du cheval et de l'équitation. ISBN: 978-2- 915250-35-0.

Doan Ryan, Cohen Noah D, Sawyer Jason, Ghaffari Noushin, Johnson Charles D and Dindot Scott V (2012). Whole-Genome Sequencing and Genetic Variant Analysis of a Quarter Horse Mare. BMC Genomics, 13:78, 1-11.

EFFAB - European Forum of Farm Animal Breeders (2016) New Animal Breeding Techniques (NABTs). Position Paper.

Frischknecht M. (2015) Genetic analyses in horses using high-density genotype data. Graduate School for Cellular and Biomedical Sciences. Universität Bern.

Groeneveld Linn F., Gregusson Sigbjørn, Gulbrandtsen Bernt, Hiemstra Sipke J., Hveem Kristian, Kantanen Juha, Lohi Hannes, Stroemstedt Lina, Berg Peer (2016) Domesticated Animal Biobanking: Land of Opportunity. PLOS Biology, DOI:10.1371/journal.pbio.1002523.

Ibanez-Escriche Noelia and Simianer Henner (2016) Animal breeding in the genomics era. Animal Frontiers, 6:1, 4-5.

Lindner Arno (Editor): Funktionelle Genomforschung für Gesundheits- und Leistungsmerkmale beim Pferd. FFP Spezialheft, 2015. ISBN: 978-3-00-050073-2.

Signer-Hasler H., Rieder S. (2011) Genomische Zuchtwertschätzung und Selektion beim Freiburger Pferd. Teil 1 und 2. Freiburger Magazin 115 und 116.

Signer-Hasler H. (2014) Analysis of large scale SNP data for breeding, diversity and selection purposes in the Swiss Franches-Montagnes horse breed. Graduate School for Cellular and Biomedical Sciences. Universität Bern.

Simianer Henner (2016) Genomic and other revolutions - why some technologies are quickly adopted and others are not. Animal Frontiers, 6:1, 53-58.

Stock Kathrin F., Jönsson Lina, Ricard Anne and Mark Thomas (2016) Genomic applications in horse breeding. Animal Frontiers, 6:1, 45-52.

Webseiten:

<http://www.effab.info/>

<http://www.eurodressage.com/equestrian/2013/01/21/sexed-semen-set-take-equine-industry>

<http://www.genecontrol.de/>

<http://genomics.neogen.com/en/>

<http://www.haras-nationaux.fr/information/accueil-equipaedia/genetique-caracterisation/definition-de-la-genetique-et-de-la-caracterisation/genomique-et-selection.html>

<http://www.ifce.fr/ifce/sogen-1200-chevaux-mesures/>

<http://genomics.neogen.com/en/>

<http://omia.angis.org.au>

<http://pferde-genetik.de/en/>

<http://www.swissgenetics.ch/seleXYon.1524.0.html>

<http://www.sophiagenetics.com/home.html>

<https://www.23andme.com/en-int/>

<https://www.veritasgenetics.com/mygenome>

www.vhlgenetics.com