

Original Article

## **Management von Erbfehlern im Zuchtprogramm Fleckvieh AUSTRIA: Ergebnisse von Modellrechnungen**

CHRISTA EGGER-DANNER<sup>1</sup>, H. SCHWARZENBACHER<sup>1</sup>, C. FÜRST<sup>1</sup> und A. WILLAM<sup>2</sup>

### **Zusammenfassung**

Diese Studie evaluiert verschiedene Zuchtstrategien gegen Erbfehler am Beispiel Fleckvieh AUSTRIA anhand des monetären Zuchtfortschrittes und des Züchtungsgewinnes. Aktuell sind acht Erbfehler bei Fleckvieh AUSTRIA publiziert. Die Allelfrequenzen schwanken zwischen 0,5 und 7% in der Kuhpopulation. Wenn alle männlichen Trägerbullen aus der Zucht eliminiert werden, sowohl im Einsatz bei den Herdbuchkühen als auch in der gezielten Paarung, ist beim monetären Zuchtfortschritt ein Verlust von 7,1% bzw. von 9,4% beim Züchtungsgewinn zu erwarten. Wenn die Trägerbullen in der gezielten Paarung, aber nicht bei den Herdbuchkühen eingesetzt werden, so reduziert sich der monetäre Zuchtfortschritt um 4,8% bzw. 6,4% der Züchtungsgewinn. Der Rückgang beim Zuchtfortschritt durch den Verzicht auf Trägerbullen kann durch verstärkten Einsatz von multipler Ovulation und Embryotransfer kompensiert werden.

**Schlüsselwörter:** Erbfehler, genetische Defekte, Zuchtstrategien, Zuchtfortschritt, Züchtungsgewinn

### **Summary**

#### **Management of genetic disorders in the breeding program Fleckvieh AUSTRIA: results of model calculations**

This study evaluates different breeding strategies against genetic defects in Austrian Fleckvieh cattle in terms of annual monetary genetic gain and discounted profit. Presently, eight genetic disorders are published for Austrian Fleckvieh (Simmental) cattle. The allele frequencies vary between 0.5 and 7% in the female population. If all male carriers are erased from the breeding program, both in herdbook cows as well as in planned mating, a 7.1% loss in annual monetary genetic gain and a 9.4% reduction in discounted profit can be expected. If carriers are excluded in herdbook cows only, the reduction in annual monetary genetic gain is 4.8% and 6.4% in discounted profit, respectively. The reduction in genetic gain due to discarding carriers can be compensated by increased use of multiple ovulation and embryo transfer.

**Keywords:** Genetic defects, breeding strategies, genetic gain, profit

---

<sup>1</sup> ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH, Dresdner Str. 89/19, 1200 Wien, Österreich E-Mail: [egger-danner@zuchtdata.at](mailto:egger-danner@zuchtdata.at)

<sup>2</sup> Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Nutztierwissenschaften, Gregor-Mendel-Str. 33, 1180 Wien, Österreich

## 1 Einleitung

Durch die Möglichkeiten der Genomanalyse wurden aufbauend auf der Arbeit von VAN RADEN et al. (2011) bei vielen Rinderrassen durch das Feststellen von fehlenden homozygoten Abschnitten im Genom verschiedene Erbfehler entdeckt. Forscher der Technischen Universität München verwendeten Sequenzdaten für die Bestimmung von Mutationen (JANSEN et al., 2013). Bei der Rasse Fleckvieh waren bis vor kurzem kaum Erbfehler bekannt. Die relativ große effektive Populationsgröße ( $N_e$ ) von 160 und der geringe durchschnittliche Inzuchtkoeffizient von unter 2% werden dabei auch eine entsprechende Rolle spielen (PAUSCH et al., 2013).

Ausgehend von der Entdeckung von zwergwüchsigen Kälbern in Oberösterreich und den intensiven Bemühungen der Zucht- und Forschungsorganisationen in Österreich und Deutschland wurden bis dato bei Fleckvieh und Braunvieh acht Erbfehler veröffentlicht. Diese sind (in Klammer die offizielle Abkürzung):

- Spinnengliedrigkeit (A), BUITKAMP et al. (2011),
- Thrombopathie (TP), JANSEN et al. (2013),
- Fleckvieh Haplotyp 2 (FH2), SANTER et al. (1997),
- Fleckvieh Haplotyp 4 (FH4), PAUSCH et al. (2014),
- Zwergwuchs (DW),
- ZinkDefizienz ähnliches Syndrom (ZDL), JUNG et al. (2014)
- Bovine Male Subfertility (BMS), PAUSCH et al. (2014)
- Braunvieh-Haplotyp 2 (BH2), SCHWARZENBACHER et al. (2012).

Kälber mit Spinnengliedrigkeit werden tot geboren oder sterben kurz nach der Geburt. Auffällig sind dünne Röhrenknochen, der verkrümmte Rücken und der häufig verkürzte Unterkiefer. Oft kommt es neben dem Verlust des Kalbes zu einer Verletzung des Geburtswegs der Kuh. Thrombopathie ist eine Bluterkrankheit mit massiv beeinträchtigter Blutgerinnung, die bis zum Tod führen kann. Kälber mit Zwergwuchs haben ein geringes Geburtsgewicht und wachsen sehr langsam. Kälber mit ZDL-Syndrom leiden an wiederkehrenden Durchfall- und Atemwegserkrankungen und entzündlichen Hautveränderungen. Es führt bei reinerbigigen Kälbern zum Tod. FH2, auch Minderwuchs genannt ist ähnlich zu der beim Menschen beschriebenen Erbkrankheit des Fanconi-Bickel-Syndroms. Es ist eine Störung im Zuckerstoffwechsel und diese zeigt weitgehend normale Geburtsgewichte, aber massives Zurückbleiben im Wachstum und bei männlichen Tieren eine meist schmale „weibliche“ Kopfform. Genaue Beschreibungen der Erbfehler sind in ZuchtData (2014a) zu finden. Das Erscheinungsbild von BH2 ist ein unterdurchschnittliches Geburtsgewicht, höhere Totgeburtenrate und ein deutlich erhöhter Anteil an Aufzuchtverlusten durch höhere Krankheitsanfälligkeit, wobei die meisten Kälber bis 50 Tage verenden. FH4 bewirkt einen embryonalen FrühTod in den ersten Wochen mit Umrindern meist nach 21 Tagen.

Die Allelfrequenzen in der österreichischen Fleckviehpopulation sind bei FÜRST (2014) und im ZuchtData-Jahresbericht 2014 (ZuchtData., 2014b) dargestellt. Sie liegen bei den weiblichen Tieren für das Geburtsjahr 2013 für BMS bei 7,3%, TP bei 6,8%, FH2 bei 5,2%, FH4 bei 4,5%, DW bei 2,6%, für BH2 bei 1,1%, ZDL bei 0,6% und ARA bei 0,4%.

Im vorliegenden Artikel wird nicht zwischen genetischen Besonderheiten und genetischen Defekten unterschieden, sondern beide Varianten unter dem Synonym Erbfehler subsummiert. Es ist den Autoren bewusst, dass es unterschiedliche Handlungsempfehlungen für genetische Besonderheiten und Tierschutz-relevante genetische Defekte gibt. Da die Unterscheidung zwischen den beiden Kategorien noch in laufender Diskussion ist, wird hier von einer Differenzierung abgesehen.

## 2 Material und Methode

### 2.1 Zuchtplanungsmethode

Die Analyse verschiedener Erbfehlerstrategien im Rahmen des Zuchtprogramms Fleckvieh AUSTRIA wurde mit dem Computerprogramm ZPLAN (WILLAM et al., 2008) durchgeführt. ZPLAN optimiert Selektionsstrategien in der Tierzucht bei Verwendung eines deterministischen Ansatzes aufbauend auf der Genflussmethode und einem Selektionsindex. Die genetische und ökonomische Effizienz von Zuchtprogrammen kann evaluiert werden. Selektionsgruppen mit unterschiedlichen Selektionsintensitäten und individuellen Informationsquellen können im Index definiert werden. Zusätzlich müssen für alle Selektionsgruppen verschiedene biologische Kennzahlen, Populations- und Kostenparameter definiert werden. Informationen zu den verwendeten biologischen, genetischen und ökonomischen Parametern sind in EGGER-DANNER et al. (2012) dargestellt. Die Kriterien für die Evaluierung der verschiedenen Strategien sind monetärer Zuchtfortschritt pro Jahr (monZF/J), Züchtungsertrag (ZE), Züchtungskosten (ZK) und Züchtungsgewinn (ZG) pro Kuh, die folgendermaßen definiert sind:

*Zuchtfortschritt (ZF):* Der Zuchtfortschritt ist die durchschnittliche monetäre bzw. naturale Überlegenheit der Nachkommen der selektierten Tiere einer Selektionsrunde gegenüber der Elterngeneration in der Zuchtstufe (pro Generation oder pro Zeiteinheit).

*Züchtungsertrag (ZE):* Der Züchtungsertrag ist der durchschnittliche diskontierte Ertrag pro Kuh, der aufgrund der genetischen Überlegenheit der selektierten Tiere in deren Nachkommen in der gesamten Population für den Zeitraum der Investitionsdauer erwartet werden kann.

*Züchtungskosten (ZK):* Die Züchtungskosten sind die züchtungsbedingten, diskontierten fixen und variablen Kosten einer Selektionsrunde umgelegt auf eine Kuh (gesamte Population).

*Züchtungsgewinn (ZG):* Der Züchtungsgewinn ist die Differenz zwischen dem Züchtungsertrag und den Züchtungskosten.

### 2.2 Populationsparameter und biologische Parameter

Die Auswirkungen von verschiedenen Strategien hinsichtlich des Erbfehlermanagements auf den monetären Zuchtfortschritt pro Jahr, Züchtungskosten und Züchtungsgewinn eines Zuchtprogrammes wurden am Beispiel Fleckvieh AUSTRIA 2012 analysiert (Abb. 1). Kernpunkte im genomischen Zuchtprogramm Fleckvieh AUSTRIA 2012 sind die Verkürzung des Generationsintervalls durch den Einsatz junger Bullen bei den Herdbuchkühen (HK) und den interessantesten Kühen (d.h. Kandidatenmütter (KM)) und die starke Vorselektion der Jungbullen (JB) aus den Kandidaten im Verhältnis 1:20. Im genomischen Zuchtprogramm Fleckvieh AUSTRIA 2012 werden 50% der Besamungen der Herdbuchkühe und 75% der Besamungen der Kandidatenmütter mit Jungbullen angestrebt.

### 2.3 Strategien Erbfehlermanagement

Drei verschiedene Strategien wurden analysiert. In **Strategie 1 (Merzung)** werden Trägerbullen vom Besamungseinsatz sowohl in der Kuhpopulation (HK + NHK) als auch in der gezielten Paarung (GP) ausgeschlossen. In den drei Varianten V-10, V-30 und V-50 sollen die Auswirkungen unterschiedlich großer Verbreitung von Erbfehlerträgern untersucht werden. Bei V-10 müssen 10% der Selektionskandidaten aus der Zucht ausgeschlossen werden, da sie Träger für einen Erbdefekt sind. Analog dazu werden bei V-30

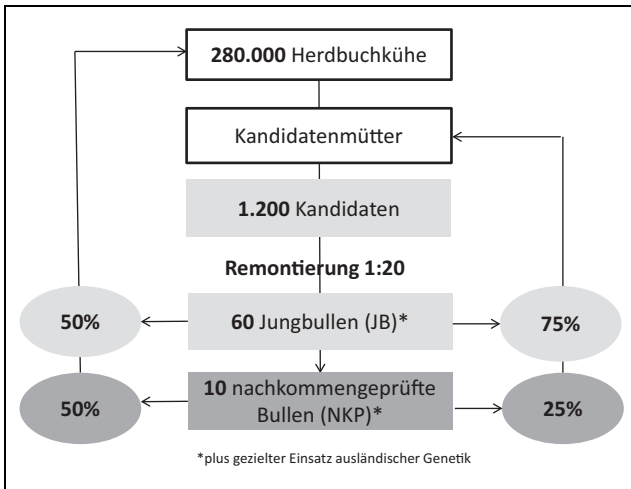


Abb. 1. Zuchtprogramm Fleckvieh AUSTRIA 2012 (AGÖF, 2014)  
Breeding program Fleckvieh AUSTRIA 2012 (AGÖF, 2014)

bzw. V-50 30% bzw. 50% der Jungbullen-Kandidaten ausgeschlossen. Die Annahmen basieren auf Auswertungen des Trägerstatus der Jungbullen-Kandidaten aus dem Zuchtprogramm Fleckvieh AUSTRIA. Bei Berücksichtigung der bisher bekannten Erbfehler sind in der Rasse Fleckvieh derzeit ca. 50% der Kandidaten Träger von zumindest einem Erbfehler.

In **Strategie 2 (Reduktion)** werden Trägerbullen nur vom breiten Einsatz in der Kuhpopulation (HK + NHK) ausgeschlossen, sehr wohl aber in der gezielten Paarung (GP) für die Besamung der Kandidatenmütter (KM) eingesetzt.

**Strategie 3 (ET)** geht der Fragestellung nach, in wie weit durch verstärkten Einsatz von Embryotransfer (ET) der Verlust an Selektionsintensität durch die Generierung einer höheren Anzahl Kandidaten gesteigert werden kann. Es wird auch angenommen, dass die interessantesten Kühe, d.h. die Kandidatenmütter (KM), genotypisiert sind und verstärkt Färsen belegt werden. Zusätzlich wird eine höhere Sicherheit des genomisch optimierten Gesamtzuchtwerts der KM (0,62 gegenüber 0,51) und eine Verkürzung des Generationsintervalls der KM von 0,5 Jahren unterstellt. Für Strategie 3 wurden die Auswirkung von zwei Varianten analysiert, nämlich 50% bzw. 100% der Kandidaten stammen aus ET, wobei angenommen wird, dass pro KM ein Kandidat erwartet werden kann.

#### 2.4 Kosten der Erbfehler

Für die Analyse von züchterischen Maßnahmen ist ein Kosten-Nutzen-Vergleich unerlässlich. Die im Zuchtprogramm Fleckvieh AUSTRIA 2012 unterstellten Kosten sind in EGGER-DANNER et al. (2012) angeführt. Im Zusammenhang mit dem Erbfehlermanagement kommen direkte und indirekte Kosten zum Tragen. Da indirekte Kosten schwer abschätzbar sind, werden diese nicht berücksichtigt. Bei den direkten Kosten sind es einerseits Kosten für Monitoring, Testung und Management im Zusammenhang mit diesen Erbfehlern, andererseits Kosten durch Ausfälle. Die Kosten für direkte Gentests werden, zusätzlich zu den Kosten für die Genotypisierung im Rahmen der genomischen Zuchtwertschätzung, zwischen 30 und 50 € pro Erbfehler angenommen. Mit Jahresbeginn

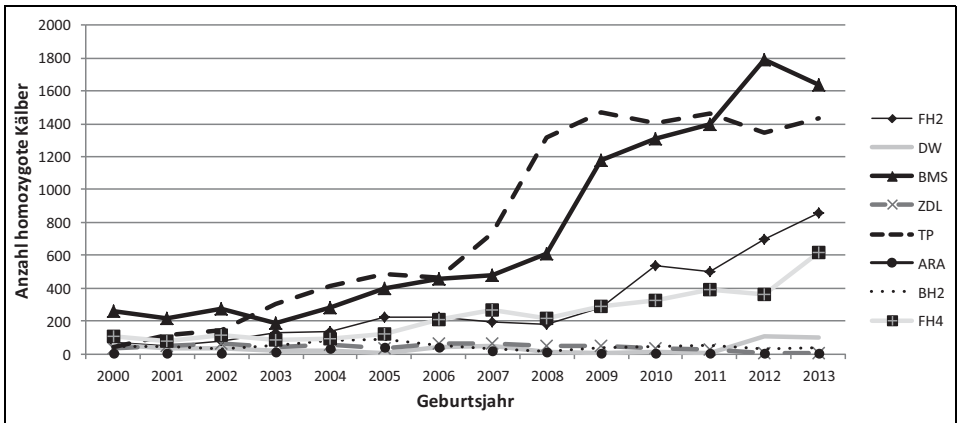


Abb. 2. Anzahl homozygoter Kälber basierend auf Allelfrequenz der Erbfehlers und Anzahl Anpaarungen pro Jahr von 2000 bis 2013  
*Number of homozygous calves dependent on allele frequency of genetic disorder and number of matings per year from 2000 until 2013*

2015 wird es sogenannte „customized chips“ geben, in denen dann die relevanten 1000 bis 2000 SNPs berücksichtigt sind und daher ohne große Zusatzkosten der Trägerstatus bestimmt werden kann. Da mit dem Management dieser Informationen dennoch Aufwand verbunden ist, werden 20 € pro Kandidat angesetzt. Für Strategie 3 mit verstärktem ET-Einsatz werden auch auf der weiblichen Seite die Kosten für die Genotypisierung der KM angesetzt und zudem Kosten für ET berücksichtigt. Für die Genotypisierung inklusive Erbfehlermanagement werden 120 € angesetzt. Die Kosten für einen Kandidaten aus ET werden mit 600 € angenommen.

Die Kosten von Erbfehlern für die Gesamtpopulation hängen vom Schaden pro Einzeltier, aber auch von der Allelfrequenz des Erbfehlers in der Gesamtpopulation ab. Der Erbfehler kommt zum Vorschein, wenn das Tier homozygot ist. Dieses Risiko wird durch die Anzahl durchgeführter Besamungen bedingt und kann pro Geburtsjahrgang berechnet werden. In Abbildung 2 ist die Anzahl der zu erwartenden homozygoten Kälber dargestellt. Bis zum Jahr 2013 entspricht das der theoretisch zu erwartenden Anzahl homozygoter Kälber. Aktuell werden aufgrund der Kennzeichnung der Erbfehler Risikopaarungen vermieden.

Die Kosten pro Ausfall werden nach drei verschiedenen Annahmen angesetzt. Bei Erbfehlern wie z.B. DW, FH2, BH2 und ZDL, bei denen das Kalb nicht mehr zu vermarkten ist, werden 350 € pro homozygotem Kalb angenommen. Die Annahmen basieren auf Berechnungen des Arbeitskreises Milch in Österreich, wonach der Kalberlös pro verkauftem Kalb inklusive Schlachtprämie und sonstiger Kosten im Jahr 2012 bei 403 € lag. Wenn zudem Schäden bei der Mutter auftreten, wie bei Spinnengliedrigkeit, so werden die Kosten mit 700 € beziffert. Laut WÖCKINGER (2012, persönliche Mitteilung) kostet eine 21 Tage längere Zwischenkalbezeit 100 €. Bei Erbfehlern, die mit schlechterer Fruchtbarkeit verbunden sind, ist mit Kosten von ca. 75 € zu rechnen. Bei TP sind die Kosten schwer abzuschätzen, da homozygote Träger nicht immer bzw. zu unterschiedlichen Zeitpunkten ausfallen. In Abbildung 3 sind die Kosten pro Erbfehler und Jahr dargestellt. Es ist ersichtlich, dass primär FH2 von Bedeutung ist. Für die Zuchtplanungsrechnungen werden Gesamtkosten pro Jahr und Population angesetzt. Wenn keine Maßnahmen er-

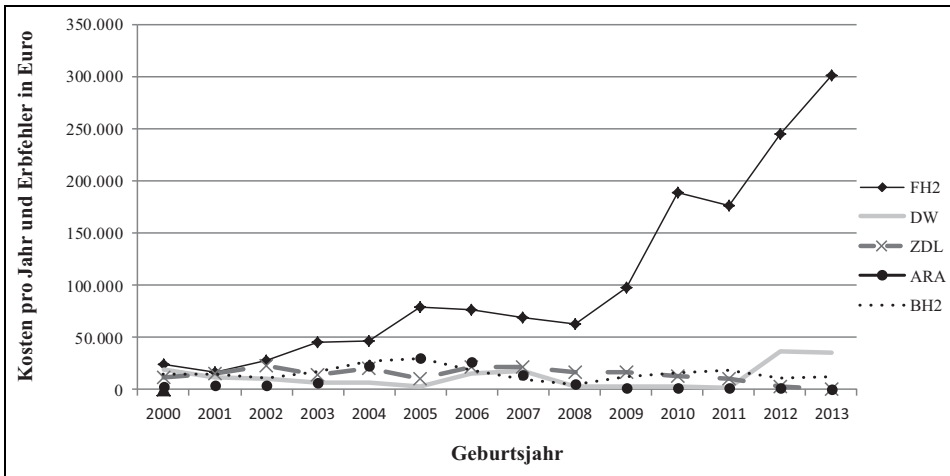


Abb. 3. Geschätzte Kosten pro Erbfehler und Jahr in Euro von 2000 bis 2013  
*Estimated costs per genetic disorder and year in Euro from 2000 until 2013*

griffen werden, so wird von insgesamt 300.000 € pro Jahr ausgegangen. Für Variante V-10 werden 200.000 € angesetzt, für Variante V-30 100.000 € und für Variante V-50, bei der keine Träger in der Besamung der Kuhpopulation eingesetzt werden, werden keine Kosten durch Ausfälle berücksichtigt.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Für die Evaluierung von Strategien zur Berücksichtigung von Erbfehlern in Zuchtprogrammen ist es wichtig, dass verschiedene Varianten hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf den monetären Zuchtfortschritt pro Jahr, den Züchtungsgewinn und die praktische Durchführbarkeit analysiert werden. Zur Optimierung der Strategien ist es wichtig, dass Erfahrungen aus der Umsetzung dann wiederum bei Weiterentwicklungen des Zuchtprogrammes berücksichtigt werden.

#### 3.1 Erbfehler und Leistung

Für die Anwendung der jeweiligen Strategie stellt sich auch die Frage, ob ein Zusammenhang zwischen Erbfehler-Trägerbullen und den erwünschten Leistungsmerkmalen besteht. Dazu wurde die Häufigkeit von Trägern- und Nicht-Trägern bei den Jungbullen-Kandidaten des Jahrgangs 2013 nach Gesamtzuchtwert (GZW), Milchwert (MW), Fleischwert (FW) und Fitnesswert (FIT) analysiert. Es wurden nur jene Kandidaten in die Analyse einbezogen, die mittels Haplotypen- oder Gentest eindeutig als Träger oder frei identifiziert wurden. In Abbildung 4 und Abbildung 5 sind die Ergebnisse für MW und FIT dargestellt. Die Ergebnisse für GZW und FW sind jenen von MW und FIT sehr ähnlich und werden deshalb nicht dargestellt. Die Ergebnisse lassen keine Kopplung zwischen Trägerstatus und Leistung erkennen. Wenn das Auftreten von Erbfehlern bei überdurch-

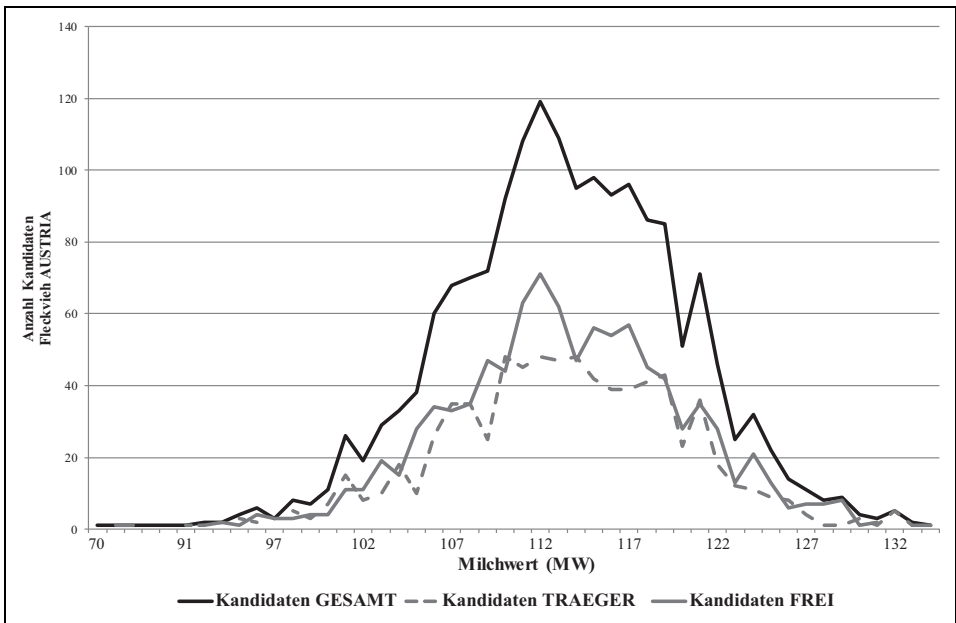


Abb. 4. Verteilung der Kandidaten (Geburtsjahr 2013) aus Fleckvieh AUSTRIA nach Milchwert (MW) und Trägerstatus  
*Distribution of candidates (year of birth) of Fleckvieh AUSTRIA based on milk index (MW) and carrier status*

schnittlichen Vererbern deutlich höher wäre, wäre eine Strategie, bei der auf den Einsatz von Trägern verzichtet wird, stärker zu hinterfragen. Dann würden möglicherweise mit einem Erbfehler auch viele andere wertvolle Gene verloren gehen. Um die Linienvielfalt zu erhalten, ist auch von Interesse, ob bei einigen Linien Erbfehler häufiger auftreten. Abbildung 6 zeigt eine Verteilung der genotypisierten Jungbullen-Kandidaten bei Fleckvieh AUSTRIA nach Linienzugehörigkeit und Trägerstatus von bekannten Erbfehlern.

### 3.2 Analyse unterschiedlicher Strategien

Die hier untersuchten Strategien zum Erbfehlermanagement wirken sich vor allem auf die Selektionsintensität bei den Jungbullen aus. Wenn Jungbullen-Kandidaten, die Träger von Erbfehlern sind, nicht für die Zucht verwendet werden, so können die Jungbullen weniger streng selektiert werden.

#### Strategie 1 (Merzung): Genereller Ausschluss von Trägerbullen

Bei Strategie 1 werden die Trägerbullen weder für die Besamung der Kuhpopulation (HK + NHK) noch für die Kandidatenmütter in der gezielte Paarung (GP) herangezogen. Die Auswirkungen dieser Strategie sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Wenn 50% der Kandidaten (Variante V-50) weder bei der Besamung der Kuhpopulation noch bei den Kandidatenmüttern in der gezielten Paarung berücksichtigt werden können, so reduziert sich der monetäre Zuchtfortschritt pro Jahr um 7,1% und der Züchtungsgewinn um 9,4%

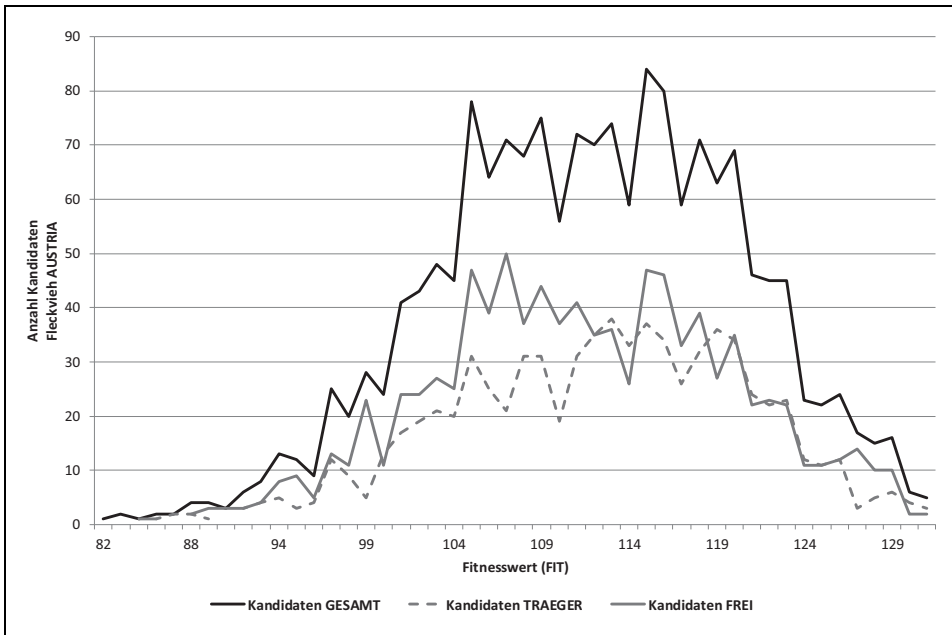


Abb. 5. Verteilung der Kandidaten (Geburtsjahr 2013) aus Fleckvieh AUSTRIA nach Fitnesswert (FIT) und Trägerstatus  
*Distribution of candidates (year of birth) of Fleckvieh AUSTRIA based on fitness index (FIT) and carrier status*

im Vergleich zum Referenzszenario Zuchtprogramm Fleckvieh AUSTRIA 2012 (EGGER-DANNER und WILLAM, 2012). Der monetäre Zuchtfortschritt pro Jahr für das Referenzszenario beträgt 31,2 € und der Züchtungsgewinn 166,3 €. Wenn weniger Kandidaten gemerzt werden, so verringert sich der jährliche monetäre Zuchtfortschritt nur geringfügig (Variante V-10). Bei V-50 aber müssen statt vorher 60 Jungbullen aus 1200 Kandidaten nun 120 selektiert werden, d.h. die Remontierungsrate reduziert sich von 1:20 auf 1:10. Bei V-30 und V-10 verringert sich die Remontierungsrate weniger stark auf 1:14 bzw. 1:18.

### Strategie 2 (Reduktion): Trägerbullen nur in gezielter Paarung

Um nicht, wie in Strategie 1, generell auf genetisch wertvolle Bullen zu verzichten, wurde analysiert, wie sich der begrenzte Einsatz von Trägerbullen in der gezielter Paarung auswirkt (Tab. 2). Die Reduktion des monetären Zuchtfortschritts pro Jahr in V-50 im Vergleich zu Strategie 1 ist um 2,3 Prozentpunkte geringer (95,2 gegenüber 92,9), bei V-30 und V-10 ist der Rückgang an monetärem Zuchtfortschritt pro Jahr im Vergleich zu Strategie 1 sehr gering. Mit der Strategie Trägerbullen nur in der gezielter Paarung einzusetzen, aber mit Erbfehler-freien Vererbern die Kuhpopulation zu besamen, könnte die genetische Variabilität weitgehend erhalten bleiben und dennoch die Verteilung von Erbfehlern in der gesamten Population reduziert werden.



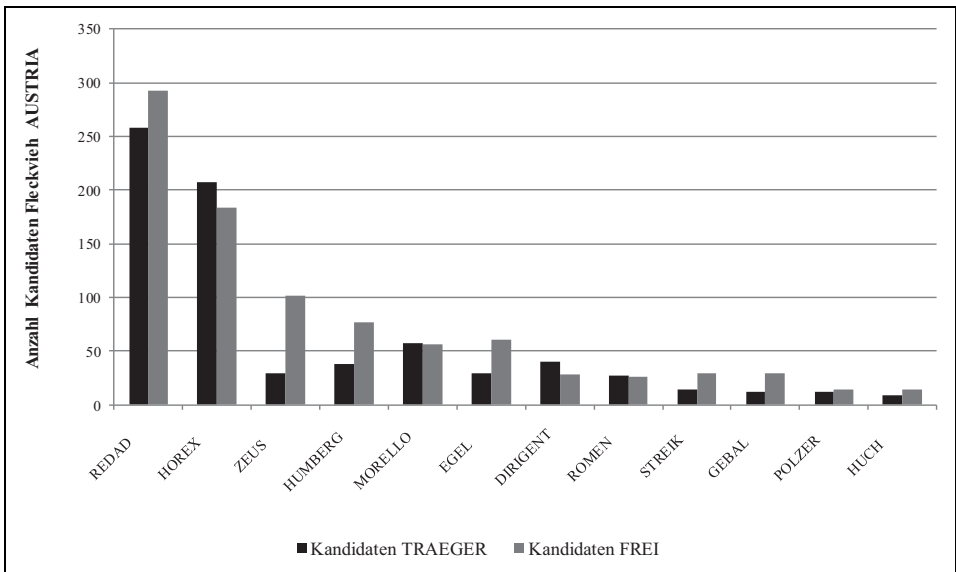


Abb. 6. Verteilung der Kandidaten (Geburtsjahr 2013) aus Fleckvieh AUSTRIA nach Trägerstatus und Linienzugehörigkeit  
*Distribution of candidates (year of birth 2013) of Fleckvieh AUSTRIA based on carrier status and sire line*

### Strategie 3 (ET): Verstärkter Einsatz von ET in gezielter Paarung

Diese Fragestellung soll analysieren, in wie weit durch einen verstärkten ET-Einsatz bei den Kandidatenmüttern der Verlust an Selektionsintensität durch die Merzung von Trägerbullen kompensiert werden kann. Es wird unterstellt, dass die interessantesten weiblichen Färsen und Kühe in der Population genotypisiert werden und dadurch das Generationsintervall bei den Kandidatenmüttern um 0,5 Jahre reduziert werden kann. Es werden 2 Varianten analysiert: einmal kommen 50% der Kandidaten aus ET und einmal 100%, wobei in der Kuhpopulation (HK + NHK) keine Trägerbullen eingesetzt werden. Durch die Genotypisierung der Kandidatenmütter und der verstärkten Anwendung von ET kann der jährliche monetäre Zuchtfortschritt im Vergleich zum Referenzszenario Fleckvieh AUSTRIA 2012 nicht nur erhalten, sondern sogar gesteigert werden. Für die Variante, in der 100% der Kandidaten aus ET kommen, könnte ohne Ausschluss von Trägerbullen der monetäre Zuchtfortschritt pro Jahr sogar um 13,9% gesteigert werden (nicht dargestellt). Wenn Trägerbullen nur in der gezielten Paarung, aber nicht in der Kuhpopulation (HK + NHK) eingesetzt werden, so ist dennoch ein jährlicher monetärer Zuchtfortschritt von +9,3% im Vergleich zu Fleckvieh AUSTRIA 2012 zu realisieren (Tab. 3). In Tabelle 3 sind zusätzlich die Auswirkungen auf die Anzahl benötigter Kandidatenmütter in der gezielten Paarung und die Remontierung der Jungbullen aus den Kandidaten, also die Selektionsintensität in der Selektionsgruppe Jungbullen, dargestellt. Die Kosten in der Variante 100% Kandidaten aus ET liegen im Vergleich zum Referenzszenario bei 34,17 € pro Herdbuchkuh, beim Referenzszenario sind 26,47 € kalkuliert. Der deutlich höhere monetäre Zuchtfortschritt pro Jahr kompensiert die höheren Kosten

Tab. 1. Einfluss der Strategie 1 mit den Varianten V-10, V-30 und V-50 (d.h. 10%, 30% und 50% der Bullen in Kuhpopulation (HK + NHK) und gezielter Paarung (GP) als Erbfehlerträger gemerzt) auf monetären Zuchtfortschritt pro Jahr (monZF/J) und Züchtungsgewinn (ZG) in Prozent relativ zu Fleckvieh AUSTRIA 2012

*Impact of strategy 1 with variants V-10, V-30, V-50 (i.e. 10%, 30% and 50% erasure of carriers in cow population and planned mating) on annual monetary genetic gain (monZF/J) and profit (ZG) based on Fleckvieh AUSTRIA 2012*

	Fleckvieh AUSTRIA 2012	Keine Trägerbullen in Kuhpopulation (HK + NHK) und gezielter Paarung (KM)		
		V-10	V-30	V-50
monZF/J	100 (31,2 €)	99,0	96,5	92,9
ZG	100 (166,3 €)	98,7	95,3	90,6
Remontierung JB aus Kandidaten	60 aus 1200 (1:20)	66 aus 1200 (1:18)	85 aus 1200 (1:14)	120 aus 1200 (1:10)

JB = Jungbullen, HK = Herdbuchkühe, NHK = Nicht-Herdbuchkühe, KM = Kandidatenmütter

Tab. 2. Einfluss der Strategie 2 mit den Varianten V-10, V-30 und V-50 (d.h. 10%, 30% und 50% der Bullen in Kuhpopulation (HK + NHK) als Erbfehlerträger gemerzt) auf monetären Zuchtfortschritt pro Jahr (monZF/J) und Züchtungsgewinn (ZG) in Prozent relativ zu Fleckvieh AUSTRIA 2012

*Impact of strategy 2 with variants V-10, V-30, V-50 (i.e. 10%, 30% and 50% erasure of carriers in cow population) on annual monetary genetic gain (monZF/J) and profit (ZG) based on Fleckvieh AUSTRIA 2012*

	Fleckvieh AUSTRIA 2012	Keine Trägerbullen in Kuhpopulation (HK + NHK), aber gezielter Paarung (KM)		
		V-10	V-30	V-50
monZF/J	100 (31,2 €)	99,3	97,6	95,2
ZG	100 (166,3 €)	99,4	97,0	93,6
Remontierung JB aus Kandidaten	60 aus 1200 (1:20)	66 aus 1200 (1:18)	85 aus 1200 (1:14)	120 aus 1200 (1:10)

JB = Jungbullen, HK = Herdbuchkühe, NHK = Nicht-Herdbuchkühe, KM = Kandidatenmütter

und erhöht auch insgesamt den Züchtungsgewinn für die Variante 100% Kandidaten aus ET auf + 5,2%. Bei der Variante, in der nur 50% der Kandidaten aus ET kommen, ist beim jährlichen monetären Zuchtfortschritt ein Plus von 3,1% zu erwarten. Der Züchtungs-

Tab. 3. Auswirkungen der Genotypisierung potenzieller Kandidatenmütter und verstärkter Einsatz von Embryotransfer (50% und 100% der Kandidaten aus ET) auf monetären Zuchtfortschritt pro Jahr (monZF/J) und Züchtungsgewinn (ZG) in Prozent relativ zu Fleckvieh AUSTRIA 2012; es wird angenommen, dass 50% der Bullen in der Kuhpopulation (HK + NHK) als Trägerbullen gemerzt werden; d.h. entspricht V-50 in Tab. 2

*Impact of genotyping candidate dams and increased use of embryo transfer (50% and 100% of candidates out of ET) on annual monetary genetic gain (monZF/J) and profit (ZG) based on Fleckvieh AUSTRIA 2012; assumed that 50% of bulls in cow population (HK + NHK) are carrier and culled, i.e. corresponds to V-50 in Tab. 2*

	Fleckvieh AUSTRIA 2012	Keine Trägerbullen in Kuhpopulation (HK + NHK), aber gezielter Paarung + Genotypisierung KM + verstärkter Einsatz ET	
		50% Kandidaten aus ET	100% Kandidaten aus ET
monZF/J	100 (31,2 €)	103,1	109,3
ZG	100 (166,3 €)	100,5	105,2
Si-gGZW KM	0,51	0,62	0,62
Anzahl KM	4578	4620	2400
Remontierung JB aus Kandidaten	60 aus 1200 (1:20)	120 aus 1800 (1:15)	120 aus 2400 (1:20)

JB = Jungbullen, HK = Herdbuchkühe, NHK = Nicht-Herdbuchkühe, KM = Kandidatenmütter, Si-gGZW = Sicherheit des genomisch optimierten Gesamtzuchtwerts

gewinn ist trotz deutlich höherer Kosten vergleichbar mit dem Referenzszenario Fleckvieh AUSTRIA 2012.

Je nach Umsetzung von Erbfehlerstrategien ist ohne Kompensationsmaßnahmen durch verstärkten ET-Einsatz mit einem vorübergehenden Rückgang im monetären Zuchtfortschritt pro Jahr im oben beschriebenen Ausmaß zu rechnen. Wenn die Erbfehler aus der Population wieder weitgehend verdrängt sind, kann das Selektionspotenzial wieder zur Gänze ausgenutzt werden.

Bei den hier dargestellten Varianten der Zuchtplanung ist zu bedenken, dass jeweils nur eine Selektionsrunde mit ihren Auswirkungen abgebildet werden kann. Um genauere Aussagen zu populationsgenetischen Auswirkungen machen zu können, sind aufwändige stochastische Simulationen durchzuführen.

### Sonstige Alternativen

Ein gänzlicher Verzicht auf Erbfehler-Trägerbullen auf der weiblichen und männlichen Seite würde zu einem schnellen Verschwinden des Erbfehlers aus der Population führen. Wenn jedoch bei den Kühen der Trägerstatus nicht bekannt ist, kann durch Nutzung von Trägerwahrscheinlichkeiten aufgrund von Abstammungsinformationen das Risiko ebenfalls minimiert werden. Auswertungen zeigen, dass aktuell im Vergleich mit Zufallspaa-

rung ca. 10 bis 20% weniger homozygote Kälber mit Erbfehler auftreten. Es ist anzunehmen, dass dieser Anteil durch gezielte Vermeidung von Risikopaarungen noch deutlich erhöht werden kann. Moderne Anpaarungsprogramme, wie der Online-Anpaarungsplaner OptiBull (ZuchtData, 2014c) bieten hier wertvolle Hilfestellungen für jeden Züchter.

Auch wenn keine züchterischen Maßnahmen ergriffen werden sollten, so ist ein Monitoring der Erbfehler in der Population dennoch unabdingbar. Aufgrund der Komplexität der gesamten Informationen ist es wertvoll, wenn die Züchtervereinigungen bei der Auswahl der zukünftigen Bullen auch lenkend eingreifen und nicht die gesamte Entscheidung dem Tierhalter überlassen wird. Eine weitere züchterische Möglichkeit wird von SEGELKE et al. (2014) beschrieben. Die Erbfehler werden nach genetischen und wirtschaftlichen Aspekten in einem eigenen Erbfehlerindex zusammengefasst. Die Berücksichtigung dieses Index erfolgt nur bei der Selektion der weiblichen Tiere, während die Bullen nach dem geschätzten Zuchtwert selektiert werden sollen. Da die Anzahl bekannter Erbfehler zukünftig weiter zunehmen wird, empfehlen auch VAN EENENNAAM und KINGHORN (2014) Selektionsstrategien, die die Balance zwischen Kompromissen beim Zuchtfortschritt und der Reduzierung von Ausfällen optimieren.

#### **4 Zusammenfassung**

Die Fleckviehzuchtorganisationen in Österreich und Deutschland versuchen verstärkt die Möglichkeiten der genomischen Selektion zu nützen, um die Allelfrequenzen von Erbfehlern auf einem möglichst niedrigen Niveau zu halten. Obwohl die Allelfrequenzen der einzelnen Erbfehler großteils unter 5% liegen, ist eine geeignete Zuchtstrategie für die langfristige Entwicklung der Rasse Fleckvieh entscheidend. Ein Verzicht auf Erbfehler-Trägerbullen sowohl bei den Herdbuchkühen als auch in der gezielten Paarung könnte zwar die Defektgene aus der Population eliminieren, würde aber bei der großen Anzahl verschiedener Erbfehler den Zuchtfortschritt deutlich verringern. Um das unkontrollierte Ausbreiten von unerwünschten Erbanlagen zu verhindern, ist ein offener Umgang mit konsequentem Monitoring, kontinuierlicher Suche nach neuen Gendefekten und der Lenkung von Maßnahmen im Zuchtprogramm entscheidend. Bei jeder Strategie sind verschiedene Aspekte (d.h. populationsgenetische Aspekte, Kosten/Nutzen, Tierethik) für den einzelnen Erbfehler abzuwägen. Damit wertvolle Erbanlagen nicht ungewollt aus der Population eliminiert werden, ist zu empfehlen, dass in der gezielten Paarung weiterhin Trägerbullen verwendet werden und durch den verstärkten Einsatz von ET mehr potenzielle Kandidaten für die Selektion von Erbfehler-freien Bullen für den Einsatz in der gesamten Population zur Verfügung stehen. Dadurch kann eine hohe Selektionsintensität beibehalten werden und es muss nicht auf Zuchtfortschritt verzichtet werden. Erbfehlermanagement in einem Zuchtprogramm ist aktive Qualitätssicherung und für die positive Entwicklung der Rasse sehr wichtig.

#### **5 Danksagung**

Die Analysen wurden im Rahmen des Projektes „Optimierung der langfristigen züchterischen Entwicklung der österreichischen Rinderrassen unter besonderer Berücksichtigung der Gesundheit und der genomischen Selektion (OptiGene)“ durchgeführt und wurden vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, der Zentralen Arbeitsgemeinschaft österreichischer Rinderzüchter (ZAR) und den Rassenarbeitsgemeinschaften finanziell unterstützt. Vielen Dank für die finanzielle Unterstützung und gute Zusammenarbeit.

## 6 Literatur

- AGÖF, (2014): Arbeitsgemeinschaft Österreichischer Fleckviehzüchter, Zuchtprogramm Fleckvieh AUSTRIA 2012; <http://www.fleckvieh.at/fleckvieh-austria-zuchtprogramm.html>; abgerufen am 10. Februar 2014.
- BUITKAMP, J., J. SEMMER und K.-U. GOETZ, (2011): Arachnomelia syndrome in Simmental cattle is caused by a homozygous 2-bp deletion in the molybdenum cofactor synthesis step 1 gene (*MOCSI*). *BMC Genetics* 2011.12:11. <http://www.biomedcentral.com/1471-2156/12/11>.
- EGGER-DANNER, C., A. WILLAM, C. FUERST, H. SCHWARZENBACHER und B. FUERST-WALT, (2012): Effect of breeding strategies using genomic information on fitness and health. *J. Dairy Sci.* **95**, 4600–4609.
- EGGER-DANNER, C. und A. WILLAM, (2012): Neues genomisches Zuchtprogramm Fleckvieh AUSTRIA 2012. Was wird anders, was bringt es? *Fleckvieh Austria - Das österreichische Magazin für Fleckviehzucht*, 6/2012, 6–10.
- FÜRST, C., (2014): Aktueller Stand der Erbfehlersituation beim Rind in Österreich. Seminar des Ausschusses für Genetik der Zentralen Arbeitsgemeinschaft Österreichischer Rinderzüchter (ZAR), Salzburg, 2013; <http://zar.at/dam/zar/downloads/zar-seminar/2014/ZAR-Seminar2014.pdf>; abgerufen am 10. November 2014.
- JANSEN, S., B. AIGNER, H. PAUSCH, M. WYSOCKI, S. ECK, A. BENET-PAGES, E. GRAF, T. WIELAND, T.M. STROM, T. MEITINGER und R. FRIES, (2013): Assessment of the genomic variation in a cattle population by re-sequencing of key animals at low to medium coverage. *BMC Genomics* 2013, **14**, 446.
- JUNG, S., H. PAUSCH und M.C. LANGENMEYER, et al., (2014): A nonsense mutation in *PLD4* is associated with a zinc deficiency-like syndrome in Fleckvieh cattle. *BMC Genomics* 2014, **15**, 623.
- PAUSCH, H., B. AIGNER, R. EMMERLING, C. EDEL, K.-U. GÖTZ und R. FRIES, (2013): Imputation of high-density genotypes in the Fleckvieh cattle population. *Gen. Sel. Evol.* 2013, **45**, 3.
- PAUSCH, H., H. SCHWARZENBACHER, J. BURGSTALLER, K. FLISIKOWSKI, C. WURMSER, S. JANSEN, A. SCHNIEKE, T. WITTEK und R. FRIES, (2014): Homozygous haplotype deficiency reveals deleterious mutations compromising reproductive and rearing success in cattle. Submitted September 2014.
- PAUSCH, H., S. KÖLLE, C. WURMSER, H. SCHWARZENBACHER, R. EMMERLING, S. JANSEN, M. TROTTMANN, C. FUERST, K.-U. GÖTZ und R. FRIES, (2014): A nonsense mutation in *TMEM95* encoding a nonscript transmembrane protein causes idiopathic male subfertility in cattle. *PLoS genetics*, January 2, 2014.
- SANTER, R., R. SCHNEPPENHEIM, A. DOMBROWSKI, H. GÖTZE, B. STEINMANN und J. SCHAUB, (1997): Mutations in *GLUT2*, the gene for the liver-type glucose transporter, in patients with Fanconi-Bickel syndrome. *Nat. Genet.* 1997, **17**, 324–326.
- SCHWARZENBACHER, H., C. FUERST, B. FUERST-WALT und M. DOLEZAL, (2012): A genome-wide search for harmful recessive haplotypes in Brown Swiss and Fleckvieh cattle. 63<sup>rd</sup> EAAP annual meeting (Book of Abstr., p. 171).
- SEGELKE, D., H. TÄUBERT, S. JANSEN, H. PAUSCH, F. REINHARDT und G. THALLER, (2014): Management of genetic characteristics. *Interbull Bulletin* **48**, 85–88.
- VAN EENENNAAM, A.I. und B.P. KINGHORN, (2014): Use of Mate Selection Software to Manage Lethal Recessive Conditions in Livestock Populations. 10<sup>th</sup> World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Vancouver, August 2014.
- VANRADEN, P.M., K.M. OLSON, D.J. NULL und J.L. HUTSCHINSON, (2011): Harmful recessive effects on fertility detected by absence of homozygous haplotypes. *J. Dairy Sci.* **94**, 6153–6161.

- WILLAM, A., G. NITTER, K. BARTENSLAGER, K. KARRAS, E. NIEBEL und H.-U. GRASER, (2008): ZPLAN – Manual for a PC-Program to Optimize Livestock Selection Schemes. Manual Version 2008 for Source Code "z10.for". Institut für Nutztierwissenschaften, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Universität für Bodenkultur Wien.
- ZuchtData, (2014a): Genetische Besonderheiten und Erbfehler. <http://zar.at/Service/Zuchtwerte/Genetische-Besonderheiten-und-Erbfehler.html>; abgerufen am 28. November 2014.
- ZuchtData, (2014b): ZuchtData-Jahresbericht 2013. [http://zar.at/dam/zar/Zahlen---Fakten/Jahresberichte/ZuchtData\\_Jahresberichte/2013-Jahresbericht-ZuchtData/2013%20Jahresbericht%20ZuchtData.pdf](http://zar.at/dam/zar/Zahlen---Fakten/Jahresberichte/ZuchtData_Jahresberichte/2013-Jahresbericht-ZuchtData/2013%20Jahresbericht%20ZuchtData.pdf); abgerufen am 28. November 2014.
- ZuchtData, (2014c): OptiBull 14.07 – Manual. <http://zar.at/dam/zar/downloads/broschueren/Anpaarungsplaner-Optibull.pdf>; abgerufen am 28. November 2014.