

Pedigree-Analyse der deutschen Paint-Horse-Population

MASTERARBEIT

vorgelegt von

Margot Siderits Bakk. rer. nat

Wien, im April 2011

Beurteilerin: Dr. Birgit Fürst-Waltl
Betreuerinnen: Dr. Birgit Fürst-Waltl
PD Dr. Roswitha Baumung

INHALTSVERZEICHNIS

1 EINLEITUNG	4
2 DAS PAINT HORSE.....	5
2.1 Geschichte	5
2.1.1 Ursprung der gescheckten Pferde.....	5
2.1.2 Das Paint Horse in Nordamerika.....	6
2.2 Zuchtverbände	9
2.2.1 Die American Paint Horse Association.....	9
2.2.2 Der Paint Horse Club Germany.....	11
2.2.3 Eintragung ins Zuchtbuch	11
2.3 Verbreitung und Verwendung.....	14
2.3.1 Verbreitung	14
2.3.2 Disziplinen im Westernreiten und Verwendung der Paint Horses	17
2.4 Farbe.....	23
2.4.1 Scheckzeichnung – die Patterns.....	23
2.4.2 Kombinierte Patterns – Tovero.....	28
2.4.3 Solid Paint Bred	29
2.4.4 Zucht auf Farbe, Typ und Leistung	30
2.5 Genetische Erkrankungen	32
2.5.1 GBED – Glycogen Branching Enzyme Deficiency	32
2.5.2 HERDA/HC – Hereditary equine regional dermal asthenia oder hyperelastosis cutis.....	32
2.5.3 HYPP – Hyperkalemic Periodic Paralysis	33
2.5.4 OLWS – Overo Lethal White Syndrome.....	33
3 GENETISCHE VIELFALT	35
3.1 Pedigree-Analyse historisch	36
3.2 Qualität des Pedigrees	36

3.3 Effektive Anzahl Gründertiere (f_e)	37
3.4 Effektive Anzahl Ahnen (f_a)	38
3.5 Genanteile wichtiger Ahnen	39
3.6 Effektive Anzahl Gründergenome (N_g).....	39
3.7 Inzucht und Inzuchtkoeffizient	40
4 DATENSTRUKTUR UND DATENAUFBEREITUNG	42
4.1 Aufbau des Pedigrees	42
4.2 Beschreibung der Referenzpopulationen.....	43
5 SOFTWARE	44
6 ERGEBNISSE UND DISKUSSION	46
6.1 Vergleich der Referenzpopulationen	46
6.1.1 Qualität des Pedigrees.....	46
6.1.2 Inzuchtkoeffizient	49
6.1.3 Effektive Anzahl Gründertiere, effektive Anzahl Ahnen und effektive Anzahl Gründergenome	50
6.1.4 Genanteile wichtiger Ahnen	52
6.1.5 Rassen- und Farbverteilung.....	59
6.1.6 Schlussfolgerungen.....	64
6.2 Vergleich mit anderen Pferderassen.....	66
6.2.1 Qualität des Pedigrees.....	66
6.2.2 Inzuchtkoeffizient	69
6.2.3 Effektive Anzahl Gründertiere, effektive Anzahl Ahnen und effektive Anzahl Gründergenome	71
6.2.4 Marginale Genanteile der wichtigsten Ahnen	74
6.2.4 Schlussfolgerungen.....	76

6.3 Vergleich mit anderen Nutztierassen	77
6.3.1 Qualität des Pedigrees	77
6.3.2 Inzuchtkoeffizient	80
6.3.3 Effektive Anzahl Gründertiere, effektive Anzahl Ahnen und effektive Anzahl Gründergenome	82
6.3.4 Marginale Genanteile der wichtigsten Ahnen	84
6.3.5 Schlussfolgerungen.....	86
 7 ZUSAMMENFASSUNG	 87
 8 SUMMARY	 89
 9 ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	 90
 10 TABELLENVERZEICHNIS	 93
 11 LITERATURVERZEICHNIS	 95

1 EINLEITUNG

Das Paint Horse ist die zahlenmäßig zweitgrößte Pferderasse weltweit. Es handelt sich dabei um ein mittelgroßes Pferd im Quadratformat, das vor allem im Westernreitsektor vertreten ist. Auffälligstes Merkmal dieser Rasse ist die Vielfalt an Farben und Scheckungsarten. Obwohl das äußere Erscheinungsbild bei diesen Pferden eine große Rolle spielt, handelt es sich nicht um eine reine Farbzucht. Um in das Zuchtbuch eingetragen zu werden, muss ein Pferd auch eine entsprechende Abstammung vorweisen können. Eintragungsberechtigt sind nur Tiere, die lückenlos auf Paint Horses, Quarter Horses oder Englische Vollblüter zurückgehen. Die größte Zuchtpopulation von Paint Horses ist im Ursprungsland, den USA, zu finden. Deutschland verfügt nach den USA und Kanada weltweit drittgrößte Paint-Horse-Population. In Österreich gibt es eine vergleichsweise geringe Zuchtpopulation von Paint Horses. Eine Berechnung der genetischen Vielfalt würde deshalb beim derzeitigen Stand nicht zu aussagekräftigen Ergebnissen führen.

In der vorliegenden Studie wird die genetische Diversität in der deutschen Paint-Horse-Population mittels einer Stammbaumanalyse untersucht. Zu diesem Zweck wurden die Diversitätskennzahlen effektive Anzahl Gründertiere, effektive Anzahl Ahnen und effektive Anzahl Gründergenome berechnet. Außerdem wurden der Inzuchtkoeffizient und die Genanteile der wichtigsten Ahnen berechnet. Eine wichtige Grundlage für die Analyse von Pedigrees sind Quantität und Qualität der zugrunde liegenden Daten. Als erster Arbeitsschritt wurde daher das vom deutschen Zuchtverband zur Verfügung gestellte Originalpedigree mit Hilfe einer Online-Datenbank ergänzt und erweitert.

Um die Auswirkungen der Pedigree-Qualität auf die errechneten Kennzahlen zu untersuchen, werden in dieser Studie die Ergebnisse für die aktuelle Zuchtpopulation vor und nach dem teilweisen Aufbau des Originalpedigrees gegenübergestellt. Die Darstellung etwaiger Veränderungen von Kennzahlen bei verbesserter Datengrundlage ist ein wichtiger Teil dieser Arbeit. Die errechneten Kennzahlen der aktuellen Paint Horse Zuchtpopulation auf Basis des erweiterten Pedigrees werden anschließend mit anderen Pferde- und Nutztierassen verglichen, um die Ergebnisse besser einordnen zu können.

2 DAS PAINT HORSE

2.1 Geschichte

2.1.1 Ursprung der gescheckten Pferde

(Haynes, 1988)

Die Geschichte des Pferdes ist eine der bestdokumentierten innerhalb der Säugetiere. Pferde mit geschecktem Fell existieren vermutlich seit dem Auftreten der ersten Pferde. Zeugnisse für die Existenz von Schecken gibt es in Spanien, Frankreich, Arabien und Nordafrika zurück bis 20 000 vor Christus.

Die Fellfarben der ersten Pferde unterschieden sich nicht stark von den heute bekannten Farben. Schwarz und Braun dominierten zwar, aber auch zweifarbige Pferde sind häufig auf Malereien und Artefakten dargestellt. Über die Evolution der Zweifarbigkeit gibt es zwei Theorien. Eine Theorie geht davon aus, dass Pferde von Anfang an gescheckt waren und Zweifarbigkeit von Anbeginn dieser Art an vorhanden war. Die andere Theorie vertritt die Meinung, dass sich die Scheckzeichnung bei Pferden als Möglichkeit zur Tarnung in Gebieten mit starken Licht-Schatten-Kontrasten, wie vergleichsweise bei Zebras, entwickelt hat.

Zum Ursprung der verschiedenen Farbvariationen, die bei unseren heutigen Pferden auftreten, gibt es nur spärliche Fakten. Dennoch ist die frühgeschichtliche Existenz von Schecken unbestreitbar, primitive Höhlenmalereien zeugen davon. Die früheste Darstellung von gescheckten Pferden wurde auf einen Zeitraum zwischen 20 000 und 15.000 vor Christus datiert. Gefunden wurden diese Höhlenmalereien im südlichen Zentraleuropa. Sie beweisen, dass zweifarbige Pferde schon seit einem sehr langen Zeitraum existieren. Gescheckte Pferde wurden auch im Alten Ägypten dokumentiert. So ist an der Wand des Grabes von Menna, einem wohlhabenden Ägypter, ein geschecktes Pferd, das einen Wagen zieht, dargestellt. Des Weiteren wurde auf dem Sargdeckel einer Mumie ein eingeschnitztes geschecktes Pferd entdeckt. Andere Zivilisationen, in denen die Existenz von Schecken vor Christi Geburt dokumentiert wurde, sind China, Tibet und Indien. In vielen Ländern gibt es hingegen keine Hinweise auf das Vorhandensein von gescheckten Pferden. Das kann auch daran

liegen, dass in geschriebenen Dokumenten, in denen Pferde erwähnt werden, Anmerkungen über Farbe und Scheckung meist fehlen.

Nach der Domestikation des Pferdes wurde bald begonnen, gescheckte Pferde gezielt zu züchten. Im Alten Griechenland und im Alten Rom waren gefleckte Pferde aufgrund ihres auffälligen Aussehens für Zirkus und andere Veranstaltungen begehrt. Auch im Mittelalter waren zweifarbige Pferde bei Festen und Veranstaltungen im Einsatz. In Deutschland wurde zu dieser Zeit auch mit der Zucht auf gescheckte Pferde experimentiert, um möglichst spektakuläre Tiere zu produzieren. Im Gegensatz dazu waren in England bei der Vollblutzucht scheckige Pferde unerwünscht. Vereinzelt kamen sie jedoch trotzdem vor und sind unter den Ahnen von Vollblutpferden zu finden. Auf der iberischen Halbinsel wurden Pferde schon früh auf hohem Niveau gezüchtet. Sowohl beim einheimischen Andalusier als auch bei eingeführten Arabern und Berbern sowie bei Kreuzungen aus diesen Rassen traten häufig zweifarbige Tiere auf (Haynes, 1988).

2.1.2 Das Paint Horse in Nordamerika

(Haynes, 1988)

Zur Zeit der Entdeckung Amerikas gab es dort keine Pferde. Obwohl sich die Evolution des Pferdes nachweislich in Nordamerika vollzog, starben sie aus ungeklärten Gründen auf dem amerikanischen Kontinent aus. Gefleckte Pferde wurden wie alle anderen Pferde auch durch die spanischen Eroberer oder durch Importe aus England eingeführt. Die wohlhabenden Spanier konnten es sich leisten, hochklassige Pferde, vor allem der Rassen Berber, Araber und Andalusier, nach Amerika zu schiffen. Die Ankunft der ersten gefleckten Pferde wurde 1519 dokumentiert. Hernando Cortes brachte mit seinem Schiff 16 Pferde in die Neue Welt. Zwei davon sind vom spanischen Historiker Diaz del Castillo, der die Expedition begleitete, als Schecken beschrieben.

Die berittenen Spanier verboten den Indianern, Pferde zu besitzen, um so leichter die Oberhand über diese zu behalten. Trotzdem schafften es viele Stämme durch Diebstahl, Handel oder Angriff von spanischen Ranches, sich eigene Herden aufzubauen.

Besonders beliebt bei den Indianern waren alle Arten von gescheckten Pferden. Sie bevorzugten diese nicht nur aufgrund der auffallenden Farbe, sondern auch weil sich die zweifarbigen Pferde besser zur Tarnung eigneten. Bis heute werden gescheckte Pferde mit Indianern und deren Legenden assoziiert.

Während des neunzehnten und zu Beginn des zwanzigsten Jahrhunderts zogen riesige Herden verwilderter Pferde, sogenannter Mustangs, durch die westlichen amerikanischen Ebenen. Darunter befand sich eine große Anzahl an gescheckten Pferden, was darauf hinweist, dass sich die Zweifarbigkeit über die Jahre konstant weitervererbt hat. Der wohl bekannteste Mustang der Geschichte ist ein Schecke mit dem Namen Hidalgo. Unter seinem Reiter Frank T. Hopkins, einem der ersten Befürworter der Paint Horses, gewann Hidalgo ein legendäres 3000-Meilen Rennen durch die arabische Wüste als erstes nicht arabisches Pferd.

Im Osten Amerikas wurden Abkömmlinge der aus Spanien eingeführten Pferde mit ausgewählten, aus England und Frankreich importierten Hengsten gekreuzt. Das Ziel war, die vorhandenen Pferdebestände zu verbessern und ein Rennpferd für kurze Distanzen bis zu einer Viertelmeile zu schaffen. Englische Vollblüter, die von den drei Gründerhengsten Godolphin Barb, Darley Arabian und Byerly Turk abstammten, wurden zu diesem Zweck eingesetzt. Diese Kreuzungen bildeten die Grundlage für das heutige American Quarter Horse.

Mit der Verbreitung von Vollblütern im Osten, wurden die kleineren Quarter Horses als Rennpferde uninteressanter. Dadurch gab es eine vermehrte Abwanderung dieser Pferde Richtung Westen, wo sie als Arbeitspferde eingesetzt und Quarter Horses mit Mustangs und spanischen Arbeitspferden gekreuzt wurden. Während des neunzehnten und zu Beginn des zwanzigsten Jahrhunderts wurden diese Arbeitspferde für alle Zwecke eingesetzt. Sie wurden sowohl zum Arbeiten herangezogen, als auch als Rennpferd in der Freizeit genutzt. Die Pferde zu dieser Zeit wiesen alle möglichen Farben auf. Gescheckte und einfarbige Tiere wurden gleichermaßen verwendet. Zum Erhalt der gescheckten Pferde trugen ab 1883 die Wildwest Shows bei, die von William F. Cody, besser bekannt als Buffalo Bill, begründet wurden. Diese Veranstaltungen sollten das aufregende Leben im Westen Amerikas darstellen, durch den Einsatz von gescheckten Pferden sollten sie noch spektakulärer werden (Haynes, 1988).

Mit Beginn der Mechanisierung im zwanzigsten Jahrhundert begann die Zahl von Paint Horses genau wie die von anderen Pferderassen abzunehmen. Paints wurden nur mehr von einzelnen Züchtern, welche die Rasse erhalten wollten, gezüchtet. Zur selben Zeit begannen Verbände, die Zucht einfarbiger Pferde zu fördern. Die 1940 entstandene American Quarter Horse Association hatte das vorrangige Ziel, die Zucht auf den Typ des Arbeitspferdes zu fördern. Gescheckte Pferde wurden als nicht dem Zuchtprogramm entsprechend angesehen. Alle bunten Pferde, also Pferde mit weißen Flecken am Körper oder mit weißen Abzeichen, die über Vorderfußwurzel- oder Sprunggelenk hinausgehen, ausgeschlossen. Dieser Umstand hatte einen weiteren Rückgang des Paint Horses zur Folge.

In den 1950er Jahren stieg das Interesse an Freizeitpferden wieder an und auch das Paint Horse fand wieder vermehrte Beachtung in der Öffentlichkeit. Aufgrund ihrer auffälligen Erscheinung entwickelten sich diese Pferde rasch zu einer beliebten Rasse, und bald wurde damit begonnen, Programme zu entwickeln, um die Zucht des Paint Horses voranzubringen (Horse Previews Magazine, 1995).

Gescheckte Pferde hatten während des achtzehnten und bis hinein ins späte neunzehnte Jahrhundert viele verschiedene Namen: Paint, Pinto, skewbald, piebald. Pinto leitet sich vom spanischen pintado ab, was mit gefleckt übersetzt werden kann, als skewbald wurden üblicherweise braune oder falbfarbene Tiere mit weißen Flecken bezeichnet, piebald bezeichnete schwarz-weiß gefleckte Pferde.

2.2 Zuchtverbände

In diesem Kapitel wird eine kurze Übersicht über die American Paint Horse Association, den Ursprungszuchtverband des Paint Horses, und über den deutschen Zuchtverband, den Paint Horse Club Germany, gegeben.

2.2.1 Die American Paint Horse Association

Die Entstehung der American Paint Horse Association

Nachdem die American Paint Horse Association gescheckte Pferde von der Eintragung in das Zuchtregister ausgeschlossen hatte, gründeten Liebhaber des Paint Horse diverse eigene Verbände, um die Zucht dieser Pferde zu erhalten. Ende der 1950er Jahre wurde die Pinto Horse Association gegründet. 1962 entstand die American Paint Stock Horse Association (APSHA), die sich zum Ziel setzte, eine Zucht sowohl auf Typ als auch auf Farbe zu fördern. Zur selben Zeit wurde die American Paint Quarter Horse Association (APQHA) gegründet. Diese Organisation führte zwei Zuchtregister, eines für Paint Horses und ein zweites für Quarter Horses. Viele der Gründer dieses Verbandes waren Mitglieder der AQHA und besaßen Paint Horses, deren Elterntiere Quarter Horses waren. Da die AQHA diese Tiere nicht anerkannte, gründeten sie ein eigenes Zuchtbuch für gescheckte Quarter Horses.

Die APSHA und die APQHA existierten ein paar Jahre lang getrennt voneinander, bevor im Jahr 1965 über eine Zusammenlegung beider Verbände verhandelt wurde. Da die Ziele der Organisationen übereinstimmten und die Bestimmungen zu Eintragung ins Zuchtbuch und Turnierregeln fast identisch waren, bedeutete eine Verschmelzung einen Fortschritt für die Förderung des Paint Horse. Am 3. Juni 1965 wurde schließlich die aus den beiden zusammengelegten Verbänden entstandene American Paint Horse Association offiziell gegründet. Die APHA verzeichnete am Ende des Gründungsjahres 1 546 Mitglieder, über 3 900 eingetragene Tiere, zehn regionale Verbände und in 43 Bundesstaaten, Kanada, Mexiko und Guatemala registrierte Pferde. 1966 verzeichnete die APHA einen 30%igen Anstieg an Eintragungen und Mitgliedern gegenüber dem Vorjahr. Ende des Jahres waren bereits 5 600 Pferde registriert (Haynes, 1988).

Aktuelle Mitgliederzahlen

Aktuell hat die American Paint Horse Association Mitglieder in allen US-Bundesstaaten, Kanada und 42 weiteren Ländern. Deutschland ist nach den USA und Kanada das Land mit den drittmeisten registrierten Mitgliedern. Im Jahr 2000 waren es weltweit 100 900 Mitglieder. Bisheriger Höhepunkt bei den Mitgliederzahlen war das Jahr 2004 mit insgesamt 107 600 Registrierten. Von 2004 bis 2009 musste die APHA ein Sinken der Mitgliederzahlen verzeichnen. Hauptgrund für das Sinken der Gesamtzahlen ist der Rückgang der Mitglieder in den USA.

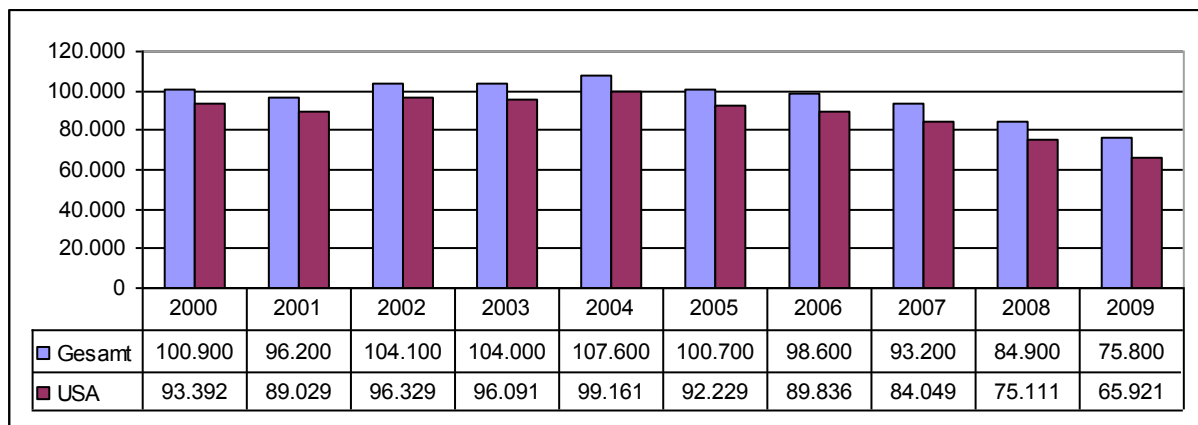


Abbildung 1: APHA Mitglieder 2000 bis 2009. Die gesamten Mitglieder weltweit sind den Mitgliedern in den USA gegenübergestellt. (Quelle: <http://www.apha.com/forms/annualreports.html>)

In Deutschland hatte die APHA im Jahr 2000 1 271 registrierte Mitglieder. Im Gegensatz zum Trend bei den Gesamtmitgliedern und den Zahlen in den USA blieben die Mitgliederzahlen in Deutschland von 2000 bis 2009 konstant bzw. verzeichneten sogar einen leichten Anstieg.

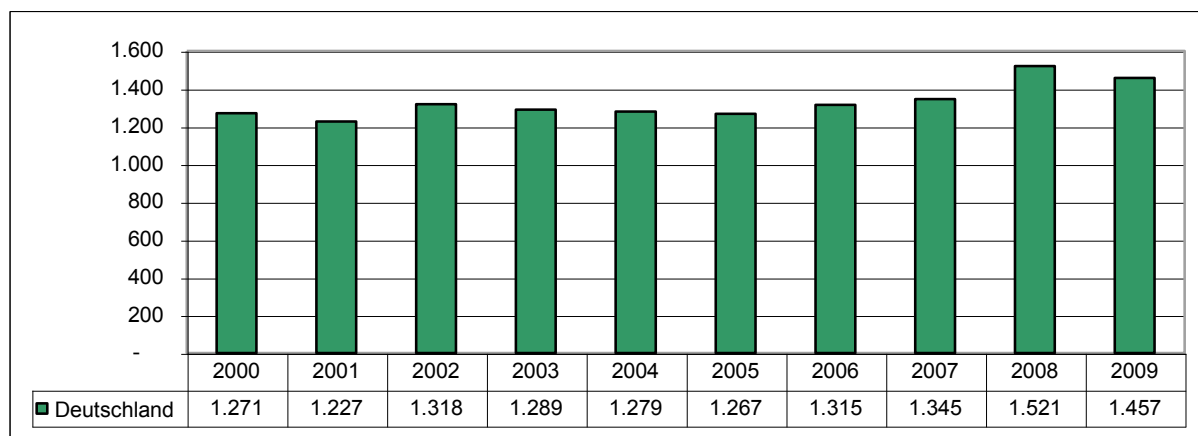


Abbildung 2: Anzahl der APHA Mitglieder in Deutschland von 2000 bis 2009. (Quelle: <http://www.apha.com/forms/annualreports.html>)

2.2.2 Der Paint Horse Club Germany

In Deutschland ist der Paint Horse Club Germany (PHCG) als Züchtervereinigung für Paint Horses tätig. Gegründet wurde der Verband am 22. Januar 1983 von 14 Paint-Horse-Begeisterten in Westfalen. Der PHCG sollte unbedingt anerkannter Regionalverband der American Paint Horse Association (APHA) sein. Seit November 2002 ist der PHCG eine staatlich anerkannte Züchtervereinigung entsprechend der Tierzuchtgesetze und hat damit die Möglichkeit, die Zucht von Paint Horses in Deutschland zu betreuen und Zuchtschauen, Körungen und Leistungsprüfungen durchzuführen. Richtlinie für die Tätigkeit ist die Zuchtbuchordnung. Diese regelt die ordnungsgemäße Durchführung der Zucht aller im Verband eingetragener Zuchtpferde auf Grundlage der Gesetze und Verordnungen.

Als Grundlage wird das Regelbuch der American Paint Horse Association (APHA) verwendet, um die Verbindung zum Ursprungsverband zu gewährleisten. Alle beim PHCG eingetragenen Paint Horses haben ein von der APHA ausgestelltes Originalpapier. In der Zuchtbuchordnung sind die Zuchtziele, die Gliederung der Zuchtbücher und die Bedingungen von Zuchtbuchaufnahmen und Leistungsprüfungen beschrieben. Das Zuchtbuch des PHCG gliedert sich in jeweils zwei Hengst- und Stutbücher entsprechend der Qualität der Pferde. In das Hengstbuch I werden nur Hengste aufgenommen, die besondere Leistungen, wie Körung und Hengstleistungsprüfung oder entsprechende Turniererfolge, gezeigt haben. Stuten müssen bei Schauen mindestens mit der Note 6,0 bewertet werden, um in das Stutbuch I eingetragen zu werden (PHCG-Zuchtbuchordnung). Bei der Eintragung wird im Gegensatz zur APHA nicht zwischen bunten und einfarbigen Paint Horses unterschieden. (Quelle: http://phcg.phcg.info/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=10)

2.2.3 Eintragung ins Zuchtbuch

Bei der Eintragung von Pferden in das Paint-Horse-Zuchtbuch gibt es die Schwierigkeit, dass die Tiere sowohl über eine entsprechende Abstammung als auch über ein Mindestmaß an Farbzeichnung verfügen müssen. Des Weiteren besteht die Möglichkeit einfarbige Paint Horses, die das geforderte Mindestmaß an Farbe nicht aufweisen, als sogenannte Solids in einem eigenen Register einzutragen.

Voraussetzungen zur Abstammung

Voraussetzung für die Eintragung eines Paint Horses bei der APHA ist, dass beide Elterntiere bei der American Paint Horse Association, der American Quarter Horse Association oder beim Jockey Club eingetragen sind (APHA Rule Book, 2010). Das bedeutet, dass jedes einzutragende Tier entweder von Paint Horses, Quarter Horses oder Englischen Vollblütern abstammen muss. Diese Voraussetzungen unterscheiden das Paint Horse von reinen Farbzuchten wie dem Pinto.

Voraussetzungen zur Farbe

Sind beide Elterntiere laut den Bestimmungen zur Abstammung eintragungsberechtigt, muss ein Paint Horse für die Eintragung in das reguläre Zuchtbuch außerdem über ein Mindestmaß an Farbe verfügen. Im Regelbuch der APHA wird diese Voraussetzung als deutliche „natürliche Paint-Zeichnung“ bezeichnet. Das bedeutet, das einzutragende Tier muss bei vorwiegend bunter Fellfärbung mindestens einen Bereich mit weißen Haaren in einer bestimmten Größe und mit unpigmentierter Haut darunter zur Zeit der Geburt aufweisen. Für den Fall, dass das Pferd eine überwiegend weiße Fellfärbung zeigt, muss mindestens ein Bereich als farbiger Kontrast in vorgegebener Größe mit pigmentierter Haut darunter zur Zeit der Geburt erkennbar sein. Die „natürliche Paint-Zeichnung“ muss sich dabei über zwei Zoll erstrecken und kann sich überall am Körper des Pferdes befinden mit der Einschränkung, dass sie hinter einer bestimmten Linie zwischen Ohren und Maul am Kopf des Pferdes und über dem Vorderfußwurzel- bzw. dem Sprunggelenk liegen muss. Durch diese Einschränkung verhindert man die Eintragung von Pferden, die ausschließlich über weiße Abzeichen verfügen, wie sie auch in anderen Rassen vorkommen. Um in das reguläre Register der APHA eingetragen zu werden, muss ein Pferd außerdem ein zusätzliches Paint Horse Merkmal aufweisen. Das ausschließliche Vorhandensein solch eines Merkmals ohne die „natürliche Paint-Zeichnung“ berechtigt nicht zur Eintragung. Zu den zusätzlichen Merkmalen zählen unter anderem blaue Augen, eine zweifarbige Mähne oder eine bläuliche Umrandung der „natürlichen Paint-Zeichnung“ (APHA Rule Book, 2010).

Exterieur

Paint Horses sind kompakte Pferde im Quadratformat von mittlerer Größe und verfügen über eine stark bemuskelte Hinterhand. Die Gebäudemerkmale sind ein kleiner, keilförmiger Kopf, mit breiter Stirn, kleinen Ohren, kleiner Maulpartie und kräftigen Ganaschen. Der Hals ist ausreichend lang und schlank, mit beweglichem Genick, gut angesetzt und in der Kehle gut ausgeschnitten. Die Schulter ist schräg und wie auch die Brust muskelbepackt, der Widerrist ist gut ausgeprägt, der kurze Rücken hat eine gute Verbindung zur Hinterhand. Die Hinterhand zeichnet sich durch eine schräge Kruppe und eine starke Bemuskelung aus. Die Beine sind klar und haben kurze Röhren und kleine, feste Hufe. Das ursprüngliche Paint Horse hat eine mittlere Größe von etwa 1,50 m bis 1,55 m. Mittlerweile werden für bestimmte Turnierklassen (Pleasure, Hunter under Saddle) auch Paint Horses über 1,60 m gezüchtet (Quelle: http://phcg.phcg.info/index.php?option=com_content&view=article&id=9&Itemid=9). Durch die Spezialisierung auf bestimmte Verwendungszwecke entwickeln sich innerhalb des Paint Horses verschiedene Typen. Reining-Pferde sollen klein und wendig sein, Paints für die Pleasure oder Hunter-under-Saddle-Klassen sollen größer und eleganter sein. Die verschiedenen Verwendungszwecke werden in Kapitel 2.3.2 beschrieben.

2.3 Verbreitung und Verwendung

2.3.1 Verbreitung

Das Paint Horse wird weltweit gezüchtet. Die American Paint Horse Association (APHA) wurde bald nach ihrer Gründung zum am schnellsten wachsenden Pferdeverband in Amerika. Heute ist das Paint Horse die nach dem Quarter Horse zahlenmäßig zweitgrößte Pferdezucht der Welt. Nach den USA und Kanada hat Deutschland aktuell die drittgrößte Paint Horse Population weltweit (Quelle: <http://www.apha.com/forms/annualreports.html>). Die folgenden Abbildungen sollen einen kleinen Überblick über die Entwicklungen dieser Rasse in den letzten Jahren geben.

Auf Abbildung 3 sind die kumulierten Summen der bei der APHA insgesamt registrierten Pferde von 2000 bis 2009 ersichtlich.

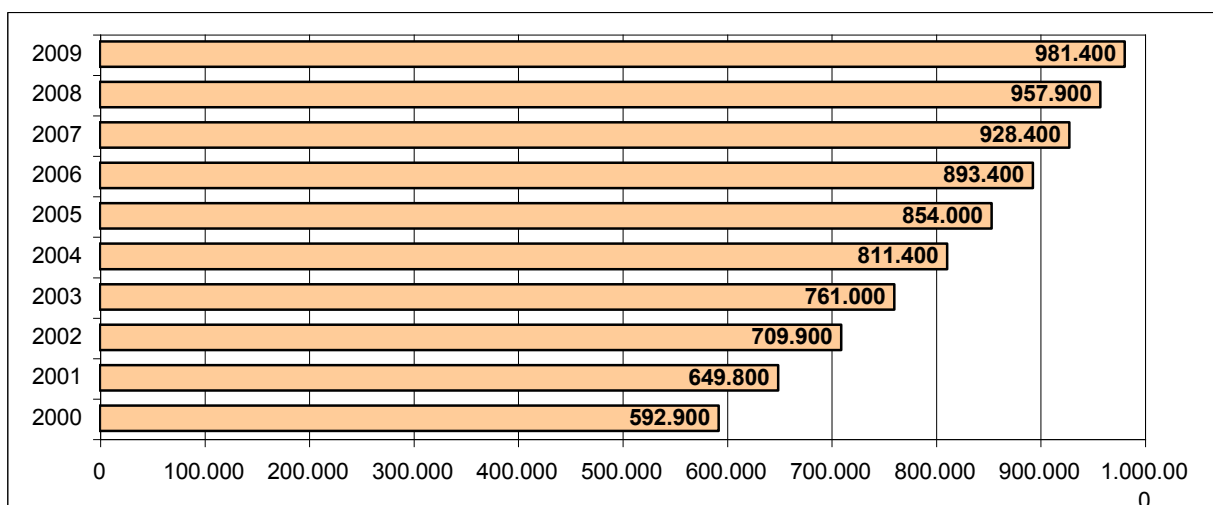


Abbildung 3: Kumulierte Summen der bei der APHA registrierten Pferde seit 1962, dargestellt für die Jahre 2000 bis 2009. (Quelle: <http://www.apha.com/forms/annualreports.html>)

Die Anzahl der weltweit und in den USA jährlich registrierten Pferde bei der APHA sind wie auf Abbildung 4 ersichtlich von 2000 bis 2009 rückläufig. Die Abnahme der weltweiten jährlichen Registrierungen ist dabei hauptsächlich auf den Rückgang der neuen Registrierungen in den USA zurückzuführen. Der Grund für diesen Rückgang ist in den Annual Reports nicht angeführt.

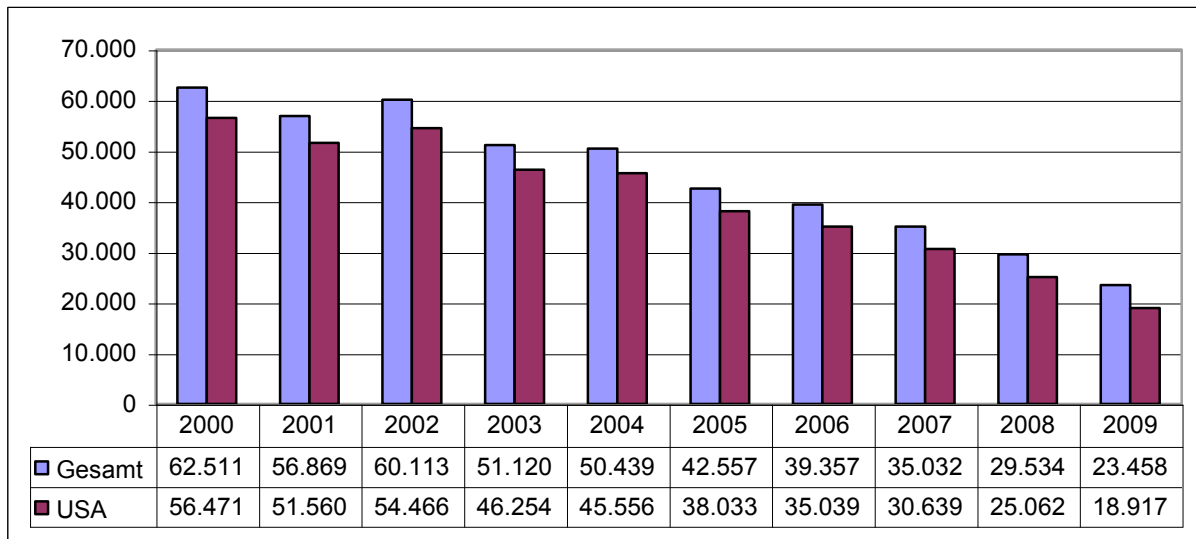


Abbildung 4: Registrierte Pferde bei der APHA je Jahr. Dargestellt sind die Registrierungen insgesamt und in den USA von 2000 bis 2009. (Quelle: <http://www.apha.com/forms/annualreports.html>)

In Deutschland zeigt sich ein anderer Trend als in den USA. Die Zahl der jährlich registrierten Tiere blieb hier über die Jahre konstant bzw. stieg sogar leicht an.

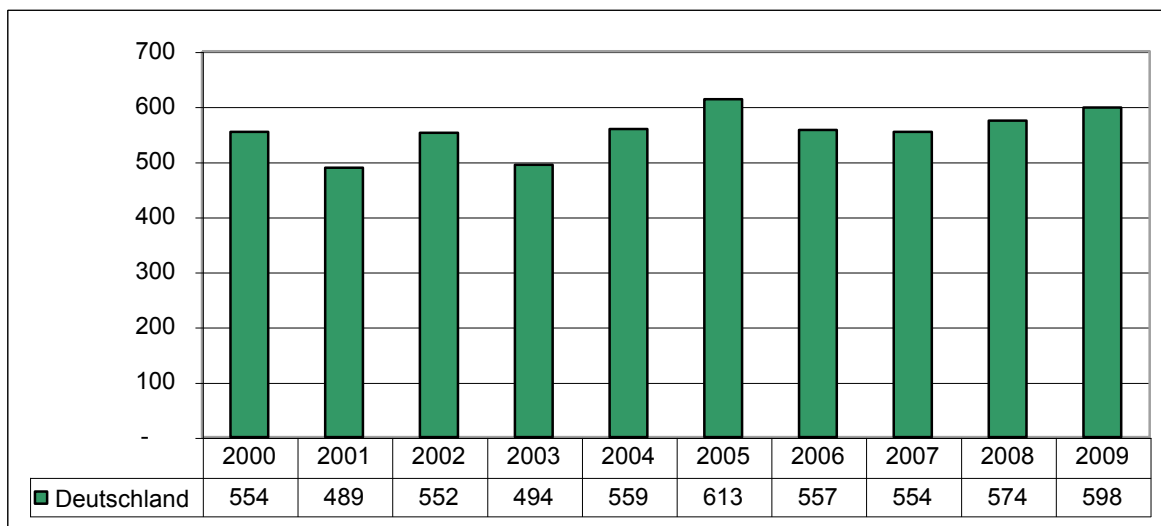


Abbildung 5: Registrierte Pferde bei der APHA in Deutschland je Jahr.

(Quelle: <http://www.apha.com/forms/annualreports.html>)

Die Zahl der Paint Horse Besitzer ist seit 2000 kontinuierlich sowohl weltweit als auch in den USA angestiegen (Abbildung 6). Für das Jahr 2004 ist leider keine gesamte weltweite Zahl an Paint Horse Besitzern im Annual Report der APHA angeführt.

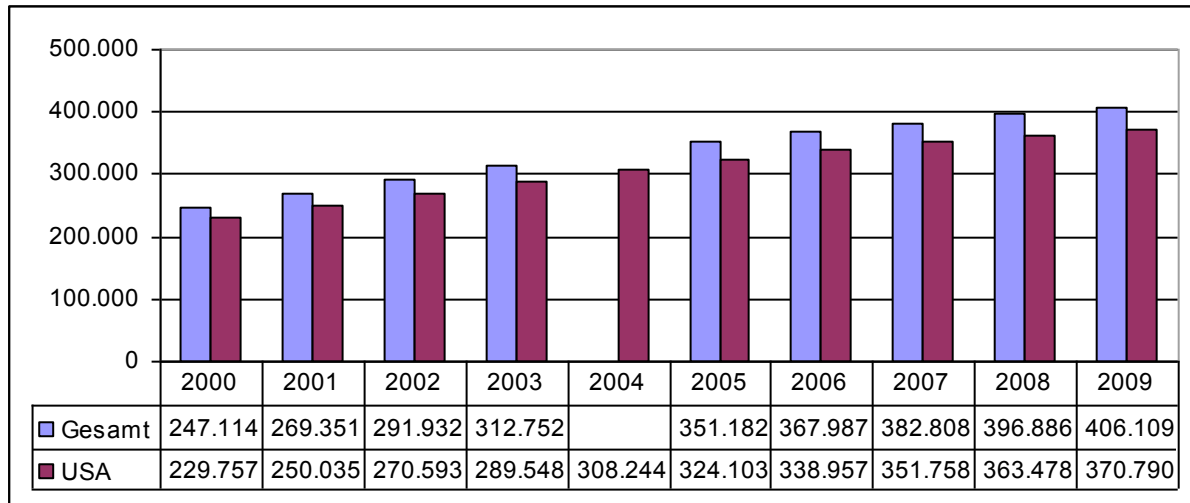


Abbildung 6: Anzahl der Paint Horse Besitzer weltweit und in den USA.

(Quelle: <http://www.apha.com/forms/annualreports.html>)

In Deutschland stimmt der Trend mit den weltweiten Zahlen überein. Auch hier stieg die Zahl der Paint Horse Besitzer von 2000 bis 2009 kontinuierlich an. Im Jahr 2009 waren in Deutschland 6 420 Paint Horse Besitzer verzeichnet (Abbildung 7).

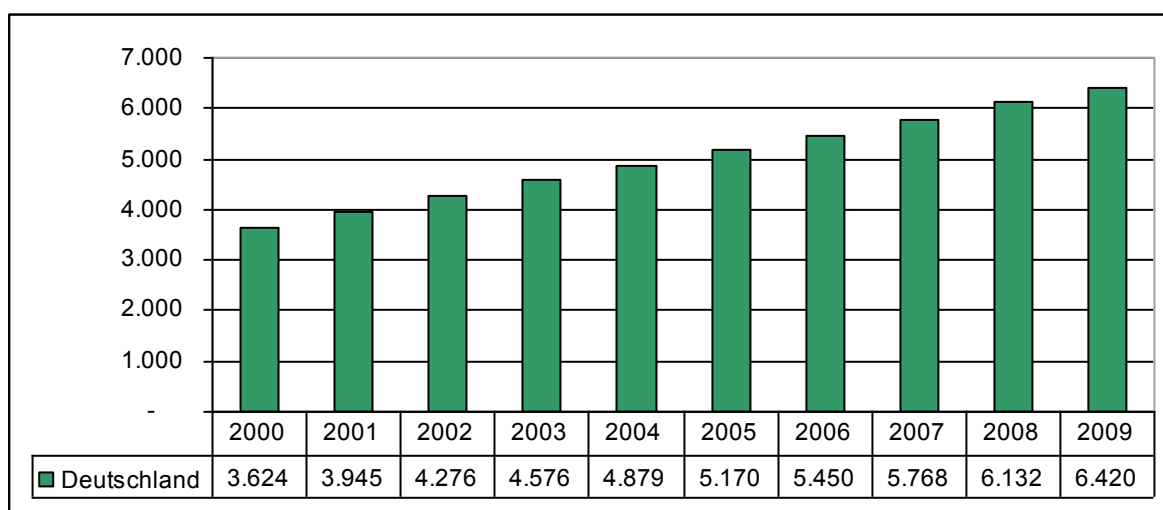


Abbildung 7: Anzahl der Paint Horse Besitzer in Deutschland.

(Quelle: <http://www.apha.com/forms/annualreports.html>)

2.3.2 Disziplinen im Westernreiten und Verwendung der Paint Horses

Das Westernreiten war ursprünglich eine Arbeits- und Gebrauchsreitsweise, die sich im „Wilden Westen“ Amerikas entwickelt hat. Die Arbeit auf den Ranches konnte nur mit Hilfe von Pferden erledigt werden. Für die Arbeit mit Rindern mussten die Pferde spezielle Eigenschaften besitzen. Sie mussten nervenstark sein, über ein ausgeglichenes Temperament verfügen, trittsicher im Gelände sein, gutes Sprintvermögen besitzen und außerdem auf minimale Hilfen sicher reagieren. Die Pferde mussten in heiklen Situation ruhig bleiben und durften nicht hektisch reagieren. Deshalb wurde besonderer Wert auf Nervenstärke und ein ausgewogenes Temperament gelegt. Diese Eigenschaften werden auch noch in der heutigen Zucht sowie im Turniersport berücksichtigt (Quelle: http://www.westernreiter.com/western_historie.php).

Heute gibt es eine Vielzahl von Westernreit-Disziplinen. Der Großteil davon geht auf die täglichen Aufgaben der Cowboys im Wilden Westen zurück. Diese Arbeit machte es nötig, die Pferde hauptsächlich mit Schenkel- und Gewichtshilfen sowie einhändig zu reiten, so dass der Cowboy sein Hauptaugenmerk auf seine Aufgabe (Rinder einfangen oder treiben, ein Tor öffnen, etc.) richten konnte (Quelle: <http://www.westernriding.org/disc.html>).

Je nach Disziplin in der die Pferde eingesetzt werden, sind verschiedene Typen gefragt. In den Cow-Horse und Reining-Bewerben sind die ursprünglichen kleineren und kompakten Pferde mit etwa 1,50 m Größe zu finden. Für die Disziplinen Halter, Western Pleasure und Hunter under Saddle werden vorzugsweise etwas größere und elegantere Pferde mit einem Stockmaß von teils über 1,60 m eingesetzt (Quelle: http://phcg.phcg.info/index.php?option=com_content&view=article&id=9&Itemid=9).

Reining

Die Bezeichnung Reining leitet sich vom englischen „reins“ = Zügel ab. Die Westernreitdisziplin Reining ist seit dem Jahr 2002 vom Weltreiterverband FEI (Fédération Équestre Internationale) in die Liste der offiziellen FEI-Disziplinen aufgenommen (Quelle: http://www.nrha.de/nrha2_reining_sport.php). Seither werden bei den Weltreiterspielen Reining-Bewerbe als einzige Westernbewerbe durchgeführt. Häufig wird

Reining als das mit einem höheren Grundtempo gerittene Western-Äquivalent zur Dressur bezeichnet. Bei Reining-Bewerben muss ein sogenanntes „Pattern“ geritten werden, das aus im langsamen und schnellen Galopp gerittenen Zirkeln, fliegenden Galoppwechseln, Spins (360° Wendungen auf der Hinterhand), Rollbacks (Stopp aus dem Galopp, 180° Wendung und sofort weitergaloppieren) und Sliding Stops (die Vorderbeine traben weiter, während die Hinterhand gleitet) und Rückwärtsrichten besteht. Beim Reining ist es unerlässlich, jede Bewegung des Pferdes zu kontrollieren und es so durch das Pattern zu lenken (Quelle: <http://westernriding.org/disc.html>). Das Regelbuch kennt elf verschiedene Aufgaben (Patterns) unterschiedlichen Schwierigkeitsgrades. Jede Pattern setzt sich aus sieben bis acht verschiedenen Manövern oder Lektionen zusammen. Jedes Manöver wird gesondert bewertet. Der Reiter beginnt seine Aufgabe mit einem Guthaben von 70 Punkten. Die Manöver werden in ½-Punkt-Schritten von -1½ bis + 1½ benotet, wobei 0 korrekte Ausführung ohne Schwierigkeitsgrad bedeutet. Dazu gibt es Strafpunkte (Penalties) für Fehler. Die Summe aller Einzelbewertungen ergibt den Gesamt-Score (Quelle: http://www.nrha.de/nrha2_reining_sport.php).



Abbildung 8: Reining, Hardy Oelke (2009)

Cutting

Der Begriff Cutting kommt vom englischen „to cut“ = schneiden/abschneiden. Beim Cutting trennt der Reiter (Cutter) mit seinem Pferd ein Rind aus der Herde heraus. Sobald das Rind getrennt ist, beginnt die eigentliche Arbeit des Cutting-Pferdes. Es synchronisiert die Bewegungen des Rindes, ahnt diese voraus und schneidet dem Rind mit blitzartigen Wendungen immer wieder den Rückweg zur Herde ab. Der Cutter hat 2½ Minuten Zeit, den Richtern die Fähigkeiten seines Pferdes zu präsentieren. In dieser Zeit ist es optimal, zwei bis drei Rinder zu arbeiten. Cutting ist Teamarbeit, der Cutter benötigt vier Helfer – zwei sogenannte Herdholder oder Cornermen, welche die Rinderherde an der Stirnseite der Arena halten und zwei Turnbacks, die verhindern sollen, dass ein gearbeitetes Rind in die unbenutzte Arenahälfte laufen

kann. Bewertet wird, ob das Cutting-Pferd das Rind möglichst in der Arenamitte hält und jederzeit die totale Kontrolle über das Tier hat. Das Cutting-Pferd arbeitet selbständig, weitgehend ohne Reiterhilfen. Hilfen des Reiters sind nur mit den Schenkeln erlaubt. Cutting-Pferde sind hochspezialisierte Athleten, die aus bestimmten Zuchtlinien stammen und über einen besonderen Instinkt (Cowsense) verfügen. In den USA ist Cutting die Nummer Eins im Westernreitsport und liegt in der Höhe der Preisgelder bei den Profisportarten - nach Golf und Tennis - an dritter Stelle (Quelle: <http://www.awa.at/>).



Abbildung 9: Cutting, Hardy Oelke (2009)

Western Pleasure

In diesem Bewerb treten alle teilnehmenden Pferde einer Klasse gleichzeitig an. Der Reiter muss in dieser Disziplin unter Beweis stellen, dass er sein Pferd mit unsichtbaren Hilfen und minimaler Einwirkung unter Kontrolle hat. Geritten wird dieser Bewerb in Schritt, Trab und Galopp am langen Zügel (Quelle: <http://www.westernriding.org/disc.html>). Auf Ansage des Richters werden Übergänge,

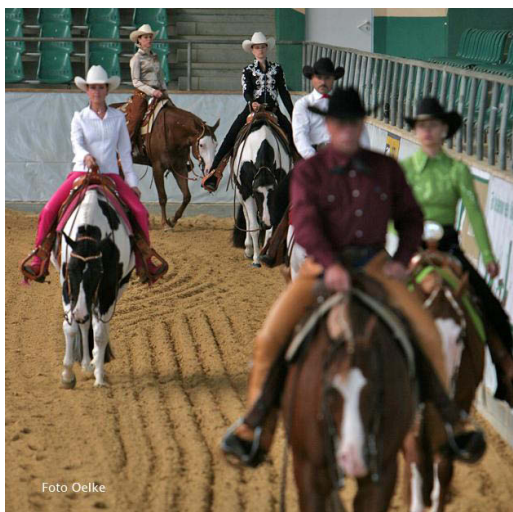


Abbildung 10: Western Pleasure, Hardy Oelke (2009)

Verstärkungen und Richtungswechsel geritten. Alle Gangarten werden in beide Richtungen gefordert. Der Kopf soll entspannt und tief getragen werden, jedoch nicht unter Höhe des Widerristes. Die Pferde müssen leicht rückwärts zu richten sein und entspannt stehen bleiben. Bewertet werden in diesem Bewerb die Gangarten und das Exterieur des Pferdes. Für ein zu hohes Tempo und falschen Galopp werden Strafpunkte vergeben (Quelle: <http://www.awa.at/>). Dieser Bewerb soll mühelos und nach einem Vergnügen aussehen, ob-

wohl er höchste Konzentration von Pferd und Reiter erfordert (Quelle: http://www.westernreiter.com/western_disziplinen.php).

Trail

Trail ist eine Geschicklichkeitsprüfung, bei der mindestens sechs Hindernisse absolviert werden müssen. Im Trail soll das Pferd in gutem Stil, aufmerksam und vorsichtig und möglichst selbständig Hindernisse überwinden, wie sie auch im Gelände vorkommen können: Tor, Brücke, Bodenstangen, Rückwärtsrichten und Seitwärtsrichten durch verschiedene Hindernisse (z. B. Stangen-L, Stangen-U) etc. Bewertet wird die Manier des Pferdes am Hindernis, Aufmerksamkeit und geringe Hilfengebung. Zwischen den Hindernissen müssen Schritt, Trab und Galopp gezeigt werden. Pluspunkte werden vergeben, wenn ein Pferd Hindernisse mit Stil und in angemessenem Tempo absolviert. Pluspunkte werden ebenfalls gegeben, wenn ein Pferd die Fähigkeit besitzt, seinen eigenen Weg durch den Parcours zu finden und wenn es dem Reiter bei schwierigen Hindernissen gehorcht. Jede unnötige Verzögerung beim Annähern an ein Hindernis wird mit Punktabzug bestraft. Während der Prüfung darf der Reiter Pferd und Sattel mit den Händen nicht berühren (Quelle: <http://www.awa.at/>).

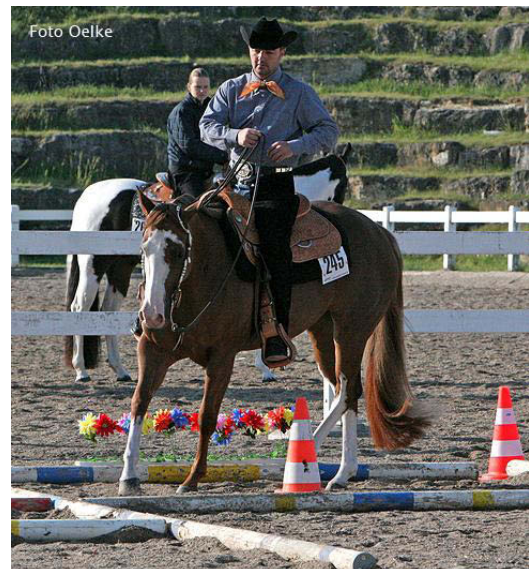


Abbildung 11: Trail, Hardy Oelke

Hunter under Saddle

Bei dieser Klasse handelt es sich um eine Englisch-Reitklasse. Diese Disziplin entwickelte sich aus der Jagdreiterei. Ihr Mutterland ist England. Bei den Englisch-Klassen handelt es sich um Stilklassen, bei denen auch ein guter Reitersitz gefragt ist. Manche Blutlinien sind besonders für diese Disziplin geeignet. Wichtig ist der Raumgriff. Nur Pferde, die von ihrer Schulter her geeignet sind, werden fähig sein, raumgreifend zu gehen. Pferde mit mehr Masse tun sich oft schwerer als die schlankeren Typen.

Die Grundidee, die dahinter steckt, ist, dass für das Jagdreiten ein Pferd, das mit viel Raumgriff vorwärtsgeht, benötigt wird. Es soll mit seinen Schritten möglichst viel Boden bewältigen. Die Gänge eines Hunter-under-Saddle-Pferdes sollen sich wie folgt präsentieren: Im Schritt (walk) soll ein klarer Viertakt gezeigt werden. Es soll vorwärts geritten werden. Zu langsamer Schritt, oder abgehackte Bewegungen sind unerwünscht. Der Trab (Trot) soll raumgreifend sein, hier wird immer leichtgetrabt. (Es wird ausgesessen, wenn der innere Hinterfuß auftritt, und aufgestanden, wenn das äußere Vorderbein vorgeht.) Der Galopp (Canter) wird ausgesessen und ist ruhig zu reiten mit einem klaren Drei-Takt, während der verstärkte Galopp raumgreifend und im leichten Sitz geritten wird (Quelle: <http://www.awa.at/>). Die Qualität der Bewegung und die Gleichmäßigkeit der Gänge werden beurteilt. Außerdem soll das Pferd Verstärkungen und Übergänge fließend und willig ausführen (Quelle: <http://railandpatternhorse.com/blog/english/hunterundersaddle>). Diese Klasse wird mit englischer Ausrüstung geritten. Der Reiter trägt wie im Jagdreiten üblich Jackett und Reithosen. Das Pferd wird mit Vielseitigkeitssattel und englischem Reithalter ausgestattet (Quelle: <http://www.awa.at/>).

Halter-Klassen

Diese Disziplin wird nicht geritten. Das Pferd wird mit Halfter und Strick an der Hand vorgeführt. Bewertet werden Exterieur und Gänge des Pferdes getrennt nach Alter und Geschlecht.

Bei der Disziplin Showmanship at Halter wird der Vorführende und seine Fähigkeit, sein Pferd vorzustellen, bewertet. Das Pferd dient hier nur als Hilfsmittel (Quelle: <http://www.awa.at/>).



Abbildung 12: Halter, Hardy Oelke (2009)

Horsemanship

In dieser Klasse werden Sitz, Hilfengebung und die Fähigkeit des Reiters, sein Pferd zu kontrollieren, bewertet. Diese Disziplin dient dazu, das Können des Reiters, nicht des Pferdes festzustellen. Jeder Reiter muss im ersten Teil einzeln eine Aufgabe vorreiten. Danach werden alle Reiter gemeinsam in den Grundgangarten verglichen. Dieser zweite Teil ähnelt einer Pleasure-Prüfung (Quelle: <http://www.awa.at/>). Hier wird allerdings weiter vor allem das reiterliche Können beurteilt. Die Einzelaufgabe geht zu 80 % in die Wertung ein, der zweite Teil zu 20 % (Quelle: http://www.westernreiter.com/western_disziplinen.php).



Abbildung 13: Horsemanship, Hardy Oelke (2010)

Western Riding

In der Disziplin Western Riding zeigt das Pferd seine Wendigkeit im Galopp in Schlangenlinien mit zahlreichen fliegenden Galoppwechseln (Quelle: <http://www.awa.at/>). Es wird dabei die Qualität seiner Gänge, die Ausführung der 7 bis 8 fliegenden Galoppwechsel und seine Durchlässigkeit bewertet. Es soll sich in gleichem ruhigem Tempo durch die Aufgabe bewegen. Die Galoppwechsel sind in der Mitte zwischen den Markern zu zeigen. Zu späte oder zu frühe sowie nicht korrekt durchgesprungene Wechsel werden mit Strafpunkten geahndet (Quelle: <http://www.westernriding.at/diszipl.htm>).



Abbildung 14: Western Riding, Hardy Oelke (2006)

2.4 Farbe

Die große Vielfalt an Farben und Scheckungen ist das charakteristischste Merkmal beim Paint Horse und trägt zu einem großen Teil zur Faszination dieser Rasse bei. Neben der für diese Rasse essentiellen auffälligen Fellzeichnungen, wird jedoch in der Zucht auch strikt auf die Abstammung und auf das Exterieur der Pferde geachtet. Wie bereits vorher erwähnt ist eine Eintragung ins Zuchtbuch nur möglich, wenn eine Abstammung von eingetragenen Tieren der Rassen Paint Horse, Quarter Horse oder Englisches Vollblut gegeben ist. Dadurch unterscheidet sich diese Pferderasse klar von reinen Farbzuchten wie dem Pinto. Ein Pinto kann ein Pferd jeder Rasse oder auch einer Kreuzung aus verschiedenen Rassen sein, sofern es eine Scheckung aufweist. Alle Pferde der Rasse Paint Horse, mit Ausnahme von sogenannten "Solids", die nicht über die entsprechende Fellzeichnung verfügen, könnten als Pinto eingetragen werden. Umgekehrt sind jedoch nicht alle Pintos zur Eintragung ins Paint Horse Zuchtbuch berechtigt.

Um in das reguläre Zuchtbuch aufgenommen zu werden, muss ein Paint Horse über ein Minimum an weißen Haaren im Deckhaar verfügen. Jedes Paint Horse weist eine individuelle Kombination von weißen und farbigen Haaren auf. Die Grundfarben, die bei dieser Rasse vorkommen sind vielfältig: Black (Rappe), Brown (Dunkelbrauner), Bay (Rotbrauner), Bay Roan (stichelhaariger Brauner), Blue Roan (stichelhaariger Rappe), Buckskin (Falbe), Dun (Falbe mit Ahlstrich und Zebrastreifen), Gray (Schimmel), Grullo (Mausfalbe), Perlino (stark aufgehellter Brauner), Chestnut (Dunkelfuchs), Palomino (heller Fuchs mit weißem Langhaar), Cremello (aufgehellter Palomino), Red Dun (Rotfalbe), Red Roan (stichelhaariger Fuchs), Sorrel (Fuchs). Black, Bay, Brown und Sorrel sind die am häufigsten auftretenden Farben.

2.4.1 Scheckzeichnung – die Patterns

Die Scheckzeichnung des Fells tritt in allen möglichen Formen und Farbkombinationen auf und kann sich überall am Pferdekörper befinden. Die Fellfarbe setzt sich immer aus einer Kombination aus weiß und einer weiteren Farbe zusammen. Jedes Paint Horse verfügt über eine individuelle Zeichnung, in der es keinem anderen Pferd

gleicht. Die vielfältigen Ausprägungen an Fellzeichnungen werden in drei Zeichnungsmuster, die sogenannte „Pattern“ unterteilt. Es werden dabei zwei Grundmuster unterschieden, Tobiano und Overo. Pferde, die nicht eindeutig einem der beiden Muster zuordenbar sind, werden als Tovero bezeichnet. Die Patterns beziehen sich nicht auf die Farbe des Pferdes, Tobiano, Overo und Tovero kommen in allen Farben vor. Vielmehr bezieht sich das Zeichnungsmuster auf die Art und die Verteilung der Scheckzeichnung, also den weißen Anteilen im Fell. Dabei werden die Patterns nicht durch den Grad der weißen Färbung bestimmt. Das Verhältnis von weißen zu dunklen Flecken ist unerheblich. Entscheidend ist wo auf dem Pferdekörper sich die weißen Flecken befinden, nicht, wie groß diese sind. Die drei Scheckzeichnungen unterscheiden sich genetisch. Nur die Tobiano-Gene sind für die Tobiano-Zeichnung verantwortlich und nur die Overo-Gene für die Overo-Zeichnung (Haynes, 1988).

Tobiano

Beim Tobiano, oder auch Plattenschecken, kreuzt die weiße Zeichnung die Rückenlinie. Widerrist und Rücken sind meist weiß. Die Tobiano-Zeichnung vererbt sich dominant, so dass auch die Heterozygoten in der Regel als Tobianos erkennbar sind (PHCG). Alle vier Beine sind beim Plattenschecken zumindest unterhalb des Sprunggelenks bzw. des Vorderfußwurzelgelenks weiß. Die Flecken sind gleichmäßig rund oder oval und mit klaren Rändern von den dunklen Stellen abgegrenzt. Der Kopf hat meist nur wenig weiß und weist die Abzeichen eines einfarbigen Pferdes, wie zum Beispiel Blesse, Stern und Schnippe auf. Ein Tobiano kann sowohl überwiegend weiß als auch überwiegend dunkel sein. Alle Variationen von sehr wenig weiß bis fast ausschließlich weiß sind möglich. Der Schweif ist meist zweifarbig (APHA Rule Book 2010). Die Tobiano-Zeichnung kommt am Häufigsten vor. Das Verhältnis von Tobiano zu Overo beträgt in etwa 4:1



Abbildung 15: Tobiano, Hardy Oelke (2009)

(Haynes, 1988). Die Tobiano-Färbung kommt auch in anderen Pferderassen, vor allem bei Ponys und Kaltblütern, manchmal auch bei Warmblutrassen, vor. Ein weiteres Detail bei Tobianos ist die an den Grenzen von weiß zu bunt pigmentierte Haut, die von weißen Haaren überlagert ist, wodurch die Grenzlinien bläulich oder wie ein Schatten wirken.

Die genetischen Grundlagen sind beim Tobiano-Pattern einfach. Das Muster basiert auf einem dominanten Gen (To). Der Genotyp eines Tobianos ist entweder ToTo oder Toto (Klemola, 1933; Castle, 1954). Jeder Tobiano hat zumindest einen Tobiano-Elternteil und das Muster überspringt nie eine Generation. Die einzige Ausnahme sind minimal gezeichnete Tobianos, die fälschlicherweise als einfarbig klassifiziert werden, obwohl sie über das Tobiano-Gen verfügen. Die meisten Tobianos sind heterozygot. Werden diese Tiere mit einfarbigen Tieren angepaart, rechnet man damit, dass die Hälfte der Nachkommen gescheckt und die andere Hälfte einfarbig ist. Paart man zwei Tobianos werden 25 % einfarbige, 50 % heterozygote und 25 % homozygote Nachkommen erwartet. Homozygote Tobianos, produzieren immer gescheckte Fohlen, wenn sie mit einfarbigen Pferden angepaart werden und sind deshalb sehr begehrt. Es gibt keinen direkten DNA-Test für das Tobiano-Gen, es gibt jedoch die Möglichkeit, einen Test über die beiden Serum-Proteinmarker durchzuführen, die eng mit dem Tobiano-Gen verbunden sind. Dieser Test kann dabei helfen, einen homozygoten Tobiano zu erkennen (APHA Rule Book, 2010).

Overo

Beim Overo kreuzt kein weiß die Rückenlinie. Der Rücken ist zwischen Widerrist und Schweif dunkel. Mindestens ein Bein ist dunkel, häufig sind alle vier Beine von dunkler Färbung. Die Overo-Zeichnung ist unregelmäßig, mit verschwommen oder zerrissenen aussehenden Rändern. Im Gesicht zeigt der Overo viel weiß, nicht selten in Kombination mit blauen Augen. Ein Overo kann sowohl überwiegend dunkel, als auch überwiegend weiß sein. Der Schweif ist in der Regel einfarbig. (APHA). Für die Overo-Zeichnung ist das autosomale Allel (O) verantwortlich. Der Genotyp für einen heterozygoten Overo ist (Oo). Die dominante Ausprägung (OO) hat eine letale Wirkung, die Fohlen sterben kurz nach der Geburt. In seiner homozygot rezessiven Ausprägung hat das Muster die Ausprägung (oo) (Trommershausen-Smith, 1977;

McCabe et al., 1990; Bowling, 1994). Die Overo-Zeichnung umfasst eigentlich drei genetisch eigenständige Patterns. Von der APHA werden diese unterschiedlichen Muster als Frame-Overo, Sabino und Splashed White bezeichnet. Sponenberg (1996) bezeichnet die drei Muster mit den eigenständigen Symbolen Fr^F für Frame Overo, Sb^S für Sabino und Spl^S für Splashed White. Bei der Registrierung werden alle drei Muster von der APHA als Overo eingetragen.



Abbildung 16: Overo, Hardy Oelke

Frame Overo

Der Frame-Overo ist das häufigste Overo-Muster. Charakteristisch sind wie stark zerrissen wirkende weiße Flecken auf den Seiten und dem Hals des Pferdekörpers. Auch der Kopf weist üblicherweise viel weiß auf. Die Rückenlinie sowie die Beine sind dunkel, wodurch die Flecken wie eingerahmt wirken. Daher auch der Name Frame = Rahmen. Oft haben Frame Overos ein oder zwei blaue Augen. Dieses Muster tritt nur bei sehr wenigen Pferderassen auf, die alle eine spanische Abstammung gemeinsam haben.

Die Genetik hinter dem Frame Overo wurde erst kürzlich dokumentiert. Das Muster Frame Overo basiert auf einem dominanten Gen. Bei der Anpaarung mit einfarbigen Pferden ist rund die Hälfte der Tiere gescheckt. Es gibt jedoch auch Fälle, bei denen Frame Overos von einfarbigen Elterntieren produziert wurden. Das wäre typisch für ein rezessives Gen und es ist unlogisch für ein Pattern sowohl eine rezessive als auch eine dominante Grundlage zu haben. Sieht man sich darum die Eltern näher an, erkennt man oft eine unübliche Zeichnung auf einem der Tiere. Oft handelt es sich dabei um genetische Frame Overos, die falsch klassifiziert wurden. Meist ist das der Fall bei sehr dunklen Frame Overos. Diese sind so dunkel, dass die Flecken nicht mehr erkennbar sind.

Im Zusammenhang mit der homozygoten Ausprägung des Musters des Frame-Overo tritt eine tödliche Erbanlage auf, die zu nicht lebensfähigen weißen Fohlen führt – das sogenannte „Overo Lethal White Foal Syndrome“. Homozygote Fohlen werden komplett weiß geboren und sterben kurz nach der Geburt, da sie nicht lebensfähig sind (Sponenberg, 1994). Im Kapitel 2.5.4 wird näher auf dieses Syndrom eingegangen.

Sabino

Sabinos sind meist am ganzen Körper stichelhaarig, wodurch sie heller wirken. Charakteristisch sind verschwommene weiße Flecken zumindest am Bauch. Kopf und Beine sind weiß. Sabinos können einfarbig mit Stichelhaaren an Flanken, Bauch und Schweifansatz oder auch fast weiß mit wenigen farbigen Bereichen sein. Manche Sabinos haben blaue Augen. Viele haben zweifarbige Augen, die teils blau und teils braun sind. Sabinos sind in vielen Pferderassen weltweit zu finden, abgesehen vom Paint zum Beispiel auch bei Vollblütern, Clydesdales und vielen weiteren. Das Sabino Pattern tritt manchmal als Scheckung in Rassen auf, die eigentlich keine gescheckten Pferde dulden, wie beim Quarter Horse oder bei britischen Ponyrassen. Das Sabino Pattern ist manchmal schwierig zuzuordnen, da es dem Tobiano oder Frame Overo im Aussehen fast gleichen kann. Es gibt auch Sabinos, die nicht mehr Weiß haben als Abzeichen an den Beinen und im Gesicht. Diese werden manchmal als einfarbig klassifiziert. Des Weiteren gibt es Sabinos, die fast komplett weiß sind. Diese sind aber lebensfähig und stehen in keiner Beziehung mit den nicht lebensfähigen weißen Fohlen, die beim homozygoten Frame Overo entstehen (Sponenberg, 1994).

Splashed White

Diese Zeichnung ist die am seltensten vorkommende. Splashed-White-Pferde haben oft blaue Augen und weiße Flecken im Gesicht, an den Beinen, am Bauch und am Schweif. Die Pferde sehen oft wie in weiße Farbe getunkt aus. Das Splashed-White-Muster tritt sporadisch in verschiedenen Rassen, wie Welsh Ponies, Isländern und Paint Horses auf.

Nach neueren Erkenntnissen wird das Splashed White als dominantes Gen angesehen. Ein Problem, das in Zusammenhang mit diesem Pattern auftritt, ist, dass viele minimal gefleckte Pferde als einfarbig eingestuft werden. Es wurde beobachtet, dass viele Splashed-White-Pferde taub sind. Es wurden bisher keine homozygoten Splashed Whites dokumentiert, was zu der Annahme führt, dass dieses Gen nicht in homozygoter Form existieren kann. Als beste Strategie wird die Anpaarung von Splashed-White-Pferden mit Tieren die nicht über das gleiche Muster verfügen, angesehen (Sponenberg, 1994).

2.4.2 Kombinierte Patterns – Tovero



Abbildung 17: Tovero, Hardy Oelke (2009)

Das Tovero-Muster ist eine Mischform. Als Tovero werden gescheckte Pferde eingetragen, die nicht eindeutig als Tobiano oder einer Form des Overo zuzuordnen sind. Pferde mit kombiniertem Muster sind oft schwierig zuzuordnen. Es treten Merkmale von beiden Zeichnungen auf, wie etwa blaue Augen in einem dunklen Gesicht. Oft

haben Toveros dunkle Ohren und dunkle Flecken um das Maul. Auf Brust und Flanken sowie am Schweifansatz treten Flecken in unterschiedlichsten Größen auf.

Eine Konsequenz dieser kombinierten Formen ist, dass sie oft nicht korrekt identifiziert werden und dadurch in der Zucht manchmal falsch eingesetzt werden. Die Kombination Frame Overo/Sabino ist oft schwierig zu identifizieren und die Pferde werden meist als Sabinos klassifiziert. Wird nun so ein Pferd mit einem weiteren Frame Overo angepaart, besteht die Gefahr, dass man aufgrund des Lethal White Foal Syndromes nicht lebensfähige Fohlen erhält. Werden die Kombinationsformen richtig erkannt, kann man sie in der Zucht nutzen, um vermehrt Flecken zu erhalten. Eine Kombination von Tobiano und Frame Overo oder Tovero führt bei der Anpaarung mit einfarbigen Pferden zu 25 % Tobianos, 25 % Frame Overos, 25 % Tobia-

no/Frame Overo Kombinationen und 25 % einfarbigen Tieren. Die Vererbung von Farbe erhöht sich von 50 % bei den meisten gescheckten Pferden auf 75 % (Spönenberg, 1994)

2.4.3 Solid Paint Bred

Ein Solid Paint Bred ist ein Paint Horse, das über zu wenig weiß verfügt, um im regulären Register der American Paint Horse Association eingetragen zu werden. Da es sich bei dieser Rasse aber nicht um eine reine Farbzucht handelt, sondern auch Eigenschaften wie Typ und Leistung in Betracht gezogen werden, werden diese Tiere nicht ausgemustert, sondern in einem eigenen Solid-Paint-Bred-Register geführt. Da ein einfarbiges Paint Horse die gleiche genetische Basis besitzt wie ein Paint Horse mit Scheckzeichnung, werden Solid Paint Breds in der Zucht gleichrangig behandelt. Jeder bunte Nachkomme eines Solid Paints wird in das reguläre Register eingetragen. Auch alle einfarbigen Nachkommen von Solid Paints sind zur Eintragung in das Zuchtregister berechtigt. Sie werden jedoch als Solid Paint Breds geführt. Einfarbige Hengste können genau wie gescheckte gekört werden.

Bei Wettbewerben gibt es im Gegensatz zur Zucht für einfarbige Pferde Einschränkungen. In Klassen, in denen Punkte der American Paint Horse Association gewonnen werden können, darf mit Solid Paint Breds nicht gleichzeitig mit gescheckten Pferden gestartet werden. Es werden jedoch immer mehr Klassen speziell für Solid Paints angeboten, in denen auch APHA Punkte zu gewinnen sind. Zusätzlich bietet der deutsche Paint-Horse-Zuchtverband seit 2002 Turnierklassen an, in denen alle Paints zusammen starten können. Auch bei Zuchtschauen des PHCG (Paint Horse Club Germany) sind Solid Paints gleichberechtigt mit regulären Paints. Diese Klassen unterliegen nicht den allgemeinen APHA-Bestimmungen (Quelle: http://phcg.phcg.info/index.php?option=com_content&view=article&id=9&Itemid=9).

2.4.4 Zucht auf Farbe, Typ und Leistung

Eine besondere Herausforderung bei der Zucht des Paint Horses ist, dass sowohl auf Typ und Leistung als auch auf ein attraktives Farbmuster gezüchtet wird. Dadurch wird die Zucht im Gegensatz zu Rassen, bei denen nur auf die Merkmale Typ und Leistung gezüchtet wird, ungemein schwieriger. Die Selektion auf mehrere Merkmale gleichzeitig ist immer komplizierter, als wenn nur auf ein Merkmal selektiert wird. Bei der Zucht sowohl auf Farbe als auch auf Leistung ergeben sich für den Züchter viele Schwierigkeiten. Auch ein gut geplantes Zuchtprogramm wird eine Vielzahl an Farben, Zeichnungen und Typen produzieren anstatt der erwünschten Kombination aus allen drei Merkmalen. Um leistungsstarke Pferde mit schöner Zeichnung zu züchten, sollte natürlich eine Anpaarung der besten mit den Besten stattfinden. Dabei ist aber zu bedenken, dass die Besten Tiere je nach Hauptaugenmerk des Züchters (Farbe oder Leistung) unterschiedlich bewertet werden. Ein Vorteil in der Paint-Horse-Zucht ist, dass die verschiedenen Zeichnungen dominant vererbt werden und dass eine Einkreuzung von Quarter Horses und Englischen Vollblütern erlaubt ist. Eine mögliche Taktik ist daher die Anpaarung von Paint Horses mit attraktiver Zeichnung und spitzenmäßigen Quarter Horses oder Englischen Vollblütern. Diese Zuchttaktik kann besonders nützlich sein, wenn das ausgewählte Paint Horse weniger leistungsstark ist. Der Nachteil dieser Methode ist, dass nur etwa 50 % der Nachkommen aus diesen Anpaarungen das erwünschte Pattern aufweisen und von diesen wiederum nur ein geringer Anteil auch in Typ und Leistung herausragend sind. Eine weitere Methode, die Züchtern zur Verfügung steht, ist die hauptsächliche Verwendung von Top-End Paint Horses. Diese können mit gezeichneten oder Solid-Paint-Bred-Tieren angepaart werden. Bei der Anpaarung mit gemusterten Pferden ist es möglich, für das Tobiano-Pattern homozygote oder heterozygote Tiere zu schaffen. Dies sind Pferde, die eine Kombination von Patterns in jeweils heterozygotem Zustand aufweisen. Diese Tiere sind wertvoll für die Zucht, da sie über 50 % gemusterte Fohlen bei der Anpaarung mit Solid Breds produzieren (Sponenberg, 1994). Eine Schaffung von homozygoten Overos ist aufgrund des vorher bereits erwähnten „Overo Lethal White Syndromes“ nicht erwünscht. Dieses führt zu nicht lebensfähigen weißen Fohlen.

Unter Umständen gibt es auch noch weitere Einflüsse bei der Zucht auf Farbe und Leistung. Von Züchtern wird diskutiert, ob die Patterns Einfluss auf Typ und Leistung des Pferdes haben. Es gibt Hinweise darauf, dass Tobianos eher in leistungsbezogenen Wettbewerben und Overos eher in typbezogenen Wettbewerben brillieren. Sollte sich diese Beobachtung als wahr herausstellen, würde das bedeuten, dass die Tobiano- und Overo-Patterns nicht nur einen Einfluss auf die Zeichnung sondern auch weitere Auswirkungen auf Leistung und Typ der Tiere haben. Das würde bedeuten, dass eine bestimmte Kombination von Eigenschaften, zum Beispiel einen Tobiano mit herausragenden Eigenschaften im Typ zu züchten, eine schwierige Herausforderung wäre (Sponenberg, 1994).

Neben der Zucht auf bestimmte Muster ist beim Paint Horse auch die Hintergrundfarbe in Betracht zu ziehen. Es gibt eine Vielzahl von Hintergrundfarben und diese genetisch zu kontrollieren ist schwierig. Für den Paint-Horse-Züchter ist es eine Herausforderung, eine spezifische Farbe mit einem spezifischen Muster zu kombinieren. Viele Paint-Züchter bevorzugen die dunklen Farben, da sie sich deutlicher von den weißen Flecken abzeichnen. Es werden aber auch helle Paints gezüchtet. Grundsätzlich kann man sagen, dass es nie eine 100%ig sichere Vorhersage über die Farbe gibt. Die beste Möglichkeit die Chance auf eine spezielle Farbe zu maximieren, ist die Anpaarung von zwei Elterntieren mit der entsprechenden Farbe. Andernfalls wird die Wahrscheinlichkeit auf ein Fohlen in der gewünschten Farbe weiter herabgesetzt (Sponenberg, 1994).

2.5 Genetische Erkrankungen

Manche Rassen haben eine Disposition für genetische Erkrankungen. Beim Paint Horse sind diese auf seine enge Verwandtschaft mit dem Quarter Horse (GBED, HERDA, HYPP) bzw. auf ein letales Gen in Kombination mit der Overo-Zeichnung (OLWS) zurückzuführen.

2.5.1 GBED – Glycogen Branching Enzyme Deficiency

GBED ist eine Muskel-Stoffwechselerkrankung. Diese Erkrankung kommt vor allem bei Quarter Horses und verwandten Rassen wie dem Paint Horse vor. Es handelt sich dabei um eine autosomal rezessiv vererbte Erkrankung. Pferde können also Träger sein, ohne dass bei ihnen die Krankheit ausbricht. Bei deren Nachkommen tritt die Krankheit dann auf, wenn sie von beiden Elternteilen eine Kopie des rezessiven GBED-Gens erhalten. Pferde, bei denen GBED auftritt, weisen eine Mutation des Chromosoms 26 auf, die eine Störung des Glykogenstoffwechsels hervorruft und zum frühzeitigen Abbruch der Proteinsynthese führt. GBED führt zu Spätaborten und Frühgeburten, sowie zu lebensschwachen Fohlen, die innerhalb der ersten Lebenswochen sterben. Bisher gibt es keine Behandlungsmöglichkeit und Fohlen mit dieser Erkrankung mussten entweder eingeschläfert werden oder starben bevor sie 18 Wochen alt waren. Es gibt bereits einen Gentest für GBED, um Träger dieser Erkrankung zu erkennen (Valberg und Mickelson, 2005).

2.5.2 HERDA/HC – Hereditary equine regional dermal asthenia oder hyperelastosis cutis

Bei HERDA handelt es sich um eine autosomal rezessiv vererbte Hauterkrankung, die noch nicht vollständig charakterisiert wurde. Vor allem tritt diese Erkrankung bei Quarter Horses und hier gehäuft bei Nachkommen von einigen Cutting-Linien auf. Betroffene Pferde müssen meist aufgrund von schlechter Wundheilung und Narbenbildung eingeschläfert werden (Grady et al., 2009). Bei dieser Erkrankung sind die Kollagenfasern in den tiefen Hautschichten nicht mit der Haut und dem darunter liegenden Gewebe verbunden. Auftretende Symptome sind schlecht oder gar nicht hei-

lende Hautwunden sowie hyperflexible Hautpartien. Es gibt keine Möglichkeit HERDA zu erkennen, bevor Symptome auftreten. HERDA ist nicht heilbar und es gibt keine Testmöglichkeit, um festzustellen, welche Tiere diese Krankheit weitergeben. Möglicherweise sind vor allem Pferde betroffen, die auf den Quarter-Horse-Hengst Poco Bueno zurückgehen betroffen. HERDA tritt mit rund 1,75 auftretenden Fällen pro Jahr sehr selten auf (APHA Rule Book, 2010).

2.5.3 HYPP – Hyperkalemic Periodic Paralysis

HYPP tritt vor allem bei Quarter Horses, aber auch Paint Horses, Appaloosas und Palominos auf. Betroffen sind hauptsächlich Nachfahren des Quarter-Horse-Hengstes Impressive. Dieser wurde als Verbindungsglied zwischen den Pedigrees aller betroffenen Pferde ermittelt (Diakakis et al., 2008). Symptome dieser Erkrankung sind Muskelzuckungen und Muskelkrämpfe sowie ein auftretender Kollaps über verschieden lange Zeiträume. Bei Pferden mit HYPP wird die Regulierung des Natriumionentransportes im Natriumkanal in den Muskelzellen behindert. Dies führt zu unkontrollierten Muskelzuckungen. Verantwortlich für HYPP ist eine genetische Mutation im Natrium-Kalium-Kanal. Vererbt wird diese Erkrankung autosomal dominant (Zeilmann, 1993). Im schlimmsten Fall führt diese Erkrankung zum Zusammenbrechen und/oder Tod des Pferdes. Die APHA empfiehlt, alle Tiere, bei denen ein möglicher HYPP-Träger als Vorfahre bekannt ist, auf diese Krankheit zu testen (APHA Rule Book, 2010). Bei betroffenen Pferden ist ein gutes Fütterungs- und Haltemanagement besonders wichtig. Als Langzeit-Therapie sollte auf eine kaliumarme Ernährung, mehrmals tägliches Füttern und ausreichend Bewegung geachtet werden. Tritt HYPP akut auf, ist die Notfall-Versorgung durch einen Tierarzt unumgänglich (Quelle: <http://www.vgl.ucdavis.edu/services/hypp.php>).

2.5.4 OLWS – Overo Lethal White Syndrome

Das Lethal White Syndrome tritt in Zusammenhang mit der Overo-Scheckung auf. Am häufigsten betroffen sind dabei Frame-Overos (McCabe et al. 1990; Trommershausen-Smith 1977; Vonderfecht et al. 1983). Charakteristisch für das OLWS sind vollständig weiß geborene Fohlen mit Missbildungen des Magen-Darm-Traktes. Innerhalb von zwölf Stunden nach der Geburt treten Koliken und ähnliche

Symptome auf. Die Missbildungen im Magen-Darm-Trakt basieren auf nicht ausreichender Versorgung mit Nervenzellen. Diese fehlen am Ende des Dünndarms, im Blinddarm und im Dickdarm (Metallinos et al., 1998). Das führt zu einem Darmverschluss und schließlich zum Tod des Fohlens. Eine Heilung ist nicht möglich, OLWS endet in jedem Fall tödlich (McCabe et al., 1990). OLWS entspricht der sogenannten Hirschsprungschen Krankheit beim Menschen. Zusätzlich zu den Missbildungen im Magen-Darm-Trakt sind die weiß geborenen Fohlen häufig taub und haben blaue Augen (McCabe et al., 1990; Trommershausen-Smith, 1977; Vonderfecht et al. 1983). OLWS tritt dann auf, wenn beide Eltern das letale Gen weitergeben. Meist sind Frame Overos Träger des Gens, aber die Scheckung kann unterdrückt oder mit anderen Musterungen kombiniert sein und dadurch nicht phänotypisch erkennbar sein (Vrotsos et al., 2001). Die APHA empfiehlt, alle Pferde, die Träger des letalen Gens sein könnten, einem DNA Test zu unterziehen, bevor sie in der Zucht eingesetzt werden, um das Auftreten von OLWS zu verhindern.

3 GENETISCHE VIELFALT

Die genetische Vielfalt ist Teil der Biodiversität, die auch als biologische Vielfalt bezeichnet wird. Biodiversität bezeichnet ganz allgemein die Vielfalt des Lebens und umfasst drei Ebenen: die Vielfalt der Arten (Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen), die Vielfalt der Ökosysteme oder Lebensräume, in denen die Arten leben, sowie die genetische Vielfalt innerhalb der Arten (BMLFUW 2008a).

Die genetische Vielfalt bezeichnet das Vorhandensein unterschiedlicher genetischer Informationen in Individuen innerhalb ihrer eigenen Art. Diese Abweichungen bedingen individuelle Eigenschaften, die den Organismen eine spezifische Anpassung an ihre Umwelt ermöglichen. Die Reaktionsmöglichkeit auf die Anforderungen des jeweiligen Lebensraums ist Grundlage für die Stabilität von Ökosystemen. Durch das Aussterben von Rassen sowie durch den Verlust von Genen in Populationen geht genetische Diversität verloren (Baumung und Sölkner, 1999-2001).

Mittels der genetischen Vielfalt kann die genetische Zusammensetzung innerhalb von Populationen beschrieben werden. Sie bezeichnet die Gesamtheit der Gene und die Häufigkeiten, mit denen Gene in einer spezifischen Population auftreten. Sichtbar ist die genetische Vielfalt entweder direkt durch die Phänotypen Ausprägung oder nur auf molekularer Ebene mittels DNA-Sequenzierung. Die genetische Frequenz wird durch drei systematische Prozesse beeinflusst: Migration, Mutation und Selektion (Falconer, 1984). Migration bezeichnet das Einbringen neuer Genome durch Anpaarung mit in die Population eingewanderten Individuen (Immigranten). Möglich ist dies nur, wenn sich die Immigranten und die bestehende Population in ihren Allelfrequenzen unterscheiden. Änderungen der Allelfrequenzen durch Migration spielen in Nutztierpopulationen eine wichtige Rolle, da neues Erbmateriale in verschiedener Intensität immer wieder in bestehende Populationen importiert wird (Pirchner, 1976). Mutationen treten für gewöhnlich selten auf. Man unterscheidet einmalig auftretende, nicht wiederkehrende Mutationen und wiederkehrende Mutationen. Nur die wiederkehrende Form bewirkt genetische Variabilität und zeigt sich in einer Population. Bei der Selektion unterscheidet man die natürliche und die künstliche Selektion. Durch die Auswahl bestimmter Individuen für die Zucht pflanzen sich nur dem Zuchtprogramm entsprechende Tiere fort (Falconer und Mackay, 1996). Dadurch wird die Al-

Allelfrequenz innerhalb einer Population verändert. Die genetische Vielfalt nimmt durch diese Einschränkung ab. Des Weiteren beeinflusst auch die genetische Drift die genetische Vielfalt. Diese bezeichnet den zufälligen Verlust von Allelen. Allele werden von einer auf die nächste Generation durch das Zufallsprinzip weitervererbt. Langfristig kann es dadurch zur Fixierung oder zum Verlust eines Allels in einer Population kommen. Pirchner (1976) beschreibt die genetische Drift als zufällige Abweichung der genetischen Zusammensetzung von der zu erwartenden Zusammensetzung einer Population.

3.1 Pedigree-Analyse historisch

Die Methode der Pedigree-Analyse wurde von Wright & McPhee (1925) entwickelt um die genetische Vielfalt bei British-Shorthorn-Rindern zu beschreiben. Die ersten Studien wurden auf Basis von kleinen Populationsstichproben durchgeführt. Dickson & Lush (1933) beschrieben erstmals die Analyse von Pedigrees auf Basis der Wahrscheinlichkeit des genetischen Ursprungs. McCluer et al. (1986) haben diesen Ansatz erweitert, um die Methode für große Pedigrees nutzbar zu machen. Lacy (1989) beschreibt erstmals die Kennzahlen „effektive Anzahl Gründertiere“ und „effektive Anzahl Gründergenome“. Boichard et al. (1997) geben in ihrer Studie einen ausführlichen Überblick über den damaligen Stand der Pedigree-Analyse. Außerdem beschreiben die Autoren mit der „effektiven Anzahl Ahnen“ eine weitere Diversitätskennzahl, die Flaschenhals-Effekte im Pedigree einbezieht. Die Methode der Pedigree-Analyse wurde schon für diverse Pferderassen (Zechner et al., 2002; Valera et al., 2005; Cervantes et al., 2008; Haman & Distl, 2008; Olsen et al., 2010) und Nutztierassen (Maignel et al., 1996; Baumung & Sölkner, 2002; Bozzi, 2006) angewendet. Eine wichtige Grundlage für die Analyse von Pedigrees sind Quantität und Qualität der zugrunde liegenden Daten.

3.2 Qualität des Pedigrees

Um die Qualität oder Güte eines Pedigrees zu beschreiben, stellen das durchschnittliche komplette Generationsäquivalent, die durchschnittliche Anzahl von bekannten Ahnen je Tier und der Anteil der bekannten Ahnen je Generation geeignete Kennzah-

len dar. Maignel et al. (1996) beschreiben das komplette Generationsäquivalent als beste Möglichkeit, Pedigree-Informationen darzustellen. Berechnet wird es über die Summe aller bekannten Ahnen anhand von $(1/2)^n$. n entspricht der Anzahl der Generationen zwischen dem Individuum und jedem bekannten Ahnen.

Nach Boichard et al. (1997) wird das durchschnittliche komplette Generationsäquivalent (g_e) für eine Referenzpopulation folgendermaßen berechnet:

$$g_e = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{n_j} \frac{1}{2^{g_{ij}}}$$

n_j gesamte Anzahl der Vorfahren des Tieres j

g_{ij} Anzahl der Generationen zwischen dem Tier j und dem Vorfahren i

N Anzahl der Tiere in der Referenzpopulation

3.3 Effektive Anzahl Gründertiere (f_e)

Als Gründertiere (f) werden Tiere in einer Population ohne bekannte Elterntiere definiert. Ist von einem Individuum nur ein Elterntier bekannt, wird das unbekannte Elterntier als Gründer definiert (Lacy, 1989; Boichard et al., 1997). Um die gesamte Verteilung der Gründertiere in einer Population bezüglich des Verlustes von genetischer Variabilität aufgrund einer ungleichmäßigen Verteilung von Gründertieren zu berechnen, definiert Lacy (1989) das sogenannte Gründerequivalent (dargestellt durch f_e). Es ist dies die Anzahl der Gründertiere, die eine Population mit derselben Diversität an Gründerallelen produzieren wie die Referenzpopulation, wenn alle Gründer zu gleichen Teilen zu jeder nachkommenden Generation beitragen (Lacy, 1989).

$$f_e = 1 / \sum_{k=1}^f q_k^2$$

f_e effektive Anzahl Gründertiere

f Anzahl Gründertiere

q_i relativer Anteil des Gründerallels i in der Referenzpopulation

Tragen alle Gründertiere gleichermaßen zur Verteilung der Gene in einer Population bei, entspricht die effektive Anzahl von Gründertieren der tatsächlichen Anzahl von Gründern. Andernfalls ist die effektive Anzahl von Gründertieren kleiner als die tatsächliche. Je ausgeglichener also der erwartete Beitrag der Gründer ist, desto größer ist die effektive Anzahl von Gründertieren. Eine Einschränkung dieser Kennzahl stellt das Ignorieren von Flaschenhalseffekten und der genetischen Drift im Pedigree dar (Boichard et al, 1997). Wird ein Gründergen durch nur einen oder wenige Nachkommen verbreitet, besteht die Möglichkeit, dass ein Gründerallel nicht an die Nachkommen weitergegeben wird (Lacy, 1989). Selbst wenn alle Gründertiere zu gleichen Teilen zu einer Population beitragen, kann genetische Variabilität durch genetische Drift verloren gehen.

3.4 Effektive Anzahl Ahnen (f_a)

Eine weitere Kennzahl zur Schätzung der genetischen Diversität in einer Population ist die effektive Anzahl der Ahnen. Sie entspricht der Mindestanzahl von Vorfahren (Gründertiere und Nicht-Gründertiere), die notwendig ist, um die genetische Vielfalt in der Referenzpopulation zu beschreiben. Diese Maßzahl bezieht Flaschenhalseffekte in die Berechnung ein. Ein Nachteil dieser Kennzahl ist, dass der Verlust von Genen aufgrund der genetischen Drift nicht berücksichtigt wird und deshalb die effektive Anzahl von Ahnen überschätzt wird. Die Vorfahren werden aufgrund ihres genetischen Anteils ausgewählt. Da die Vorfahren nicht unbedingt auch Gründer sind, können sie untereinander verwandt sein, wodurch ihre erwarteten Genanteile überschätzt werden können. Aus diesem Grund werden nur die marginalen Genanteile der Ahnen in die Berechnung einbezogen. Darum wird eine mehrfache Berücksichtigung verhindert. Die marginalen Genanteile sind jene Anteile, die durch keinen anderen Ahnen zuvor erklärt werden konnten. (Boichard et al., 1997).

$$f_a = 1 / \sum_{k=1}^a p_k^2$$

f_a effektive Anzahl Ahnen

p_k marginaler Beitrag des Ahnen k in der Referenzpopulation

Für eine exakte Berechnung der effektiven Ahnen ist es unerlässlich, jeden Ahnen der einen Genanteil über Null aufweist, zu bestimmen. In großen Populationen ist dies schwierig durchführbar. Deshalb empfehlen Boichard et al. (1997) eine obere und eine untere Grenze zu definieren, um den Rechenaufwand für die Berechnung der effektiven Ahnen einzuschränken.

3.5 Genanteile wichtiger Ahnen

Durch die Berechnung der Kennzahl der effektiven Ahnen können die wichtigsten Ahnen und deren Genanteile innerhalb einer Population analysiert werden. Die Auflistung der wichtigsten Ahnen zeigt wie viel Prozent von Genen (z. B. 25 %, 50 % und 75 %) von wie vielen Tieren bestimmt werden. Die marginalen Beiträge der wichtigsten Vererber einer Referenzpopulation können aufgelistet werden und dadurch entsteht eine Übersicht über die Zusammensetzung der Population hinsichtlich der wichtigsten Ahnen.

3.6 Effektive Anzahl Gründergenome (N_g)

Neben der effektiven Anzahl der Gründer und der effektiven Anzahl der Ahnen kann auch die effektive Anzahl der Gründergenome berechnet werden. Diese Kennzahl gibt die Wahrscheinlichkeit wider, mit der Gene aus der Gründerpopulation auch noch in der gegenwärtigen Population vorhanden sind (Boichard et al., 1997). Um die in der Referenzpopulation verbliebenen Gründergenome zu berechnen, beschreiben MacCluer et al. (1986) die Methode des Gene Dropping. Hierfür wird ausgehend von der Gründerpopulation der Weg der Gene bis zur aktuellen Population zurückverfolgt. Jedem Gründertier werden zwei hypothetische Allele zugeordnet. Durch das

Zufallsprinzip wird von der Elterngeneration ein Allel an die Nachkommengeneration weitergeben. Die Weitergabe der Allele wird für das gesamte Pedigree simuliert. Abschließend werden die relativen Anteile der Gründerallele im Genpool der Referenzpopulation ermittelt. Dieser Vorgang wird möglichst oft wiederholt, um aussagekräftige Mittelwerte zu erhalten (McCluer et al., 1986). Die effektive Anzahl der Gründergenome berücksichtigt sowohl den genetischen Verlust aufgrund von Flaschenhalseffekten als auch die genetische Drift. Alle möglichen Ursachen für einen genetischen Verlust werden eingerechnet. Die Werte sind daher üblicherweise kleiner als die der beiden anderen Diversitätskennzahlen. Theoretisch könnten die Werte auch gleich sein, wenn kein Flaschenhals und keine Drift auftreten.

Nach Lacy (1989) und Boichard et al. (1997) berechnet sich die effektive Anzahl der Gründergenome wie folgt:

$$N_g = 0,5 \cdot \left(1 / \sum_{i=1}^{2f} q_i^2 \right)$$

N_g effektive Anzahl Gründergenome

f Anzahl Gründertiere

$2f$ Anzahl Gründerallele

q_i relativer Anteil des Gründerallels i in der Referenzpopulation

3.7 Inzucht und Inzuchtkoeffizient

Laut Definition ist Inzucht eine Paarung von Individuen, die näher miteinander verwandt sind als der Durchschnitt der Population, aus der sie hervorgehen (Rasch und Herrendörfer, 1990). Inzucht tritt dann auf, wenn ein Tier in seinem Stammbaum auf väterlicher und mütterlicher Seite einen gemeinsamen Ahnen aufweist. In der Tierzucht wird häufig auf eine gemäßigte Inzucht zurückgegriffen, um ein bestimmtes Rasseziel zu erreichen. So wird etwa in der Linienzucht das Erbgut wichtiger Ahnen in einer Population stark verbreitet. Inzucht kann sich auch negativ in Form von Inzuchtdepressionen auswirken. Falconer und Mackay (1996) beschreiben die gesteigerte Homozygotie und somit das vermehrte Auftreten von letalen rezessiven Genen

in homozygoter Form als Ursache für eine Verschlechterung bei Fitnessmerkmalen wie Fruchtbarkeit, Langlebigkeit und Krankheitsresistenz. Eine aufgetretene Inzuchtdepression kann durch eine einzige Paarung von nicht verwandten Tieren beseitigt werden.

Der Grad der Inzucht wird mittels des Inzuchtkoeffizienten bestimmt. Falconer (1984) definiert den Inzuchtkoeffizienten als die Wahrscheinlichkeit, dass zwei Allele an einem beliebigen Genort eines Individuums herkunftsgleich sind. Je weiter der gemeinsame Vorfahre zurückliegt bzw. je entfernter die Verwandtschaft ist, desto geringer ist der Inzuchtkoeffizient. Werte zwischen 0 % und 100 % sind möglich. Nach Wright (1925) kann der Inzuchtkoeffizient wie folgt berechnet werden:

$$F = \sum \left(\frac{1}{2} \right)^{n_1+n_2+1} \cdot (1 + F_A)$$

F	Inzuchtkoeffizient des Individuums
n_1	Anzahl der Generationen zwischen dem Individuum und dem gemeinsamen Vorfahren väterlicherseits
n_2	Anzahl der Generationen zwischen dem Individuum und dem gemeinsamen Ahnen mütterlicherseits
F_A	Inzuchtkoeffizient des gemeinsamen Vorfahrens

4 DATENSTRUKTUR UND DATENAUFBEREITUNG

Die Daten, die als Grundlage für die Pedigree-Analyse dieser Arbeit dienten, wurden vom Paint Horse Club Germany (PHCG) zur Verfügung gestellt. Der Datensatz wurde in Form einer Excel-Tabelle bereitgestellt. Für jedes einzelne Pferd waren, soweit vollständig vorhanden, Informationen über die Identifikationsnummer, Name, Geschlecht, Rasse, Geburtsdatum, Geburtsjahr, Farbe 1, Farbe 2, Geburtsland, Land in dem sich das Tier aktuell befindet, Identifikationsnummer des Vaters und Identifikationsnummer der Mutter enthalten. Farbe 1 bezieht sich auf die Hintergrundfarbe des Pferdes (Bay, Black, etc.). Farbe 2 bezieht sich auf die Scheckzeichnung (Tobiano, Overo, Tovero). Vor der Analyse wurden im Originalpedigree enthaltene Fehler berichtigt. Mehrfach eingetragene Tiere mit unterschiedlichen Identifikationsnummern und sogenannte „Loops“, d. h. dass Tiere im Pedigree als ihre eigenen Vorfahren aufscheinen, wurden korrigiert (für Tiere mit fehlendem Geburtsjahr wurde 1900 als Jahrgang angenommen, da eine Analyse durch das Programm nur möglich ist, wenn für alle Tiere ein Geburtsdatum vorhanden ist). Nach der Aufbereitung der Daten umfasste das Originalpedigree 14 313 Tiere.

4.1 Aufbau des Pedigrees

Das vorliegende Pedigree wies viele Lücken bei den Vorfahren und Geburtsdaten auf. Um möglichst zuverlässige Ergebnisse mit einer Pedigree-Analyse zu erzielen, ist es wichtig, ein Pedigree bestmöglicher Qualität als Grundlage zu haben. Als erster Schritt für diese Arbeit wurde daher das Pedigree ergänzt und erweitert. Zu diesem Zweck wurden die 30 wichtigsten Ahnen aus dem Originalpedigree ermittelt. Für diese 30 Ahnen wurden anschließend mit Hilfe der Internetdatenbank www.allbreedpedigree.com die Eltern, Großeltern und Urgroßeltern untersucht und falls nötig ergänzt. Zunächst wurde untersucht, ob sich der jeweilige Vorfahre schon im Pedigree des PHCG befand und nur die Verknüpfung fehlte. In diesem Fall wurde die fehlende Verbindung erstellt. Wenn das Tier noch nicht im Pedigree aufschien, wurde es als neuer Datensatz angelegt. Außerdem wurden die Geburtsjahre für die 30 wichtigsten Ahnen und deren Vorfahren, falls noch nicht vorhanden, im Pedigree vervollständigt. Nach dem Aufbau umfasste das Pedigree 14 570 Tiere. Somit enthält das neu aufgebaute Pedigree 257 Tiere mehr als das Originalpedigree. Ein weiterer

Aufbau und somit eine bessere Vollständigkeit des Pedigrees zu erreichen, ist möglich und sinnvoll, würde jedoch den Rahmen dieser Arbeit aufgrund des hohen Zeitaufwandes sprengen. Erweiterung und Aufbau des Pedigrees nahmen im Rahmen dieser Arbeit etwa 35 Stunden in Anspruch.

4.2 Beschreibung der Referenzpopulationen

Für die Pedigree-Analyse wurden drei Referenzpopulationen gebildet. Alle Referenzpopulationen beziehen sich auf in Deutschland geborene Paint Horses innerhalb eines bestimmten Zeitraumes. Die Referenzpopulation 1 wurde auf Grundlage des Originalpedigrees, vor dem weiteren Aufbau, definiert. Ann Mitsching (2011) analysierte im Rahmen einer Bachelorarbeit die wichtigsten Ahnen der deutschen Paint-Horse-Population auf Basis des originalen, vom Paint Horse Club Germany zur Verfügung gestellten, Pedigrees. Die von ihr errechneten Kennzahlen entsprechen den Werten der Referenzpopulation 1 in dieser Arbeit. Um einen Vergleich vor und nach Aufbau des Pedigrees darstellen zu können, wurde die Referenzpopulation 2 auf Grundlage des Pedigrees nach den Ergänzungen definiert. Dadurch soll aufgezeigt werden, wie sich die Kennzahlen verändern, wenn ein erweitertes und somit qualitativ hochwertigeres, Pedigree zur Analyse herangezogen wird. Die Referenzpopulation 2 stellt die aktuelle deutsche Zuchtpopulation der Paint Horses dar. Referenzpopulation 3 soll Veränderungen in der Paint-Horse-Population über die Zeitspanne von zehn Jahren darstellen (Tabelle 1).

Tabelle 1: Die drei Referenzpopulationen

Referenzpopulation	Jahrgänge	Tiere in der Referenzpopulation
1 (vor Aufbau des Pedigrees)	2000 – 2009	1661
2 (nach Aufbau des Pedigrees)	2000 – 2009	1661
3 (nach Aufbau des Pedigrees)	1990 – 1999	679

5 SOFTWARE

Die Aufbereitung der Daten erfolgte mit Hilfe des Programmpakets SAS 9.2. (2003) und Microsoft Excel für Windows, Dateiversion 9.0.0.2719. Zur Analyse des Pedigrees bezüglich der bereits beschriebenen Kennzahlen (durchschnittliches komplettes Generationsäquivalent, effektive Anzahl Gründer, effektive Anzahl Ahnen, effektive Anzahl Gründergenome, und wichtigste Ahnen) wurde das Fortran-Softwarepaket PEDIG von Boichard (2007) verwendet. Diese Software ist ein speziell für die Analyse von großen Populationen entwickeltes Programmpaket. Damit können diverse Kennzahlen basierend auf der Wahrscheinlichkeit der Genherkunft, Verwandtschafts- und Inzuchtkoeffizienten sowie die Qualität des Pedigrees ermittelt werden (Boichard, 2007).

Die Programme, die aus dem Programmpaket PEDIG zur Analyse des Pedigrees verwendet wurden, sind: *ped_util.f*, *ngen.f*, *meuw.f*, *vanrad.f*, *prob_orig.f* und *segreg.f*. Das Programm *ped_util.f* kann alle Vorfahren der gewünschten Individuen zurückverfolgen, dabei kann die Anzahl der Generationen auch beschränkt werden. Nicht nutzbare Informationen im Pedigree, z. B. Vorfahren ohne Pedigree und mit nur einem Nachkommen in der jeweiligen Subpopulation, können schrittweise aussortiert werden. Dieses Programm codiert die Pedigreedaten fortlaufend. Die Individuen werden mit 1 bis n bezeichnet. Diese Umkodierung ist notwendig, damit die Berechnung der Inzuchtkoeffizienten und Genanteile funktioniert. Falls gewünscht, speichert *ped_util* zusätzliche Informationen wie Geschlecht und Geburtsjahr, die in anderen Programmen verwendet werden können. Das Programm *ngen.f* berechnet die durchschnittlich bekannten Ahnen, die bekannten Ahnen je Generation in Prozent und das durchschnittliche komplette Generationsäquivalent. Um den Inzuchtkoeffizienten zu berechnen, wurden die Programme *meuw.f* nach Meuwissen und Luo (1992) und *vanrad.f* nach VanRaden (1992) verwendet. *Meuw.f* berechnet den Inzuchtkoeffizienten für alle Generationen und ist eine sehr schnelle Methode für Pedigrees mit bis zu 15 vorhandenen Generationen. *Vanrad.f* ist weniger effizient als *meuw.f*, aber auch flexibler. Dieses Programm ermöglicht eine Berechnung des Inzuchtkoeffizienten für eine bestimmte Anzahl von Generationen. Für diese Arbeit wurde der Inzuchtkoeffizient mit *meuw.f* für alle Generationen und für fünf Generationen mit *vanrad.f* berechnet. Das Programm *prob_orig.f* berechnet die Wahrscheinlichkeit der Genher-

kunft für eine Referenzpopulation oder eine Gruppe von Individuen, die nach Geschlecht oder Geburtszeitraum definiert ist. Die Wahrscheinlichkeiten aller Individuen werden kombiniert, um die Anzahl der effektiven Gründer zu bestimmen. In der Ergebnisdatei scheinen die Kennzahlen zu effektiven Gründertieren, effektiven Ahnen und außerdem die wichtigsten Ahnen auf. Die Gesamtheit des Einflusses aller Gründer ergibt 1 während die Gesamtheit des Einflusses aller Ahnen aufgrund der Redundanz mehr als 1 ergibt. Optional berechnet *pro_orig.f* schrittweise die Ahnen mit den größten marginalen Beiträgen und errechnet aus diesen Beiträgen die effektive Anzahl der Ahnen. Als letztes Programm wurde *segreg.f* genutzt. Dieses Programm simuliert die Segregation der Gründerallele in einer Population, schätzt die Frequenzen der Gründergene in der Referenzpopulation und berechnet aus diesen Frequenzen die effektive Anzahl der in der Referenzpopulation vorhandenen Gründergenome (Boichard, 2007).

Bevor die Daten mit PEDIG analysiert werden konnten, mussten sie umformatiert werden. Dies wird vom Programm *ped_util* erledigt. Zur Bearbeitung mussten eine Identifikationsnummer für jedes Individuum, welche eine fortlaufende Nummer sein muss, die Identifikationsnummern des Vaters und der Mutter und das Geburtsdatum vorhanden sein.

6 ERGEBNISSE UND DISKUSSION

6.1 Vergleich der Referenzpopulationen

In diesem Kapitel werden die drei Referenzpopulationen miteinander verglichen. Es soll gezeigt werden, ob und in welchem Ausmaß die Kennzahlen durch den Aufbau des Pedigrees, und die damit verbundene verbesserte Qualität der Daten beeinflusst werden. Zu diesem Zweck werden die Referenzpopulationen 1 (2000 – 2009, vor Aufbau des Pedigrees) und 2 (2000 – 2009, nach Aufbau des Pedigrees) miteinander verglichen. Um eine zeitliche Veränderung der aktuellen Zuchtpopulation (Referenzpopulation 1) gegenüber der Population vor zehn Jahren darzustellen werden die Referenzpopulationen 2 und 3 (1990 – 1999, nach Aufbau des Pedigrees) verglichen.

6.1.1 Qualität des Pedigrees

Für die drei bereits im Kapitel Datenstruktur und Datenaufbereitung beschriebenen Referenzpopulationen, wurden das durchschnittliche komplette Generationsäquivalent und die pro Generation bekannten Ahnen in Prozent berechnet. Tabelle 2 zeigt eine Übersicht über die berechneten Kennzahlen zur Qualität des Pedigrees. Für die Referenzpopulation 1 beträgt das durchschnittliche komplette Generationsäquivalent 4,32. Nach Aufbau des Pedigrees von 14 313 auf 14 570 Tiere steigt diese Kennzahl auf 4,77 (Referenzpopulation 2). Durch die Erweiterung des Pedigrees um 257 Tiere und die bessere Verknüpfung der Daten wurde eine Steigerung des durchschnittlichen kompletten Generationsäquivalents um 0,45 Prozentpunkte erreicht. Die Referenzpopulation 3 weist im Vergleich zur aktuellen Zuchtpopulation (Referenzpopulation 2) mit einem durchschnittlichen kompletten Generationsäquivalent von 4,19 eine geringere Qualität des Pedigrees auf. Dieser Umstand ist darauf zurückzuführen, dass für die aktuelle Population vollständigere Abstammungsinformationen vorhanden sind. Bei importierten Tieren aus den USA werden nur für fünf Generationen Abstammungsdaten mitgeliefert. Darum fehlen bei diesen Tieren oft die Verknüpfungen mit weiteren Vorfahren im Pedigree. Der Vollständigkeitsgrad der Abstammungsdaten ist für die Referenzpopulationen 1 bis 3 in den Abbildungen 8, 9 und 10 grafisch dargestellt. In der zweiten Generation weist das Paint Horse in den drei Referenzpopulationen

renzpopulationen mit 99,9 % (Ref. 1), 99,9 % (Ref. 2) und 99,6 % (Ref. 3) sehr hohe Werte auf. In der sechsten Generation zeigen sich bereits deutliche Unterschiede zwischen den Referenzpopulationen. Die Ahnen pro Generation sind nur mehr zu 14,4 % (Ref. 1), 24,2 % (Ref. 2) und 14,9% (Ref. 3) bekannt. Betrachtet man die zehnte Generation, sinken die Werte auf 0,02 % (Ref. 1), 2,3 % (Ref. 2) und 1,1 % (Ref. 3). Ab der vierten Generation ist ein deutlicher Unterschied zwischen den Kennzahlen vor und nach Aufbau des Pedigrees zu erkennen. Die Referenzpopulation 2 zeigt eine deutlich größere Anzahl an bekannten Ahnen pro Generation. Die Ergebnisse für diese Referenzpopulation sind somit qualitativ hochwertiger einzustufen.

Tabelle 2: Kennzahlen zur Beschreibung der Qualität der Abstammungsinformationen für die drei definierten Referenzpopulationen.

	Ref. 1 2000-2009 vor Aufbau	Ref. 2 2000-2009 nach Aufbau	Ref. 3 1990-1999 nach Aufbau
Tiere im Pedigree	14 313	14 570	14 570
Tiere in der Referenzpopulation	1661	1661	679
Ø komplettes Generationsäquivalent	4,32	4,77	4,19
maximal bekannte Generationen	12	15	14
bekannte Ahnen pro Generationen in %			
2 Generationen	99,9	99,9	99,9
4 Generationen	75,0	77,5	59,1
6 Generationen	14,4	24,2	14,9
8 Generationen	0,9	8,5	5,6
10 Generationen	0,02	2,3	1,1

Bei den Kennzahlen zur Qualität des Pedigrees ist zu bedenken, dass das vorliegende Pedigree viele Lücken aufweist. Eine weitere Verbesserung der Qualität des Pedigrees und somit der Kennzahlen könnte durch einen weiteren Aufbau erreicht werden.

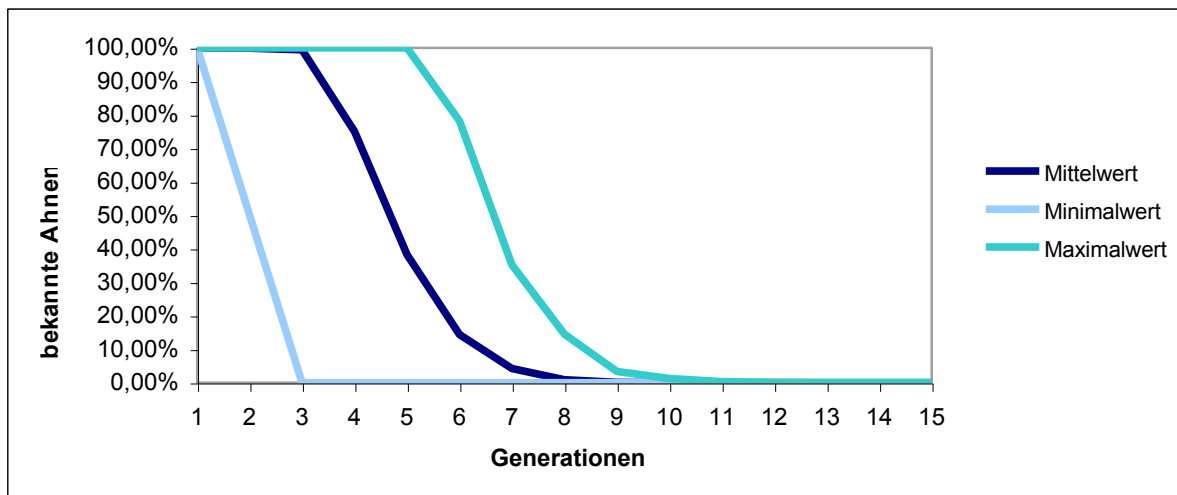


Abbildung 18: Vollständigkeit der Abstammungsdaten in %.
Referenzpopulation 1 (2000-2009, vor Aufbau des Pedigrees).

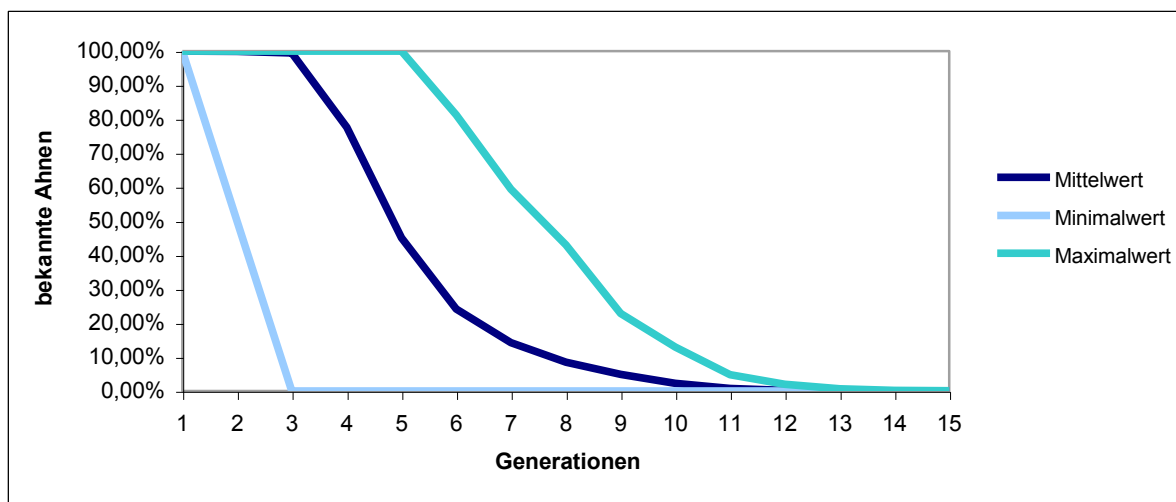


Abbildung 19: Vollständigkeit der Abstammungsdaten in %.
Referenzpopulation 2 (2000-2009, nach Aufbau des Pedigrees).

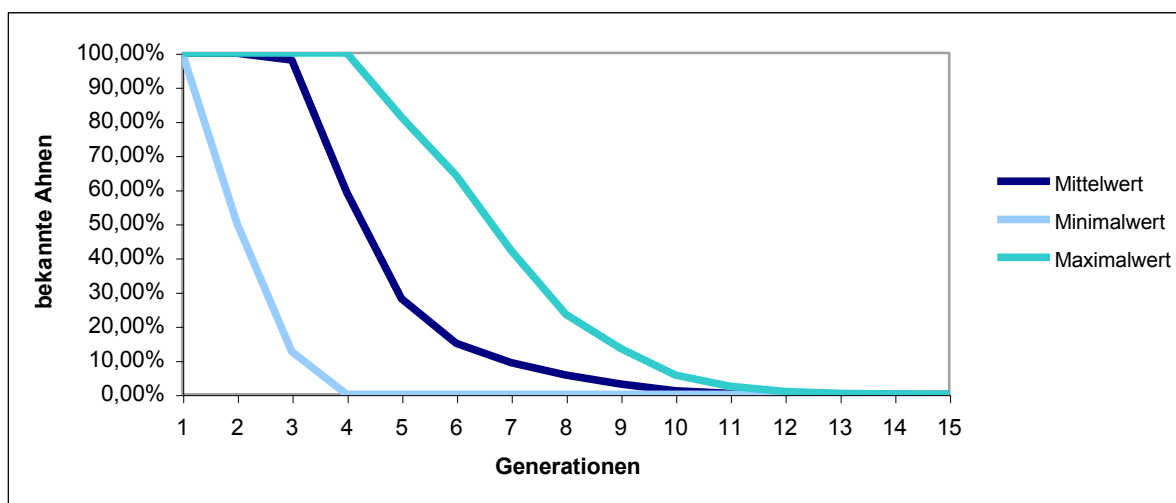


Abbildung 20: Vollständigkeit der Abstammungsdaten in %.
Referenzpopulation 3 (1990-1999, nach Aufbau des Pedigrees).

6.1.2 Inzuchtkoeffizient

Die Inzuchtkoeffizienten wurden für die drei Referenzpopulationen jeweils für alle verfügbaren Generationen (F_{All}) und für fünf Generationen (F_5) berechnet. Tabelle 3 zeigt einen Überblick über die errechneten Kennzahlen. Die Referenzpopulation 1 weist bei Berücksichtigung aller verfügbaren Generationen 597 ingezüchtete Tiere auf. Nach Aufbau des Pedigrees zeigt die Referenzpopulation 2 einen deutlichen Anstieg der ingezüchteten Tiere auf 1182. Die Referenzpopulation 3 verfügt über einen Anteil von 349 ingezüchteten Tieren. Es ist ein eindeutiger Anstieg der Anzahl an ingezüchteten Tieren in den letzten zehn Jahren zu erkennen. Der durchschnittliche Inzuchtkoeffizient für alle Generationen beträgt in Referenzpopulation 1 0,42 %. Nach dem Aufbau des Pedigrees steigt der Inzuchtkoeffizient in Referenzpopulation 2 auf 0,49 %. Im aufgebauten Pedigree wurde eine größere Anzahl der Tiere als ingezüchtet erkannt. Es ist zu erwarten, dass bei einer weiteren Ergänzung der durchschnittliche Inzuchtkoeffizient weiter ansteigen wird. Für die Referenzpopulation 3 wurde ein durchschnittlicher Inzuchtkoeffizient von 0,35 % errechnet. Betrachtet man die durchschnittlichen Inzuchtkoeffizienten für fünf Generationen, erhält man etwas niedrigere Werte als für alle Generationen: 0,41 % (Ref. 1), 0,41 % (Ref. 2) und 0,31 % (Ref. 3). Ein zu erwartender Anstieg des Inzuchtkoeffizienten von den 1990 bis 1999 geborenen zu den 2000 bis 2009 geborenen Tieren ist zu beobachten.

Tabelle 3: Anzahl der ingezüchteten Tiere und durchschnittliche Inzuchtkoeffizienten unter Berücksichtigung aller und nur 5 Generationen für die drei Referenzpopulationen.

	Ref 1 2000-2009 vor Aufbau	Ref 2 2000-2009 nach Aufbau	Ref 3 1990-1999 nach Aufbau
Referenzpopulationsgröße	1661	1661	679
Ingezüchtete Tiere:			
alle Generationen	597	1182	349
5 Generationen	306	332	113
Ø Inzuchtkoeffizient:			
alle Generationen (F_{All})	0,0042434	0,0048655	0,0035377
5 Generationen (F_5)	0,0040768	0,0041420	0,0030934

6.1.3 Effektive Anzahl Gründertiere, effektive Anzahl Ahnen und effektive Anzahl Gründergenome

Tabelle 4 gibt einen Überblick über die Kennzahlen zur genetischen Diversität in den drei Referenzpopulationen. Berechnet wurden die totale Anzahl Gründertiere (f), die effektive Anzahl Gründertiere (f_e), die effektive Anzahl Ahnen (f_a) und die effektive Anzahl Gründergenome (N_g). Zusätzlich wurden die Verhältniszahlen f/f_e , f_e/f_a und f_e/N_g berechnet. Ein enges Verhältnis von f/f_e weist auf einen ausgeglichenen Beitrag der Gründertiere hin. Das Verhältnis zwischen f_e/f_a lässt Schlüsse über Flaschenhalseffekte zu, während das Verhältnis zwischen f_e/N_g Auskunft über die vorhandene genetische Drift gibt.

Tabelle 4: Diversitätskennzahlen für die drei Referenzpopulationen

Populationskennzahl	Ref. 1 2000-2009 vor Aufbau	Ref. 2 2000-2009 nach Aufbau	Ref. 3 1990-1999 nach Aufbau
Tiere im Pedigree	14 313	14 570	14 570
Referenzpopulationsgröße	1661	1661	679
totale Anzahl Gründertiere (f)	4.216	4.341	2.809
effektive Anzahl Gründertiere (f_e)	560,8	963	914,5
f/f_e	7,5	4,5	3,1
effektive Anzahl Ahnen (f_a)	207,8	186,1	214,8
f_e/f_a	2,7	5,2	4,3
effektive Anzahl Gründergenome (N_g)	138,7	118,5	132,9
f_e/N_g	4	8,1	6,9

Die totale Anzahl an Gründertieren beträgt für die drei Referenzpopulationen 4 216 (Ref. 1), 4 341 (Ref. 2) und 2 809 (Ref. 3). Nach Aufbau des Pedigrees stieg die totale Anzahl der Gründertiere um 125. Die effektive Anzahl Gründertiere (f_e) stieg nach Aufbau des Pedigrees in Referenzpopulation 2 im Vergleich zu Referenzpopulation 1

um etwa 402 Tiere. Die Referenzpopulation 3 zeigt 914 effektive Gründertiere. Referenzpopulation 3 weist mit einem Verhältnis f/f_e von 3,1 den ausgeglichensten Beitrag der Gründertiere auf. Vor Aufbau des Pedigrees betrug das Verhältnis f/f_e 7,5 (Ref. 1), nach Aufbau wurde das Verhältnis mit 4,5 (Ref. 2) enger, was auf einen ausgeglicheneren Beitrag der Gründertiere hinweist, als es aufgrund des Originalpedigrees zu vermuten wäre. Die effektive Anzahl Ahnen (f_a) beträgt in den drei Referenzpopulationen 207,8 (Ref. 1), 186,1 (Ref. 2) und 214,8 (Ref. 3). Das Verhältnis f_e/f_a zeigt einen Anstieg in Referenzpopulation 2. Dieser Umstand deutet auf eine Unterschätzung der Flaschenhalseffekte im ursprünglichen Pedigree (Ref. 1) hin. Bei der effektiven Anzahl Gründergenomen (N_g) zeigt sich ein ähnliches Bild. In Referenzpopulation 1 beträgt diese Kennzahl 138,7, in Referenzpopulation 2 fällt die Anzahl auf 118,5. Das Verhältnis f_e/N_g steigt von 4 (Ref. 1) auf 8,1 (Ref. 2) nach Aufbau des Pedigrees. Die genetische Drift ist also ebenfalls höher, als das Originalpedigree vermuten lässt.

6.1.4 Genanteile wichtiger Ahnen

Mit der Diversitätskennzahl effektive Anzahl Ahnen wird die genetische Zusammensetzung innerhalb von Populationen beschrieben. Es werden mit dieser Kennzahl die marginalen Genanteile, also jene Genanteile eines Tieres, die durch keinen anderen Ahnen zuvor erklärt werden können, beschrieben. Dadurch wird verhindert, dass Tiere mehrfach berücksichtigt werden.

Marginale Genanteile der wichtigsten Ahnen

Tabelle 5 gibt einen Überblick über die geschätzten marginalen Genanteile der wichtigsten Ahnen in den drei Referenzpopulationen.

Tabelle 5: Überblick über die marginalen Genanteile der wichtigsten Ahnen in den drei Referenzpopulationen.

Genanteil	Ref. 1	Ref. 2	Ref. 3
1. Ahne	2,89 %	3,40 %	3,31 %
2. Ahne	2,76 %	2,76 %	2,23 %
3. Ahne	2,31 %	2,31 %	1,77 %
Σ erste 10 Ahnen	16,34 %	17,76 %	15,12 %
Anzahl Ahnen, die			
25 %	23	20	25
50 %	124	120	119
75 %	412	408	357
der Gene erklären			

Der jeweils wichtigste Ahne hat in den drei Referenzpopulationen einen marginalen Genanteil von 2,89 % (Ref. 1), 3,40 % (Ref. 2) und 3,31 % (Ref. 3). Nach Aufbau des Pedigrees weist der erste Ahne in Referenzpopulation 2 einen größeren Beitrag zum Genpool auf als im Originalpedigree. Der zweite und der dritte Ahne weisen den gleichen Beitrag vor und nach Aufbau auf. Die ersten zehn Ahnen weisen einen Genanteil von 16,34 % (Ref. 1), 17,76 % (Ref. 2) und 15,12 % (Ref. 3) auf. Nach dem Aufbau des Pedigrees steigt der Genanteil, der von den ersten zehn Ahnen erklärt wird,

um etwa 1,4 Prozentpunkte. Um 25 % des Genpools zu erklären sind 23 (Ref. 1), 20 (Ref. 2) bzw. 25 (Ref. 3) Ahnen nötig. 50 % der Genherkunft werden von 124 (Ref. 1), 120 (Ref. 2) bzw. 119 (Ref. 3) Tieren erklärt und um 75 % erklären zu können, sind 412 (Ref. 1), 408 (Ref. 2) bzw. 357 (Ref. 3) Ahnen nötig. Nach Aufbau des Pedigrees sind jeweils weniger Tiere nötig, um 25 %, 50 % und 75 % des Genpools zu beschreiben. Bei einem weiteren Aufbau des Pedigrees könnten die Werte weiter sinken. Durch die Lücken im Pedigree wird die genetische Vielfalt an Ahnen in der Paint Horse Population mit großer Wahrscheinlichkeit überschätzt.

Die wichtigsten Ahnen der Referenzpopulationen

In den Tabellen 6, 7 und 8 sind jeweils die zehn wichtigsten Ahnen der drei Referenzpopulationen mit Angaben zu Rasse, Geburtsjahr und marginalem Genanteil angeführt.

Tabelle 6: Genanteile der 10 wichtigsten Zuchttiere in der Referenzpopulation 1 (vor Aufbau des Pedigrees 2000 – 2009).

	Tier	Rasse	Geburtsjahr	marginaler Genanteil
1	Doc Bar	Quarter Horse	1956	2,89 %
2	Cherokee Blanca	Paint Horse	1993	2,76 %
3	Cats Coco Dancer	Paint Horse	1991	2,31 %
4	Hesa Tiny Paycheck	Paint Horse	1990	1,58 %
5	Three Bars	Engl. Vollblut	1940	1,41 %
6	Big Steps Snow Boy	Paint Horse	1993	1,26 %
7	Sonny Dee Bar	Quarter Horse	1965	1,06 %
8	Peppy San Badger	Quarter Horse	1974	1,03 %
9	Poco Lena	Quarter Horse	1949	1,02 %
10	Clarke Kent	Paint Horse	1986	1,01 %

Tabelle 7: Genanteile der 10 wichtigsten Zuchttiere in der Referenzpopulation 2 (nach Aufbau des Pedigrees 2000 – 2009).

	Tier	Rasse	Geburtsjahr	marginaler Genanteil
1	Three Bars	Engl. Vollblut	1940	3,40 %
2	Cherokee Blanca	Paint Horse	1993	2,76 %
3	Cats Coco Dancer	Paint Horse	1991	2,31 %
4	Doc Bar	Quarter Horse	1956	2,19 %
5	Hesa Tiny Paycheck	Paint Horse	1990	1,48 %
6	Big Steps Snow Boy	Paint Horse	1993	1,25 %
7	Leo	Quarter Horse	1940	1,23 %
8	King	Quarter Horse	1932	1,18 %
9	Clarke Kent	Paint Horse	1986	1,01 %
10	Refund	Paint Horse	1972	0,94 %

Tabelle 8: Genanteile der 10 wichtigsten Zuchttiere in der Referenzpopulation 3 (nach Aufbau des Pedigrees 1990 – 1999).

	Tier	Rasse	Geburtsjahr	marginaler Genanteil
1	Three Bars	Engl. Vollblut	1940	3,31 %
2	Clarke Kent	Paint Horse	1986	2,23 %
3	Refund	Paint Horse	1972	1,77 %
4	Doc Bar	Quarter Horse	1956	1,77 %
5	Cats Lad	Paint Horse	1982	1,27 %
6	Sonny Dee Bar	Quarter Horse	1965	1,15 %
7	Leo	Quarter Horse	1940	0,95 %
8	Happy Golucky	Paint Horse	1983	0,94 %
9	Skips Chore	Paint Horse	1989	0,89 %
10	Smokin Fritz	Paint Horse	1990	0,86 %

Bei Referenzpopulation 1 handelt es sich um neun Hengste und eine Stute (Poco Lena). Ansonsten sind unter den je zehn wichtigsten Ahnen für die drei Referenzpopulationen keine weiblichen Tiere vertreten. Da in das Paint-Horse-Register Nachkommen von Paint Horses, Quarter Horses und Englischen Vollblütern eintragungsberechtigt sind, sind diese Rassen in den jeweils wichtigsten Ahnen der Referenzpopulationen vertreten. Die zehn wichtigsten Ahnen der Referenzpopulation 1 bestehen aus fünf Paint Horses (Cherokee Blanca, Cats Coco Dancer, Hesa Tiny Paycheck, Big Steps Snow Boy und Clarke Kent), vier Quarter Horses (Doc Bar, Sonny Dee Bar, Peppy San Badger und Poco Lena) sowie einem Englischen Vollblut (Three Bars). Die Geburtsjahre dieser Tiere liegen zwischen 1940 und 1993. Der wichtigste Ahne der Referenzpopulation 1 ist der Quarter-Horse-Hengst Doc Bar, mit einem marginalen Genanteil von 2,89 %. Doc Bar ist ein direkter Enkel des Vollbluthengstes Three Bars, der in der Referenzpopulation 1 1,41 % zur genetischen Zusammensetzung der Population beiträgt.

Vergleicht man die zehn wichtigsten Ahnen vor und nach Aufbau des Pedigrees, ergeben sich teils drastische Unterschiede. Mit einem marginalen Genanteil von 3,40% ist der Vollblüter Three Bars der wichtigste Ahne in der Referenzpopulation 2. Sein Rang verschiebt sich somit um vier Plätze nach oben. Three Bars geht auf Darley Arabian, einen der Gründerhengste des Englischen Vollblutes zurück. Er hat sowohl die Rasse der Quarter Horses als auch die der Paint Horses entscheidend beeinflusst. Cherokee Blanca (2,76 %) und Cats Coco Dancer (2,31 %) behalten ihre Plätze zwei und drei als wichtigste Ahnen und ihren Beitrag zum Genpool der Population bei. Der Quarter-Horse-Hengst Doc Bar trägt nach Aufbau des Pedigrees nur mehr 2,19 % zur gesamten genetischen Zusammensetzung bei. Die Verringerung des Beitrages von Doc Bar ist wohl darauf zurückzuführen, dass ihm bei den Berechnungen auf Basis des lückenhaften Originalpedigrees Genanteile zugerechnet wurden, die im aufgebauten Pedigree bereits durch seinen Großvater Three Bars erklärt wurden. Der Paint Horse Hengst Hesa Tiny Paycheck verliert in der Referenzpopulation etwas an Bedeutung, während der Beitrag vom Paint-Horse-Hengst Big Steps Snow Boy annähernd gleich bleibt. Mit den beiden Quarter-Horse-Hengsten Leo und King treten nach Aufbau des Pedigrees in der Referenzpopulation 2 zwei neue Ahnen auf. Die 1940 und 1932 geborenen Hengste haben die Quarter-Horse-Zucht von Anfang an maßgeblich beeinflusst. Der Paint-Horse-Hengst Clarke Kent behält seinen mar-

ginalen Genanteil von 1,01 % bei und steigt nach Aufbau des Pedigrees um einen Rang auf. Der 1972 geborene Paint-Horse-Hengst Refund kommt in der Referenzpopulation mit einem Beitrag von 0,94 % neu als einer der wichtigsten Ahnen dazu. Beim Vergleich der Referenzpopulation 2000 – 2009 vor und nach Aufbau des Pedigrees sind deutliche Veränderungen in der Zusammensetzung und Wichtigkeit der Ahnen erkennbar. Ein weiterer Aufbau würde noch stärker zur Qualität des Pedigrees beitragen. Die bereits bei 257 aufgebauten Tieren auftretenden Veränderungen lassen auf weitere Verschiebungen bei einem vollständigeren Pedigree als Grundlage schließen. Vergleicht man die Referenzpopulationen 2 und 3 hinsichtlich ihrer wichtigsten Ahnen, kann man die Veränderungen, die über zehn Jahre stattfanden, analysieren. Three Bars ist mit 3,31 % Beitrag zur gesamten genetischen Zusammensetzung auch bei den zwischen 1990 und 1999 geborenen Tieren der Ahne mit dem größten Einfluss auf die Population. Die Hengste Clarke Kent und Refund trugen in der Referenzpopulation 3 noch stärker zum Genpool bei, verloren jedoch bei den zwischen 2000 und 2009 geborenen Pferden an Wichtigkeit. Die Quarter Horse Hengste Doc Bar und Leo behalten ihren Rang in Referenzpopulation 2 und 3 bei. Lediglich ihr marginaler Genanteil ist in Referenzpopulation 3 geringer. Die vier Paint-Horse-Hengste Cats Lad, Happy Golucky, Skips Chore und Smokin Fritz waren bei den 1990 bis 1999 geborenen Zuchttieren unter den zehn wichtigsten Ahnen vertreten, schienen jedoch in Referenzpopulation 2 nicht mehr unter den wichtigsten Ahnen auf. In den letzten zehn Jahren ist eine Veränderung der wichtigsten Ahnen zu beobachten. Three Bars, Doc Bar und Leo konnten sich über die Jahre behaupten, in der aktuellen Zuchtpopulation (Referenzpopulation 2) tragen jedoch die jüngeren, ab 1990 geborenen Paint-Horse-Hengste Cherokee Blanca, Cats Coco Dancer, Hesa Tiny Paycheck und Big Steps Snow Boy bereits einen großen Teil zur gesamten genetischen Zusammensetzung der Paint Horses in Deutschland bei.

Die Abbildungen 11, 12 und 13 zeigen den Beitrag der jeweils zehn wichtigsten Ahnen zur gesamten genetischen Zusammensetzung in den drei Referenzpopulationen grafisch. Durch die zehn wichtigsten Ahnen werden 16,34 % (Ref. 1), 17,76 % (Ref. 2) und 15,12 % (Ref. 3) beschrieben. Der Rest wird durch weitere, hier nicht aufgeführte Tiere beschrieben. Durch die große Anzahl an Ahnen ist eine gesamte Darstellung in einer übersichtlichen Form nicht möglich.

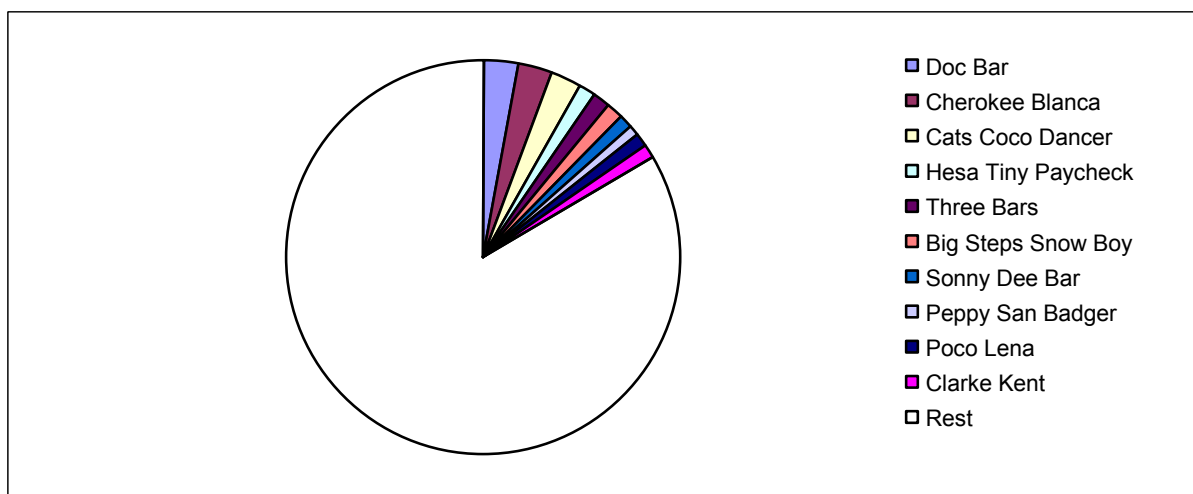


Abbildung 21: Die 10 wichtigsten Ahnen der Referenzpopulation 1
(2000 – 2009, vor Aufbau des Pedigrees).

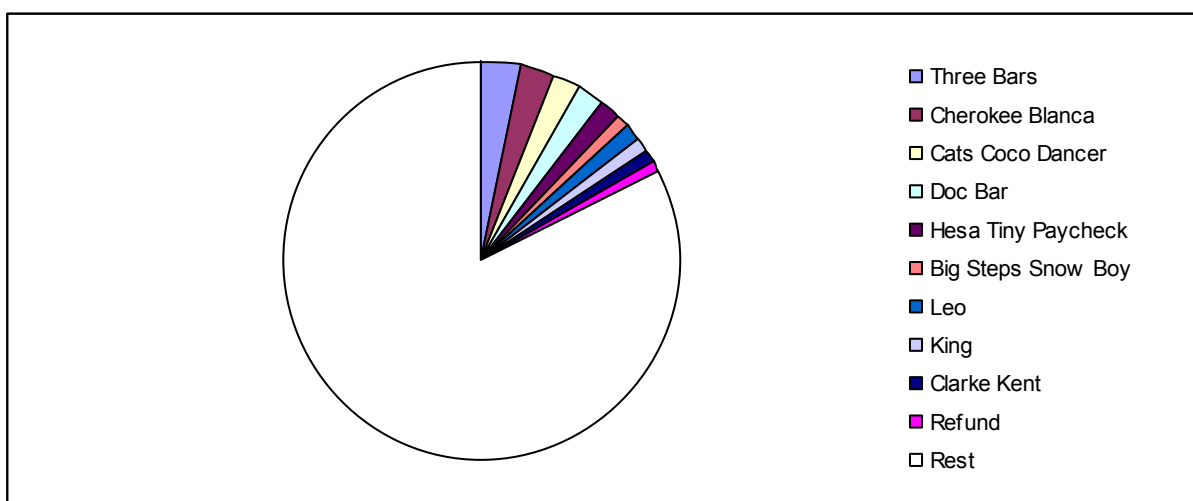


Abbildung 22: Die 10 wichtigsten Ahnen der Referenzpopulation 2
(2000 – 2009, nach Aufbau des Pedigrees).

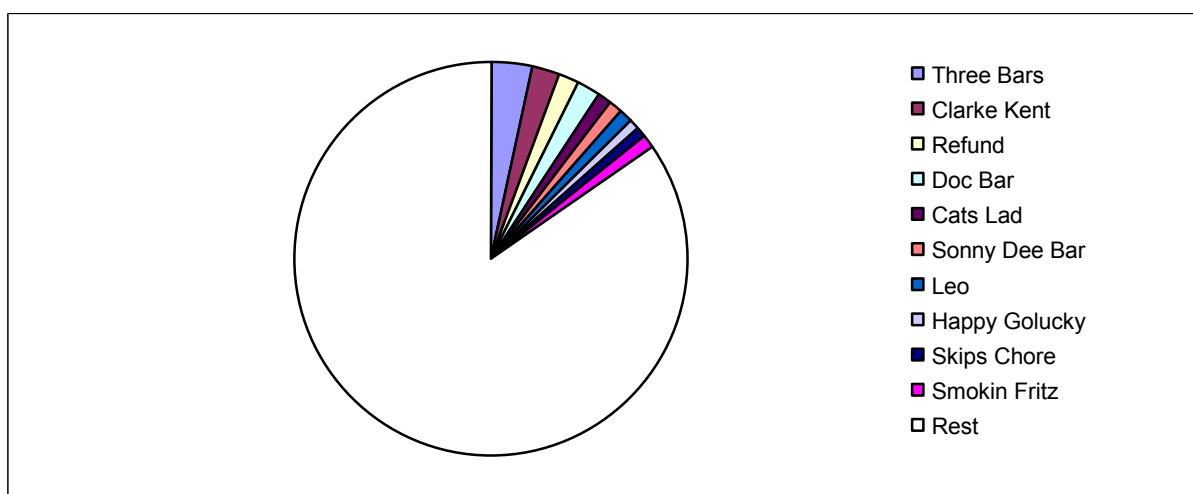


Abbildung 23: Die 10 wichtigsten Ahnen der Referenzpopulation 3
(1990 – 1999, nach Aufbau des Pedigrees).

Rangkorrelation

Für die 500 wichtigsten Ahnen der drei Referenzpopulationen wurden die Rangkorrelationen zwischen den Referenzpopulationen 1 und 2 sowie zwischen den Referenzpopulationen 2 und 3 ermittelt. Die Berechnung erfolgte mittels des Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman. Zwischen den Referenzpopulationen 1 und 2 ergibt sich eine Rangkorrelation von 0,97709. Dieser sehr hohe Wert deutet auf keine sehr starken Verschiebungen innerhalb der 500 bedeutendsten Ahnen hin. Je höher der Wert des Rangkorrelationskoeffizienten, desto weniger Verschiebungen haben sich bei den Rängen der Ahnen ergeben. Bei den 500 für die Berechnung berücksichtigten Tieren sind 482 in beiden Referenzpopulationen zu finden. Beim Vergleich der Referenzpopulationen 2 und 3 zeigt sich, dass unter den 500 wichtigsten Ahnen 169 Tiere in beiden Populationen vorhanden sind. Der Rangkorrelationskoeffizient liegt deutlich niedriger und beträgt 0,60548.

6.1.5 Rassen- und Farbverteilung

Die folgenden Darstellungen geben einen Überblick über die Rassen- und Farbverteilung der jeweils 500 wichtigsten Ahnen der drei Referenzpopulationen. Tiere mit fehlenden Informationen wurden nicht berücksichtigt. Die Abbildungen 14, 15 und 16 zeigen den Anteil der Rassen Paint Horse, Quarter Horse und Englisches Vollblut für die 500 bedeutendsten Ahnen. Grundsätzlich sind keine sehr auffälligen Veränderungen vorhanden. In der aktuellen Zuchtpopulation (Ref. 2) stammen mehr Tiere von Paint Horses ab, als es 10 Jahre (Ref. 3) zuvor der Fall war. Der Anteil an Quarter Horses und Englischen Vollblütern unter den wichtigsten Ahnen hat leicht abgenommen. Die Häufigkeit der verschiedenen Fellfarben zeigt bei allen wichtigsten Ahnen der drei Referenzpopulationen ein ähnliches Bild (Abbildungen 17, 18 und 19). Bis auf einzelne Ausnahmen – Cremellos (kommen nur bei den Ahnen der aktuellen Zuchtpopulation vor), Grullos und Blue Roans (sind nur bei den wichtigsten Ahnen in der Referenzpopulation 3 vorhanden) – kommen die gleichen Farben vor. Am häufigsten kommt die Farbe Sorrel mit einem Anteil von rund 40 % vor. Bay (20 %), Black (15 %), Chestnut (9 %) und Brown (5 %) sind weitere häufig vorkommende Farben. Betrachtet man die Häufigkeit der diversen Scheckzeichnungen, ist ein Zuwachs der Solids, also der einfarbigen Paints, unter den wichtigsten Ahnen in den letzten 10 Jahren zu erkennen (Abbildungen 20, 21 und 22). Der Anteil stieg von 6,3% bei den wichtigsten Ahnen in Referenzpopulation 3 auf 9,4 % bei den wichtigsten Ahnen in der aktuellen Zuchtpopulation (Ref. 2) an. Die Tobiano-Scheckung überwiegt mit rund 50 %, Overos kommen zu etwa 36 % vor und Toveros sind mit 5% am seltensten. Betrachtet man Farbe und Scheckung in Kombination, zeigt sich, dass bei Sorrel und Chestnut Overos etwas häufiger sind als Tobianos. Bei Bay, Black und Brown kommt die Tobiano-Scheckung häufiger vor.

Rassenverteilung

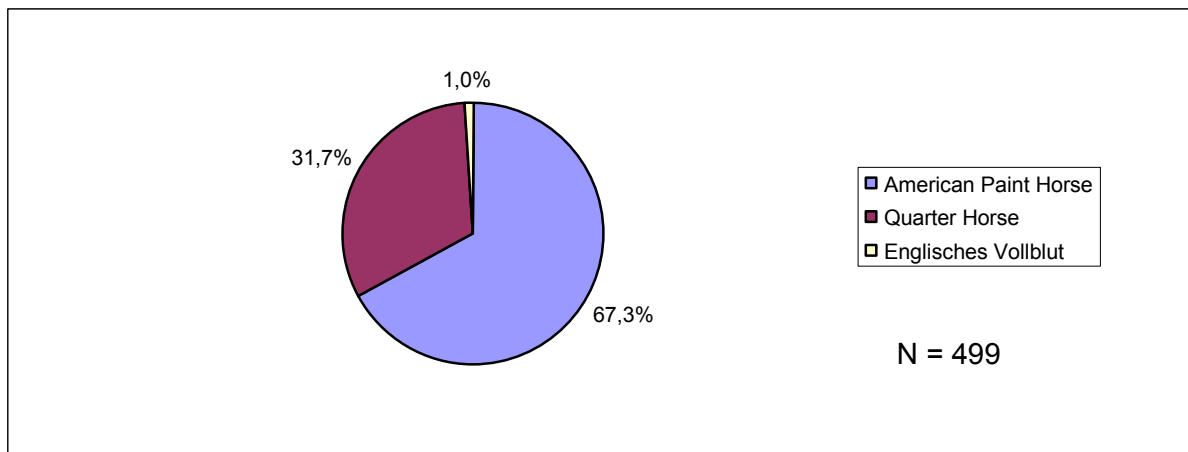


Abbildung 24: Rassenverteilung der wichtigsten Ahnen in der Referenzpopulation 1 (2000 – 2009, vor Aufbau des Pedigrees).

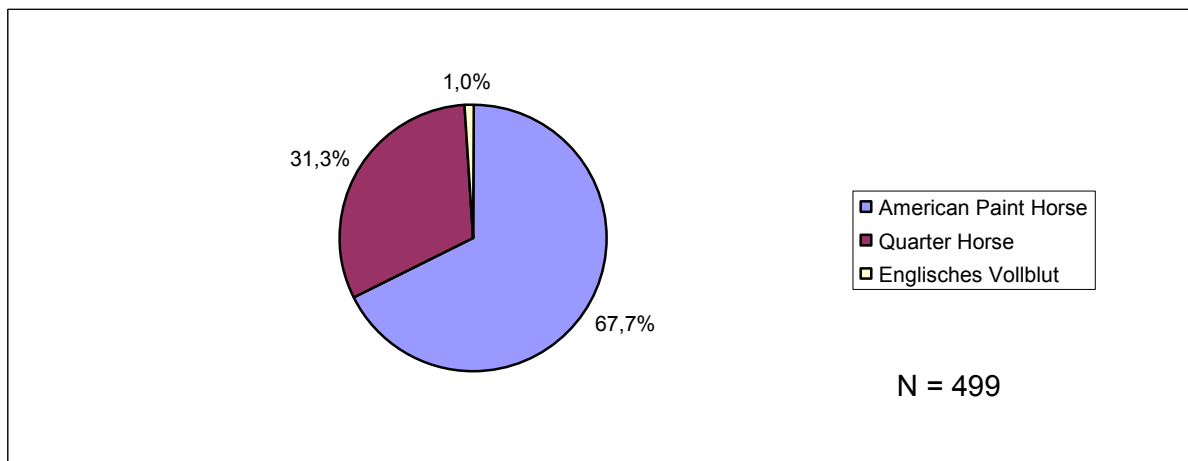


Abbildung 25: Rassenverteilung der wichtigsten Ahnen in der Referenzpopulation 2 (2000 – 2009, nach Aufbau des Pedigrees).

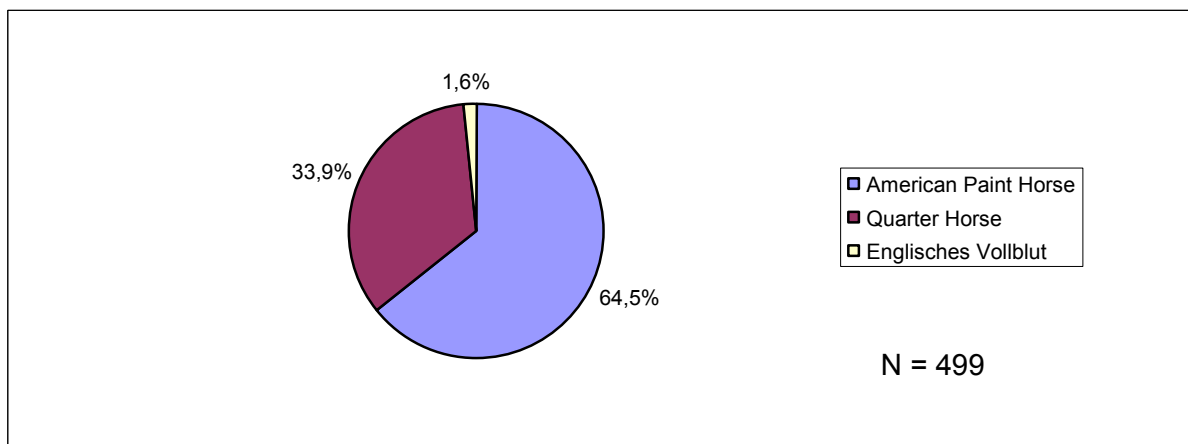


Abbildung 26: Rassenverteilung der wichtigsten Ahnen in der Referenzpopulation 3 (1990 – 1999, nach Aufbau des Pedigrees).

Farbverteilung

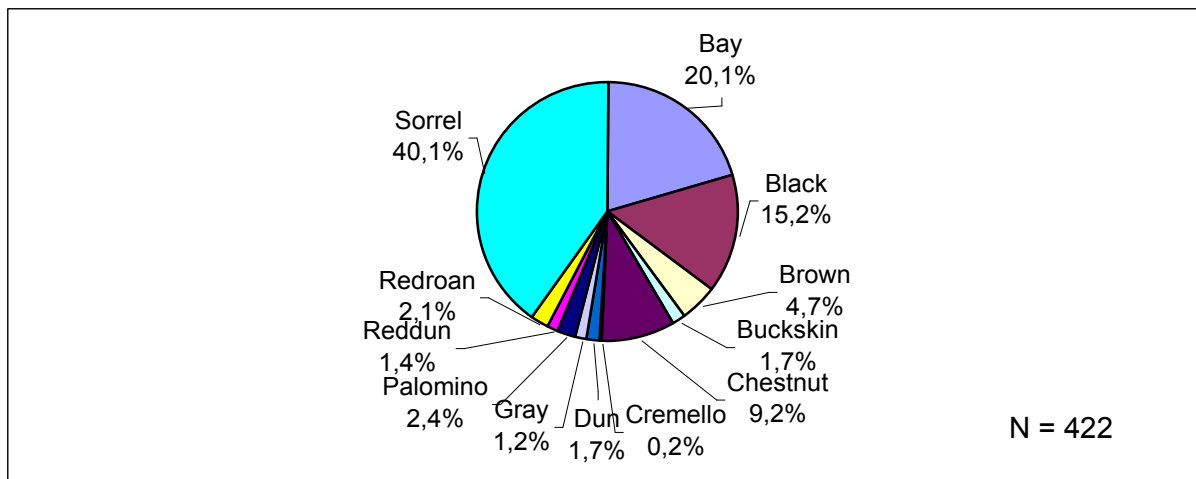


Abbildung 27: Farbverteilung der wichtigsten Ahnen in der Referenzpopulation 1 (2000 – 2009, vor Aufbau des Pedigrees).

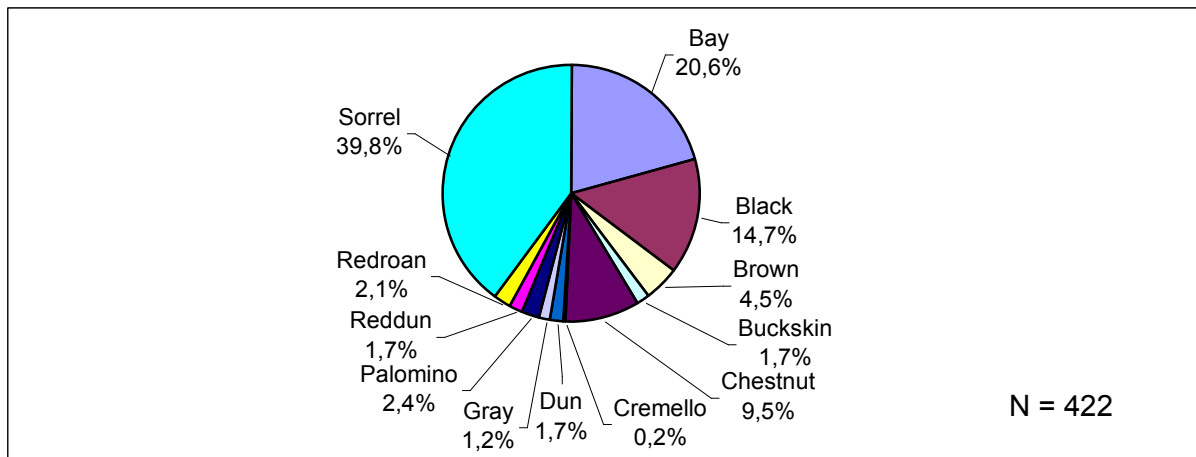


Abbildung 28: Farbverteilung der wichtigsten Ahnen in der Referenzpopulation 2 (2000 – 2009, nach Aufbau des Pedigrees).

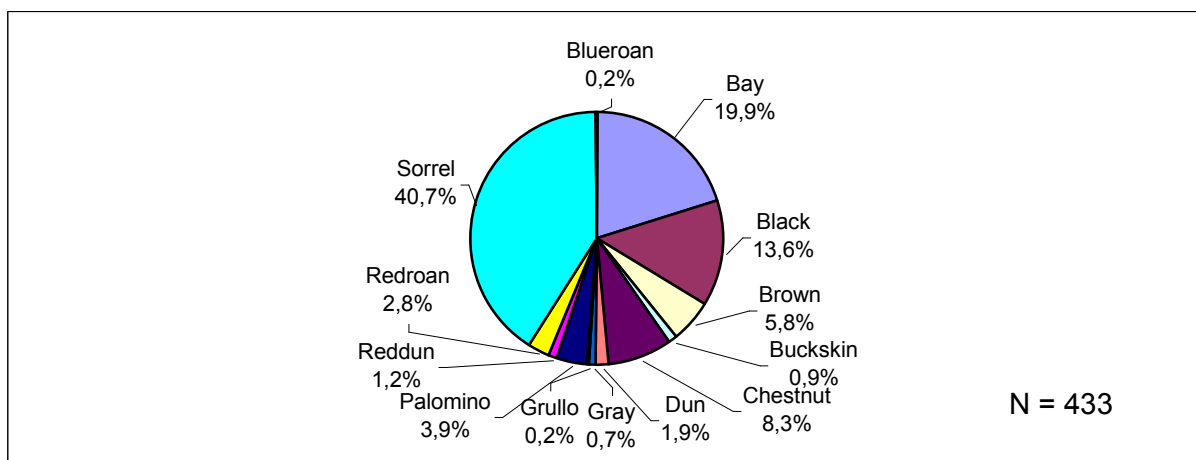


Abbildung 29: Farbverteilung der wichtigsten Ahnen in der Referenzpopulation 3 (1990 – 1999, nach Aufbau des Pedigrees).

Verteilung der Scheckzeichnungen

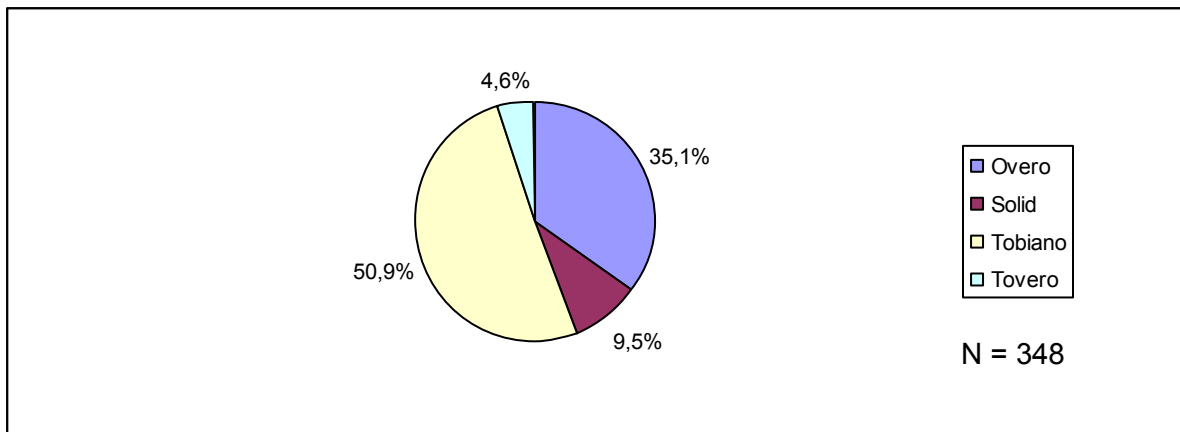


Abbildung 30: Verteilung der Scheckungsarten der wichtigsten Ahnen in der Referenzpopulation 1 (2000 – 2009, vor Aufbau des Pedigrees).

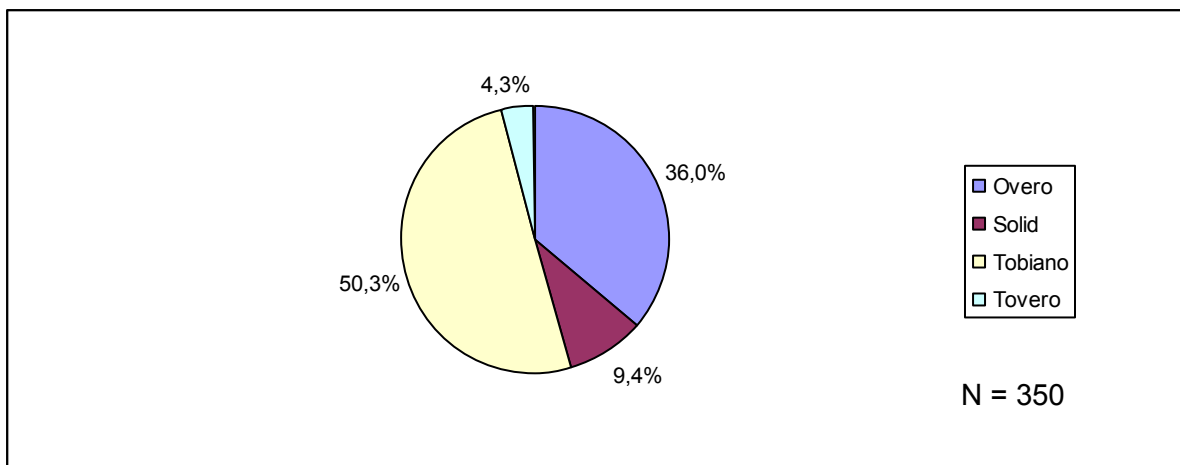


Abbildung 31: Verteilung der Scheckungsarten der wichtigsten Ahnen in der Referenzpopulation 2 (2000 – 2009, vor Aufbau des Pedigrees).

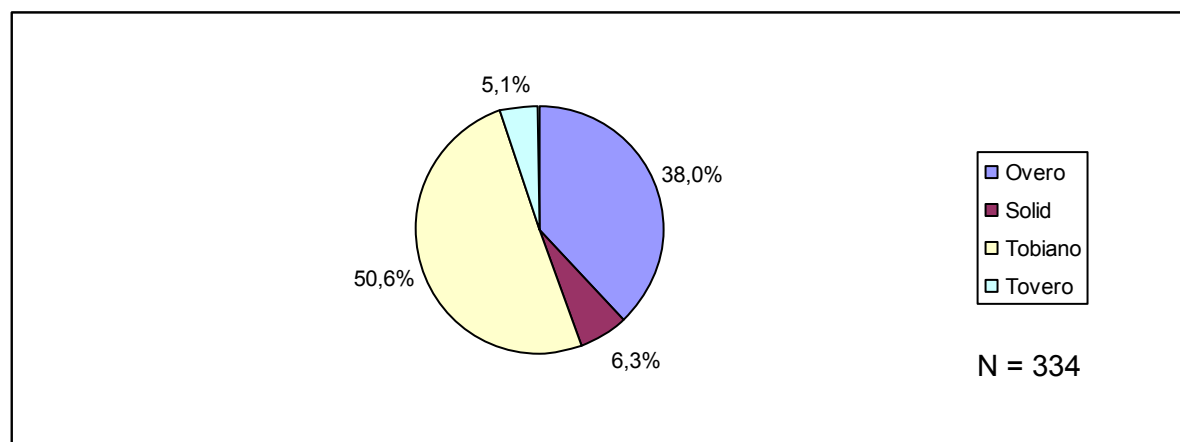


Abbildung 32: Verteilung der Scheckungsarten der wichtigsten Ahnen in der Referenzpopulation 3 (1990 – 1999, nach Aufbau des Pedigrees).

Farbe und Scheckung

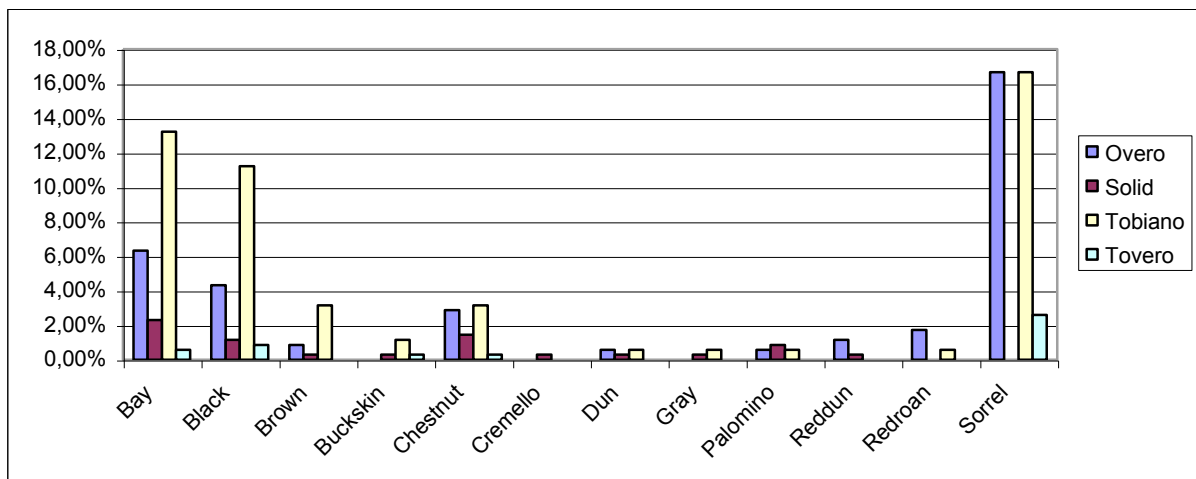


Abbildung 33: Verhältnis von Farbe und Scheckung der wichtigsten Ahnen in der Referenzpopulation 1 (2000 – 2009, vor Aufbau des Pedigrees).

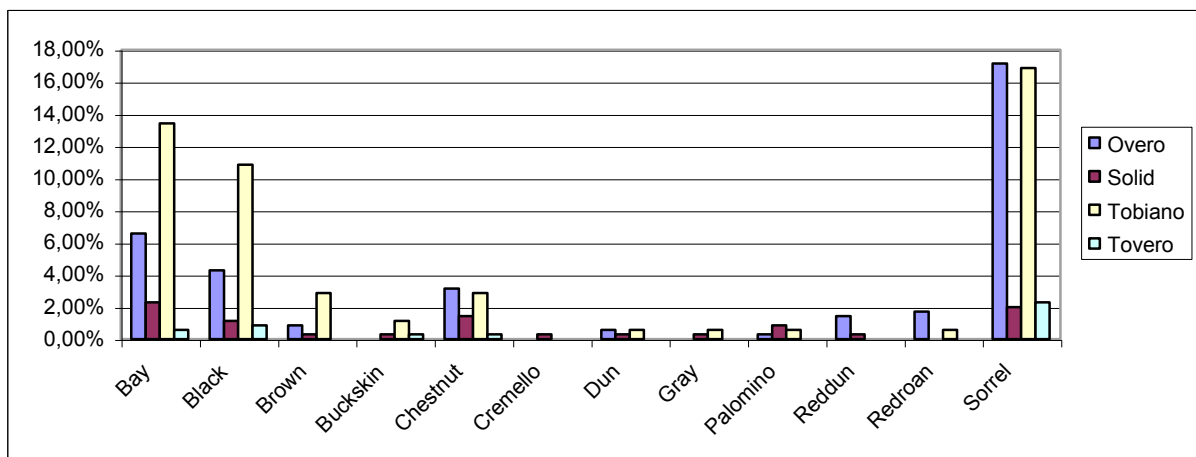


Abbildung 34: Verhältnis von Farbe und Scheckung der wichtigsten Ahnen in der Referenzpopulation 2 (2000 – 2009, nach Aufbau des Pedigrees).

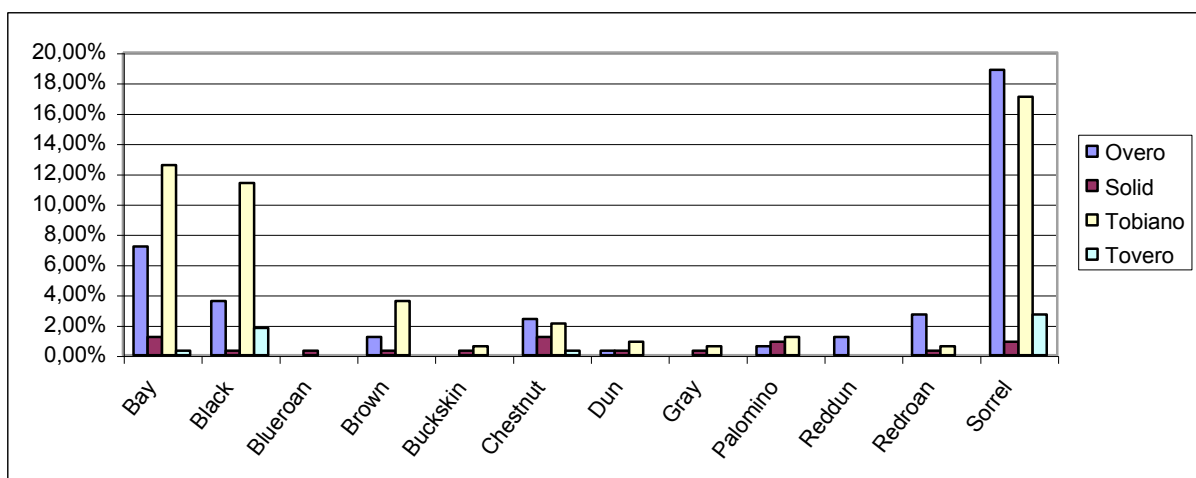


Abbildung 35: Verhältnis von Farbe und Scheckung der wichtigsten Ahnen in der Referenzpopulation 3 (1990 – 1999, nach Aufbau des Pedigrees).

6.1.6 Schlussfolgerungen

Basierend auf den Abstammungsdaten der deutschen Paint-Horse-Population wurde eine Analyse des Pedigrees durchgeführt. Um eine bessere Qualität des Pedigrees zu erreichen, wurde das zur Verfügung gestellte Originalpedigree ausgehend von den wichtigsten Ahnen um 257 Tiere aufgebaut. Ein Grund für die Lücken im Originalpedigree ist, dass bei aus den USA importierten Tieren lediglich fünf Generationen mitgeliefert werden. Die fehlenden Verknüpfungen wirken sich auf die Qualität des Pedigrees aus. In dieser Studie sollen Veränderungen aufgezeigt werden, die durch eine verbesserte Datengrundlage erreicht werden können. Zu diesem Zweck wurden zwei Referenzpopulation mit den Jahrgängen 2000 bis 2009 gebildet. Referenzpopulation 1 wurde auf Basis des Originalpedigrees, Referenzpopulation 2 mit dem aufgebauten Pedigree definiert. Die Qualität der Abstammungsdaten hat einen Einfluss auf die Zuverlässigkeit der errechneten Inzuchtkoeffizienten und der Diversitätskennzahlen. Die Qualität des Pedigrees der deutschen Paint-Horse-Population wird durch den Aufbau von bereits relativ wenigen Tieren beeinflusst. Das durchschnittliche komplette Generationsäquivalent steigt von 4,32 auf 4,77. Die Beiträge der Gründertiere sind also ausgeglichener, als es auf Grund des Originalpedigrees zu vermuten wäre. Die Qualität des Pedigrees und somit die Zuverlässigkeit der Kennzahlen hat sich durch die Erweiterung verbessert und könnte durch einen weiteren Aufbau noch bessere Aufschlüsse liefern. Bei den bekannten Ahnen pro Generation ist ein eindeutiger Anstieg der Werte zu erkennen. Während aufgrund der Daten des Originalpedigrees in der zehnten Generation nur noch 0,02 % der Ahnen bekannt sind, steigert sich dieser Wert nach Aufbau des Pedigrees auf 2,3 %. Betrachtet man die Kennzahlen zur Inzucht, ist ebenfalls eine nicht unerhebliche Veränderung ersichtlich. Vor Aufbau des Pedigrees wurden 597 Tiere in der Referenzpopulation als ingezüchtet erkannt, im erweiterten Pedigree steigt die Anzahl der ingezüchteten Tiere auf 1182. Der durchschnittliche Inzuchtkoeffizient steigt von 0,42 % auf 0,49 %. Es ist zu vermuten, dass sich der Grad der Inzucht bei einem weiteren Aufbau des Pedigrees nochmals steigert. mit Veränderungen zeigen sich auch bei den Diversitätskennzahlen. In der Referenzpopulation 1 scheinen 4216 Gründertiere auf, in der Referenzpopulation 2 sind es 4341. Deutlicher ist der Unterschied bei den effektiven Gründertieren: 561 vor Aufbau und 963 nach Aufbau des Pedigrees. Bei den effektiven Ahnen zeigt sich ein anderes Bild. Vor Aufbau des Pedigrees war diese

Kennzahl mit 208 Tieren größer als danach mit 186. Für die effektiven Gründergenome zeigt sich ein ähnliches Bild: 139 in Ref. 1 und 119 in Ref. 2. Durch den Aufbau des Pedigrees wurden Flaschenhalseffekte und genetischer Drift vermehrt berücksichtigt, was zu einem Sinken der beiden Kennzahlen effektive Ahnen und effektive Gründergenome führte. Bei den 10 wichtigsten Ahnen der deutschen Paint-Horse-Population sind ebenfalls teils große Veränderungen zu beobachten. Um die Hälfte des Genpools zu erklären, sind in Ref. 1 124 Tiere nötig, in Ref. 2 sinkt dieser Wert auf 120 Tiere. Ein weiteres Sinken dieser Kennzahl ist bei einer besseren Ergänzung des Pedigrees zu erwarten. Vergleicht man die 10 wichtigsten Ahnen vor und nach Aufbau des Pedigrees, erkennt man, dass Tiere neu hinzukamen, aus den wichtigsten Ahnen verschwanden, oder sich ihr Rang innerhalb der 10 wichtigsten verändert hat. Im erweiterten Pedigree ist der englische Vollbluthengst Three Bars der wichtigste Ahne mit einem genetischen Beitrag von 3,40 % zur Gesamtpopulation. Doc Bar, der Quarter-Horse-Hengst, der laut den Berechnungen auf Basis des Originalpedigrees der wichtigste Ahne war, fällt auf Rang 4 und verliert somit an etwas an Einfluss. Die Genanteile, die im ursprünglichen Pedigree Doc Bar zugeordnet wurden, werden im erweiterten Pedigree bereits von seinem Vorfahren Three Bars erklärt. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass bereits ein relativ geringer Aufbau des Pedigrees der deutschen Paint Horse Population sichtbare Veränderungen bei den errechneten Kennzahlen gezeigt hat. Die Qualität des Pedigrees konnte verbessert und die Zuverlässigkeit der berechneten Werte somit gesteigert werden. Das Pedigree ist jedoch nach wie vor als lückenhaft anzusehen und ein weiterer Aufbau wird empfohlen, um eine noch bessere Datengrundlage zu erhalten. Bei der Analyse von Pedigrees mit dem Zweck, die Diversität in Pferderassen oder Nutztierassen zu erklären, ist man auf eine möglichst gute Datengrundlage angewiesen, um zuverlässige und aussagekräftige Kennzahlen produzieren zu können.

6.2 Vergleich mit anderen Pferderassen

6.2.1 Qualität des Pedigrees

Tabelle 9 gibt einen Überblick über die errechneten durchschnittlichen kompletten Generationsäquivalente in vorangegangenen Arbeiten. Die angeführten Rassen werden in diesem Kapitel mit den Ergebnissen der aktuellen deutschen Paint-Horse-Zuchtpopulation (Referenzpopulation 2) verglichen.

Tabelle 9: Kennzahlen zur Qualität des Pedigrees unterschiedlicher Pferderassen (gesamte Anzahl der Tiere im Pedigree, Referenzpopulation mittels denen das durchschnittliche komplette Generationsäquivalent berechnet wurde, durchschnittliches komplettes Generationsäquivalent)

Pferderasse	Tiere im Pedigree	Referenzpopulation	Ø Gen.äquivalent
Paint Horse	14.570	2000-2009	4,77
Isländer ¹	325.044	2009	7,70
Døle ²	31.142	1990-1998	10,50
Nordland/Lyngen ²	1.973	1990-1998	7,20
Haflinger ³	10.985	1997-2004	7,34
Shagya Araber ⁴	2.162	2000-2006	7,94
Hannoveraner ⁵	310.109	1980-2000	8,43
Spanische Araber ⁶	18.880	1995-2004	7,90
Noriker ⁷	13.035	2000-2004	12,28
Andalusier ⁸	75.389	gesamtes Pedigree	8,26
Lipizzaner ⁹	3.867	566 Zuchttiere	15,22

¹ Geng (2010)

² Olsen et al. (2010)

³ Preinerstorfer (2009)

⁴ Glaeser (2008)

⁵ Haman und Distl (2008)

⁶ Cervantes et al. (2008)

⁷ Druml (2006)

⁸ Valera et al. (2005)

⁹ Zechner et al. (2002)

Die Anzahl der Tiere im Pedigree variiert von 2162 in der Shagya-Araber-Population bis zu 325 044 Pferden in der Isländer-Population sehr stark. Das Paint Horse verfügt mit durchschnittlich nicht ganz 5 bekannten Generationen im Vergleich mit allen anderen hier angeführten Rassen über die schlechteste Pedigree-Qualität. Dieser Umstand lässt sich auf viele Lücken im Pedigree und die fehlende Abstimmung der Daten mit dem Ursprungszuchtbuch der American Paint Horse Association zurückführen. Letztere ist bedingt dadurch, dass bei aus den USA importierten Tieren nur 5 Generationen mitgeliefert werden. Die Vergleichsmöglichkeit ist durch die teilweise sehr unterschiedlichen Ergebnisse eingeschränkt. Geng (2010) beschreibt für die 2009 in Deutschland geborenen Isländer ein durchschnittliches komplettes Generationsäquivalent von knapp 8. Die Haflinger-Population in Österreich weist maximal 24 bekannte Generationen auf. Das durchschnittliche komplette Generationsäquivalent für die Referenzpopulation wurde von Preinerstorfer (2009) mit 7 errechnet. In der zweiten Generation waren für den Haflinger noch 99 % der Abstammungsinformationen vorhanden, in der zehnten Generation reduzierte sich dieser Wert jedoch auf 14 %. Die Shagya-Araber-Population in Österreich weist mit knapp 8 eine ähnliche Pedigree-Qualität auf. Glaeser (2008) konnte in der dritten Generation noch bis zu 99 % der Ahnen nachweisen. In der achten Generation waren noch 54 % der Ahnen bekannt. Olsen et al. (2010) beschreiben für die gefährdete norwegische Pferderasse Nordland/Lyngen ein durchschnittliches komplettes Generationsäquivalent von 7,2. Diese Rasse ist gut mit dem Shagya vergleichbar, da sie ähnlich viele Tiere im Pedigree aufweist. Für die ebenfalls norwegische Rasse Døle wird ein Generationsäquivalent von 10,5 beschrieben. Haman und Distl (2008) geben für den Hannoveraner ein durchschnittliches komplettes Generationsäquivalent von rund 8 an. In ihrer Studie über spanische Araber beschreiben Cervantes et al. (2008) ebenfalls durchschnittlich knapp 8 bekannte Generationen bei Betrachtung des gesamten Pedigrees. Der Noriker, eine gefährdete österreichische Kaltblutrasse, weist mit rund 12 bekannten Generationen eine sehr gute Qualität des Pedigrees auf. Auch die Tiefe des Pedigrees ist mit bis zu 31 bekannten Generationen beachtlich. Beim Noriker sind in der neunten Generation noch bis zu 90 % der Ahnen bekannt. Eine Reduktion der Abstammungsdaten auf 50 % findet erst ab der 13. Generation statt (Druml, 2006). Valera et al. (2005) geben in ihrer Studie über den Andalusier ein durchschnittliches komplettes Generationsäquivalent von rund 8 an. Für diese Rasse sind bis zur fünften Generation noch 90 % der Abstammungsdaten bekannt, ab der zeh-

ten Generation sinken die bekannten Ahnen auf etwa 33 %. Der Lipizzaner weist wie der Noriker eine relativ geringe Anzahl an Tieren im Pedigree auf. Wie der Noriker hat auch der Lipizzaner mit durchschnittlich 15 bekannten Generationen eine hohe Pedigree-Qualität. In der neunten Generation sind 92 % der Abstammungsdaten vorhanden, in der 13. Generation sind immerhin noch 80% der Ahnen bekannt. Der Lipizzaner weist maximal beachtliche 32 bekannte Generationen auf. Von den hier angeführten Pferderassen sind Isländer, Haflinger, Shagya-Araber, Hannoveraner und Andalusier aufgrund der ähnlichen Pedigree-Qualität gut vergleichbar. Der Vergleich mit dem Paint Horse ist aufgrund des geringeren durchschnittlichen kompletten Generationsäquivalents nur bedingt möglich.

6.2.2 Inzuchtkoeffizient

Tabelle 10 gibt einen Überblick über Inzuchtkoeffizienten verschiedener Pferderassen. Aufgeführt sind die durchschnittlichen Inzuchtkoeffizienten für alle Generationen und – wo vorhanden – über fünf Generationen.

Tabelle 10: Inzuchtkoeffizienten für alle Generationen (F_{All}) und für fünf Generationen (F_5) für verschiedene Pferderassen.

Pferderasse	F	F_5
Paint Horse	0,49 %	0,41 %
Isländer ¹	2,80 %	-
Døle ²	11,75 %	-
Nordland/Lyngen ²	12,77 %	-
Haflinger ³	4,08 %	1,64 %
Shagya Araber ⁴	3,20 %	2,05 %
Hannoveraner ⁵	1,33 %	-
Spanische Araber ⁶	9,8 %	5,2 %
Noriker ⁷	5,01 %	1,21 %
Andalusier ⁸	8,06 %	1,33 %
Lipizzaner ⁹	10,81 %	2,06 %

¹ Geng (2010)

² Olsen et al. (2010)

³ Preinerstorfer (2009)

⁴ Glaeser (2008)

⁵ Haman und Distl (2008)

⁶ Cervantes et al. (2008)

⁷ Druml (2006)

⁸ Valera et al. (2005)

⁹ Zechner et al. (2002)

Der durchschnittliche Inzuchtkoeffizient ist beim Paint Horse mit 0,49 % für alle Generationen und 0,41 % für fünf Generationen im Vergleich mit anderen Pferderassen

sehr niedrig. Diese Werte würden auf eine große genetische Diversität in der Paint-Horse-Population schließen lassen. Zu bedenken ist jedoch, dass die Qualität des Pedigrees für die errechneten Inzuchtkoeffizienten eine wichtige Rolle spielt. Mit einem durchschnittlichen kompletten Generationsäquivalent von nur knapp 5 sind die Ergebnisse für den Inzuchtkoeffizienten beim Paint-Horse kritisch zu hinterfragen. Für die Pferderassen Isländer (2,80 %; Geng, 2010), Haflinger (4,08 %; Preinerstorfer, 2009), Shagya-Araber (3,20 %; Glaeser, 2008), Hannoveraner (1,33%; Haman und Distl, 2008) und Noriker (5,01 %; Druml, 2006) werden realistischere Werte betreffend den durchschnittlichen Inzuchtkoeffizienten beschrieben. Die spanischen Araber weisen mit einem Inzuchtkoeffizienten von 9,8 % (Cervantes et al., 2008) genauso wie die Andalusier mit 8,06 % (Valera et al., 2005) höhere Werte auf. Ein hoher durchschnittlicher Inzuchtkoeffizient wurde von Zechner et al. (2002) für den Lipizzaner beschrieben (10,81 %). Die höchsten Inzuchtkoeffizienten weisen das norwegische Døle-Pferd (11,75 %) und das Nordland/Lyngen (12,77 %) auf. Je höher der Wert des Inzuchtkoeffizienten ist, desto eingeschränkter ist die genetische Diversität innerhalb einer Population. Wie eingangs schon erwähnt, ist der Inzuchtkoeffizient jedoch immer im Zusammenhang mit der Qualität des Pedigrees zu betrachten. Je mehr Generationen im Pedigree bekannt sind, desto besser ist die Aussagekraft des durchschnittlichen Inzuchtkoeffizienten und desto eher ist Inzucht zu erkennen.

6.2.3 Effektive Anzahl Gründertiere, effektive Anzahl Ahnen und effektive Anzahl Gründergenome

Tabelle 11 gibt einen Überblick über die Diversitätskennzahlen verschiedener Pferderassen. Die dargestellten Kennzahlen ermöglichen einen Vergleich mit den Ergebnissen der aktuellen Paint-Horse-Zuchtpopulation.

Tabelle 11: Diversitätskennzahlen verschiedener Pferderassen (Anzahl Gründertiere (f), effektive Anzahl Gründertiere(f_e), effektive Anzahl Ahnen (f_a), effektive Anzahl Gründergenome (N_g)).

Pferderasse	F	f_e	f_a	N_g
Paint Horse	4.341	963	186,1	118,5
Isländer ¹	5.692	143,4	44	22
Døle ²	770	48	12	5,4
Nordland/Lyngen ²	42	14	7	3,7
Haflinger ³	1.203	42,1	29,5	11,6
Shagya Araber ⁴	531	150	41	16
Hannoveraner ⁵	244,9	-	-	-
Spanische Araber ⁶	1.626	38,6	19	-
Noriker ⁷	1.991	117,2	29,3	10,63
Andalusier ⁸	1.948,5	39,6	16,5	-
Lipizzaner ⁹	457	48,2	26,2	6

¹ Geng (2010)

² Olsen et al. (2010)

³ Preinerstorfer (2009)

⁴ Glaeser (2008)

⁵ Haman und Distl (2008)

⁶ Cervantes et al. (2008)

⁷ Druml (2006)

⁸ Valera et al. (2005)

⁹ Zechner et al. (2002)

Bei einer Anzahl von 14 570 Tieren im Pedigree wurden für das Paint Horse 4341 Gründertiere, 963 effektive Gründertiere, 186 effektive Ahnen und 119 Gründergenome errechnet. Im Vergleich zu anderen Pferderassen sind das sehr hohe Werte. Aufgrund der hohen Diversitätskennzahlen ist eine ausreichende genetische Vielfalt in dieser Rasse anzunehmen. Zu bedenken gilt es jedoch die relativ geringe Qualität des Pedigrees mit einem durchschnittlichen kompletten Generationsäquivalent von nur 5. Lediglich der Isländer verfügt mit 5692 Tieren über eine höhere Anzahl an totalen Gründertieren als das Paint Horse (Geng, 2010). Der Isländer verfügt mit 325 044 Tieren jedoch über ein weit umfangreicheres Pedigree. Im Vergleich zu der hohen Anzahl an Gründertieren ist die Anzahl der effektiven Gründertiere relativ niedrig, obwohl die Werte für die effektiven Gründertiere, die effektiven Ahnen und die effektiven Gründergenome verglichen mit anderen Pferderassen als gut einzustufen sind. Auch beim Haflinger (Preinerstorfer, 2009), den Spanischen Arabern (Cervantes et al., 2008) und dem Andalusier (Valera et al., 2005) ist nach einer hohen Anzahl an totalen Gründertieren ein starkes Absinken der Anzahl der effektiven Gründertiere zu beobachten. Bezieht man die Anzahl der Tiere ins Pedigree ein, so ist beim Haflinger mit 10 985 Tieren und bei den Spanischen Arabern mit 18 880 Tieren eine größere genetische Vielfalt anzunehmen, als beim Andalusier mit über 75 000 Tieren im Pedigree. Die Pedigree-Qualität ist für diese drei Rassen mit einem durchschnittlichen kompletten Generationsäquivalent von rund 8 gleich. Für den Hannoveraner wurde von Haman und Distl (2008) eine Anzahl von 245 Gründertieren beschrieben. Betrachtet man diesen Wert unter Rücksichtnahme auf die sehr große Anzahl von über 310 000 Tieren im Pedigree, ist die genetische Vielfalt in dieser Rasse als relativ klein einzustufen. Die effektive Anzahl Gründertiere wurde in der vorliegenden Studie nicht berechnet, wodurch ein weitergehender Vergleich mit den anderen Pferderassen nicht möglich ist. Glaeser (2008) errechnete für den Shagya-Araber 531 Gründertiere, 150 effektive Gründertiere, 41 effektive Ahnen und 16 effektive Gründergenome. Im Verhältnis zu der relativ geringen Anzahl von Tieren im Pedigree weist der Shagya-Araber hohe Werte auf. Der Noriker verfügt über etwa 13 000 Tiere im Pedigree, die auf 1991 Gründertiere zurückgehen (Druml, 2000). Die genetische Variabilität ist in dieser Rasse somit als ausreichend einzustufen. Für den Lipizzaner wurden von Zechner et al. (2002) 457 Gründertiere berechnet. Die Zahl der effektiven Gründertiere beträgt jedoch nur mehr 48. Die Anzahl der effektiven Ahnen beträgt 26, die Anzahl der effektiven Gründergenome 6. Sehr niedrige Diversitätskennzahlen

sind bei den beiden norwegischen Rassen Døle und Nordland/Lyngen zu finden. Nach 770 Gründertieren sinkt beim Døle-Pferd die Anzahl der effektiven Gründertiere auf nur 48. Die Anzahl der effektiven Ahnen beträgt 12 und die in der Population verbliebenen effektiven Gründergenome nur mehr 5,4. Das gefährdete Nordland/Lyngen-Pferd verfügt mit 42 Tieren über die geringste Anzahl von Gründern. Die effektiven Gründergenome sinken in dieser Pferderasse auf 3,7 (Olsen et al., 2010).

6.2.4 Marginale Genanteile der wichtigsten Ahnen

Tabelle 12 stellt einen Überblick über die Genanteile der drei wichtigsten Ahnen sowie die Anzahl der Tiere, die 50 % des Genpools erklären dar. Mittels der Höhe der Genanteile der wichtigsten Ahnen kann die genetische Vielfalt innerhalb einer Population eingeschätzt werden. Je mehr Ahnen nötig sind, um 50 % des Genpools zu erklären, desto größer ist die Diversität in der entsprechenden Population.

Tabelle 12: Marginale Genanteile der drei wichtigsten Ahnen; Anzahl der Ahnen, die 50% der genetischen Diversität einer Population erklären.

Pferderasse	1. Ahne	2. Ahne	3. Ahne	Anzahl 50 %
Paint Horse	3,40 %	2,76 %	2,31 %	120
Isländer ¹	7,59 %	7,18 %	6,10 %	19
Døle ²	21,67 %	15,89 %	6,6 %	-
Nordland/Lyngen ²	26,13 %	14,83 %	13,82 %	-
Haflinger ³	11,95 %	8,47 %	7,66 %	13
Shagya Araber ⁴	7,42 %	5,15 %	5,02 %	15
Spanische Araber ⁵	16,80 %	16,30 %	7,80 %	5
Noriker ⁶	12,90 %	7,90 %	6,70 %	10
Andalusier ⁷	15,77 %	12,62 %	6,27 %	6
Lipizzaner ⁹	10,74 %	8,67 %	6,73 %	8

¹ Geng (2010)

² Olsen et al. (2010)

³ Preinerstorfer (2009)

⁴ Glaeser (2008)

⁵ Haman und Distl (2008)

⁶ Cervantes et al. (2008)

⁷ Druml (2006)

⁸ Valera et al. (2005)

⁹ Zechner et al. (2002)

In der deutschen Paint-Horse-Population erklärt der wichtigste Ahne 3,40 % des gesamten Genpools. Der zweite und der dritte Ahne haben Genanteile von 2,76 % und 2,31%. Diese Werte liegen unter denen von anderen Pferderassen. Um 50% des Genpools zu erklären, sind beim Paint Horse 120 Tiere nötig. Dies ist der mit Abstand höchste Wert aller hier angeführten Pferderassen. Gut vergleichbar sind die Werte vom Isländer und Shagya-Araber mit 7,59 % bzw. 7,42 % für den jeweils wichtigsten Ahnen. Beim Isländer erklären 19 Tiere 50 % des Genpools (Geng, 2010), beim Shagya-Araber sind dazu 15 Tiere nötig (Glaeser, 2008). Der Isländer verfügt jedoch im Unterschied zum als gefährdet eingestuften Shagya-Araber über ein ungleich umfangreicheres Pedigree. Beim Haflinger hat der wichtigste Ahne einen Genanteil von 11,95 %. 13 Tiere erklären die Hälfte des gesamten Genpools der österreichischen Population dieser Rasse. Bei den als gefährdet definierten Rassen Noriker und Haflinger sind es nur 10 (Druml, 2006) bzw. 8 Tiere (Zechner et al., 2002), die 50 % des Genpools erklären. Cervantes et al. (2008) beschreiben für die spanischen Araber eine relativ geringe genetische Diversität. Der erste Ahne erklärt bereits 16,80 % der gesamten Genanteile in dieser Population. Lediglich 5 Tiere beschreiben die Hälfte des Genpools. Ähnliche Werte werden von Valera et al. (2005) für die ebenfalls spanische Rasse der Andalusier beschrieben. 50 % des Genpools werden von 6 Tieren erklärt, der erste Ahne hat einen Genanteil von fast 16 %. Olsen et al. (2010) beschreiben für die beiden norwegischen Rassen Døle und Nordland/Lyngen sehr hohe Werte bei den genetischen Beiträgen der wichtigsten Ahnen. Der wichtigste Ahne weist einen Genanteil von 21,67 % (Døle) bzw. sogar 26,13 % (Nordland/Lyngen) auf.

6.2.4 Schlussfolgerungen

Im Vergleich zu anderen Pferderassen weist die deutsche Paint-Horse-Population eine schlechte Pedigreequalität auf. Das errechnete durchschnittliche komplette Generationsäquivalent ist mit 4,77 das mit Abstand geringste der hier angeführten Pferderassen. Dieser Umstand mindert die Zuverlässigkeit aller für die Paint-Horse-Population berechneten Kennzahlen. Die folgenden Werte sind darum mit Vorbehalt zu betrachten. Für die aktuelle Zuchtpopulation des deutschen Paint Horse wurde ein im Vergleich zu anderen Pferderassen auffallend niedriger Inzuchtkoeffizient errechnet. Auch die Diversitätskennzahlen weisen mit 963 effektiven Gründertieren, 186 effektiven Ahnen und 119 effektiven Gründergenomen überdurchschnittlich hohe Werte auf. Betrachtet man die wichtigsten Ahnen, so ist erkennbar, dass die drei wichtigsten, verglichen mit anderen Pferderassen, geringere Genanteile in der Population aufweisen. Um die Hälfte des Genpools zu erklären, sind beim Paint Horse 120 Ahnen nötig. Im Vergleich zu anderen Pferdrassen ist dieser Wert auffallend hoch. Die hohen Werte der Diversitätskennzahlen lassen in der deutschen Paint-Horse-Population auf eine, verglichen mit anderen Pferderassen, sehr hohe genetische Diversität schließen. Wie bereits eingangs erwähnt, müssen diese Ergebnisse aufgrund der geringen Qualität des Pedigrees jedoch kritisch betrachtet werden. Allerdings konnte bereits in Kapitel 6.1.1 gezeigt werden, dass bereits ein verhältnismäßig geringer Arbeitsaufwand zu deutlicher Verbesserung führen kann.

6.3 Vergleich mit anderen Nutzierrassen

Um das Paint Horse im Vergleich mit anderen Nutzierrassen einordnen zu können, wird diese Pferderasse im folgenden Kapitel einigen Rinder- und Schweinerassen gegenübergestellt. Es handelt sich dabei um Rinderrassen aus Italien, Österreich und Frankreich sowie fünf österreichische Schweinerassen. Zum Teil sind die hier vorgestellten Nutzierrassen gefährdete Rassen mit einer geringen Anzahl von Tieren im Pedigree.

6.3.1 Qualität des Pedigrees

Tabelle 13 zeigt eine Übersicht über die Kennzahlen zur Qualität des Pedigrees verschiedener Nutzierrassen. Im Vergleich mit den hier angeführten Rassen liegt das Paint Horse mit einem durchschnittlichen Generationsäquivalent von 4,77 in einem guten Bereich. Die Werte für das Generationsäquivalent und die maximal bekannten Generationen sind jedoch im Allgemeinen bei den Rinder- und Schweinerassen niedriger als bei den Pferderassen. Viele der Nutzierrassen weisen ein relativ niedriges durchschnittliches Generationsäquivalent auf, obwohl sie über eine große Anzahl von Tieren im Pedigree verfügen. Bozzi (2006) berechnete für die drei italienischen Rinderrassen durchschnittliche Generationsäquivalente von rund 5,7 (Chianina), 4,5 (Marchigiana) und 5 (Romagnola). Die Qualität des Pedigrees dieser Rassen ist mit dem Paint Horse gut vergleichbar. Beim Original Pinzgauer, Tux Zillertaler und dem Kärntner Blondvieh handelt es sich um gefährdete österreichische Rinderrassen. Baumung und Sölkner (2002) beschreiben für den Tux Zillertaler und das Kärntner Blondvieh sehr niedrige Generationsäquivalente von 2,5 bzw. 1,7. Die maximal zurückverfolgbaren Generationen betragen nur 6 (Tux Zillertaler) und 9 (Kärntner Blondvieh). Bei diesen sehr niedrigen Werten ist zu bedenken, dass es sich hierbei um gefährdete Rassen mit nur einer geringen Tieranzahl handelt. Im Gegensatz zu den anderen beiden österreichischen Rassen liegt der Original Pinzgauer mit einem durchschnittlichen Generationsäquivalent von 5,3 im Vergleich mit den italienischen Rinderrassen in einem guten Bereich. Maignel et al. (1996) führten eine Studie über verschiedene Rinderrassen in Frankreich durch. Für das Brown Swiss wurde ein durchschnittliches Generationsäquivalent von rund 4 und eine maximale Anzahl von

bekannten Generationen von 18 ermittelt. Die zahlenmäßig sehr großen Rassen Normande und Holstein weisen Werte von rund 5 bzw. 4,8 auf. Prevost (2010) beschreibt für die beiden gefährdeten österreichischen Schweinerassen Mangalitza und Turopolje eine relativ gute Qualität des Pedigrees im Verhältnis zu der Anzahl von Tieren im Pedigree und im Vergleich mit anderen Nutztierassen. Das durchschnittliche komplette Generationsäquivalent beträgt beim Mangalitza 2,54 und beim Turopolje 3,97. Für die drei österreichischen Schweinerassen Edelschwein (7,85), Landrasse (6,20) und Pietrain (5,74) beschreibt Fischer (2001) hohe durchschnittliche komplette Generationsäquivalente. Im Vergleich mit anderen Nutztierassen verfügen diese drei Schweinerassen über die beste Pedigree-Qualität. Die maximal bekannten Generationen sind mit 27 (Edelschwein), 32 (Landrasse) und 21 (Pietrain) überdurchschnittlich hoch.

Tabelle 13: Kennzahlen zur Qualität des Pedigrees von unterschiedlichen Nutztierassen (Tiere im Pedigree, durchschnittliches komplettes Generationsäquivalent, maximal bekannte Generationen)

Nutztierasse	Tiere im Pedigree	Ø Gen.äquivalent	max. Generationen
Paint Horse	14.570	4,77	-
RINDER			
Chianina ¹	260.441	5,66	14
Marchigiana ¹	350.710	4,54	12
Romagnola ¹	119.489	4,95	13
Original Pinzgauer ²	176.992	5,33	13
Tux-Zillertaler ²	1.235	2,52	6
Kärntner Blondvieh ²	1.194	1,73	9
Brown Swiss ³	91.579	4,04	18
Normande ³	2.338.305	5,02	16
Holstein ³	11.180.346	4,75	17
SCHWEINE			
Mangalitza ⁴	1.010	2,54	-
Turopolje ⁴	508	3,97	-
Edelschwein ⁵	33.724	7,85	27
Landrasse ⁵	22.577	6,20	32
Pietrain ⁵	19.614	5,74	21

¹ Bozzi (2006)

² Baumung und Sölkner (2002)

³ Maignel et al. (1996)

⁴ Prevost (2010)

⁵ Fischer (2001)

6.3.2 Inzuchtkoeffizient

Tabelle 14 zeigt die Inzuchtkoeffizienten für verschiedene Rinder- und Schweinerassen. Insgesamt gesehen liegen die Inzuchtkoeffizienten der hier aufgeführten Nutztierassen weit unter den Werten, die für verschiedene Pferderassen errechnet wurden. Das Paint Horse stellt eine Ausnahme bei den Pferdrassen dar und weist auch im Vergleich mit den hier dargestellten Nutztierassen den niedrigsten Wert auf. Wie bereits in vorhergehenden Kapiteln erwähnt, ist bei diesen Werten immer die Qualität des Pedigrees zu berücksichtigen. Die italienischen Rinderrassen weisen für diese Kennzahl Werte von 2,06 % (Chianina), 2,15 % (Marchigiana) und 1,88 % (Romagnola) auf (Bozzi, 2006). Baumung und Sölkner (2002) beschreiben für die gefährdeten österreichischen Rassen ähnliche Werte. Die Inzuchtkoeffizienten beim Original Pinzgauer, Tux-Zillertaler und Kärntner Blondvieh betragen 2,09 %, 2,82 % und 0,99 %. Beim Kärntner Blondvieh ist ein niedrigerer Wert als bei den anderen beiden Rassen erkennbar. In der Studie über Rinderrassen in Frankreich beschreiben Maignel et al. (1996) sehr niedrige Inzuchtkoeffizienten. Das Brown Swiss hat wie das Kärntner Blondvieh einen durchschnittlichen Inzuchtkoeffizienten von 0,9 %. Damit kommen diese beiden Rassen dem errechneten Wert für das Paint Horse am nächsten. Niedrige Werte zeigen auch das Normande (1,07 %) und das Holstein-Rind (1,09 %). Die gefährdeten Schweinerassen Mangalitza und Turopolje zeigen stark unterschiedliche Werte für den Inzuchtkoeffizienten. Während das Mangalitza mit einem Wert von 1,66 % im durchschnittlichen Bereich der Nutztierassen liegt, weist das Turopolje mit 11,79 % einen auffallend hohen durchschnittlichen Inzuchtkoeffizienten auf (Prevost, 2010). Die drei von Fischer (2001) beschriebenen österreichischen Schweinerassen weisen ausgeglichene und niedrige Inzuchtkoeffizienten auf: 1,43 % (Edelschwein), 1,13 % (Landrasse) und 1,34 % (Pietrain).

Tabelle 14: Inzuchtkoeffizienten für alle Generationen (F_{All}) und für fünf Generationen (F_5) für verschiedene Nutztierassen

Nutztierasse	F
Paint Horse	0,49 %
RINDER	
Chianina ¹	2,06 %
Marchigiana ¹	2,15 %
Romagnola ¹	1,88 %
Original Pinzgauer ²	2,09 %
Tux-Zillertaler ²	2,82 %
Kärntner Blondvieh ²	0,99 %
Brown Swiss ³	0,90 %
Normande ³	1,07 %
Holstein ³	1,09 %
SCHWEINE	
Mangalitza ⁴	1,66 %
Turopolje ⁴	11,79 %
Edelschwein ⁵	1,43 %
Landrasse ⁵	1,13 %
Pietrain ⁵	1,34 %

¹ Bozzi (2006)

² Baumung und Sölkner (2002)

³ Maignel et al. (1996)

⁴ Prevost (2010)

⁵ Fischer (2001)

6.3.3 Effektive Anzahl Gründertiere, effektive Anzahl Ahnen und effektive Anzahl Gründergenome

In Tabelle 15 sind die Diversitätskennzahlen verschiedener Nutztierassen aufgeführt. Vergleicht man diese, sind eindeutige Unterschiede zwischen den gefährdeten und den großen Rassen erkennbar. Das Paint Horse weist, verglichen mit den Rinderrassen, eine relativ niedrige Anzahl von totalen Gründertieren auf. Betrachtet man jedoch die effektiven Gründertiere, liegt der Wert des Paint Horses mit 963 Tieren weit über dem der Rinderrassen. Bei allen Rinderrassen ist eine zunächst hohe Anzahl an Gründertieren beschrieben. Vergleicht man dazu die effektiven Gründertiere, ist bei allen Rassen ein relativ starkes Absinken der Werte zu erkennen. Die italienischen Rinderrassen liegen in einem ausgeglichenen Bereich mit 152 (Chianina), 71 (Marchigiana) und 90 (Romagnola) effektiven Gründertieren. Die Anzahl der in den Populationen verbliebenen effektiven Gründergenome ist vergleichsweise hoch (Bozzi, 2006). Der Tux-Zillertaler als gefährdete Rinderrasse verfügt nur über 112 Gründertiere. Die effektiven Gründertiere weisen einen Wert von 21, die effektiven Ahnen einen Wert von 14 und die Gründergenome lediglich einen Wert von 10 auf. Auch beim Original Pinzgauer und beim Kärntner Blondvieh sind mit rund 20 und 23 relativ niedrige Werte bei den in der Population verbliebenen Gründergenomen beschrieben. Interessant ist besonders der Original Pinzgauer, der sich von einer recht großen Anzahl an Gründertieren (6495) auf diesen geringen Wert reduziert (Bau-mung und Sölkner, 2002). Für das von Maignel et al. (1996) beschriebene Brown Swiss zeigt sich ein ähnliches Bild. Die zahlenmäßig sehr großen Rassen Normande (138 291) und Holstein (802 289) reduzieren sich ausgehend von einer großen Anzahl an totalen Gründertieren sehr stark, wenn man die weiteren Kennzahlen betrachtet. Die effektive Anzahl von Gründertieren beträgt nur mehr 132 (Normande) bzw. 140 (Holstein). In der Population sind nur mehr 21,6 bzw. 30,4 verbliebene effektive Gründergenome zu finden. Die genetische Diversität innerhalb dieser Rassen scheint also trotz einer hohen Anzahl von Tieren eingeschränkt. Im Vergleich dazu verfügt die gefährdete österreichische Schweinerasse Mangalitza über nur 156 Gründertiere, jedoch sich in der Population noch 32,7 der Gründergenome vorhanden. Das gefährdete Turopolje weist die mit Abstand geringsten Diversitätskennzahlen auf. Die Population basiert auf nur sechs Gründertieren (Prevost, 2010). Fischer

(2001) beschreibt bei den drei österreichischen Schweinerassen ausgeglichene und relativ hohe Werte für die Diversitätskennzahlen. Die effektiven Gründertiere weisen Werte von 334 (Edelschwein), 267 (Landrasse) und 258 (Pietrain) auf. Die in den Schweinepopulationen verbliebenen effektiven Gründergenome zeigen Werte von rund 38, 33 und 55. Im Vergleich zu Pferderassen, weisen sowohl Rinder- als auch Schweinerassen eine relativ hohe Anzahl an effektiven Gründergenomen auf.

Tabelle 15: Diversitätskennzahlen verschiedener Nutztierassen (Anzahl Gründertiere (f), effektive Anzahl Gründertiere(f_e), effektive Anzahl Ahnen (f_a), effektive Anzahl Gründergenome (N_g))

Nutztierasse	F	f_e	f_a	N_g
Paint Horse	4.341	963	186,1	118,5
RINDER				
Chianina ¹	7.092	152,10	73,61	39,46
Marchigiana ¹	11.947	70,90	48,02	25,05
Romagnola ¹	3.928	89,80	59,55	38,46
Original Pinzgauer ²	6.495	65,40	32,10	19,50
Tux-Zillertaler ²	112	21	14,20	9,70
Kärntner Blondvieh ²	305	29,90	29	22,60
Brown Swiss ³	6.291	84	28	19,30
Normande ³	138.291	132	40	21,60
Holstein ³	802.289	140	43	30,40
SCHWEINE				
Mangalitza ⁴	156	70,6	46,9	32,7
Turopolje ⁴	6	5,6	4,9	3,4
Edelschwein ⁵	1.480	334	78,8	37,6
Landrasse ⁵	1.410	267	59,2	32,9
Pietrain ⁵	1.368	258	88,6	55,1

¹ Bozzi (2006)

² Baumung und Sölkner (2002)

³ Maignel et al. (1996)

⁴ Prevost (2010)

⁵ Fischer (2001)

6.3.4 Marginale Genanteile der wichtigsten Ahnen

Um einen Vergleich der genetischen Zusammensetzung zu ermöglichen, gibt Tabelle 16 einen Überblick über die marginalen Genanteile der wichtigsten Ahnen verschiedener Nutztierassen. Beim Paint Horse ist die mit Abstand höchste Anzahl an Ahnen nötig, um die Hälfte des Genpools zu erklären. Einschränkend muss jedoch auch an dieser Stelle die relativ geringe Qualität des Pedigrees erwähnt werden, die als Basis für diese Berechnungen diente. Allgemein gesehen sind bei den Rinder- und Schweinerassen mehr Ahnen erforderlich, um 50 % des Genpools zu erklären als bei den Pferderassen. Die italienischen Rinderrassen weisen ausgeglichene Werte bei den genetischen Beiträgen der wichtigsten Ahnen auf (Bozzi, 2006). Die Genanteile der wichtigsten Ahnen dieser Rassen sind mit den genetischen Beiträgen des ersten Ahnen beim Paint Horse besser vergleichbar als mit denen der im vorherigen Kapitel angeführten Pferderassen, die alle höhere Werte aufweisen. Im Vergleich mit anderen Rinderrassen sind die genetischen Beiträge des ersten Ahnen bei den gefährdeten österreichischen Rassen relativ hoch: 12,2 % beim Original Pinzgauer, 15 % beim Tux-Zillertaler und 14 % beim Kärntner Blondvieh. Die Hälfte des gesamten Genpools wird beim Tux-Zillertaler von nur 5 Ahnen bestimmt (Baumung und Sölkner, 2002). Maignel (1996) beschreibt im Vergleich zu den italienischen Rinderrassen relativ hohe Werte für den genetischen Beitrag der wichtigsten Ahnen bei Brown Swiss (11,89%), Normande (9,81 %) und Holstein (9,12 %). 50 % des Genpools werden von 11 (Brown Swiss), 17 (Normande) bzw. 29 (Holstein) Ahnen erklärt. Diese Zahlen sind, verglichen mit denen der gefährdeten österreichischen Rinderrassen, relativ niedrig, da die von Maignel et al. (1996) beschriebenen Rassen viel höhere Tieranzahlen im Pedigree aufweisen. Fürst und Fürst-Waltl (2009) beschreiben für die großen österreichischen Rinderrassen ähnliche Werte für die wichtigsten Ahnen der Rassen Fleckvieh (8,9 %), Braunvieh (12,0 %) und Grauvieh (9,5 %). In der von Prevost (2010) durchgeführten Studie über die gefährdeten Schweinerassen Mangalitza und Turopolje zeigen sich erhebliche Unterschiede bei den beiden Rassen. Während der erste Ahne beim Mangalitza einen genetischen Beitrag von 3,74 % aufweist und somit am besten mit den Ergebnissen für das Paint Horse vergleichbar ist, hat der erste Ahne beim Turopolje einen immens hohen Beitrag von fast 28 %. Die von Fischer (2001) beschriebenen Schweinerassen weisen ausgeglichene Werte auf, die gut mit den Ergebnissen für die italienischen Rinderrassen ver-

gleichbar sind. Um die Hälfte des Genpools zu erklären, sind beim Edelschwein 31, bei der Landrasse 22 und beim Pietrain 41 Ahnen nötig.

Tabelle 16: Marginale Genanteile der drei wichtigsten Ahnen und die Anzahl der Ahnen, die 50% der genetischen Diversität in verschiedenen Nutztierassen erklären.

Nutztierasse	1. Ahne	2. Ahne	3. Ahne	Anzahl für 50% des Genpools
Paint Horse	3,49 %	2,76 %	2,31 %	120
RINDER				
Chianina ¹	5,89 %	4,93 %	4,4 %	37
Marchigiana ¹	8,83 %	7,13 %	3,66 %	21
Romagnola ¹	6,38 %	5,39 %	4,86 %	25
Original Pinzgauer ²	12,2 %	5,2 %	4,2 %	13
Tux-Zillertaler ²	15 %	13,1 %	12,8 %	5
Kärntner Blondvieh ²	14 %	7,8 %	3,7 %	16
Brown Swiss ³	11,89 %	-	-	11
Normande ³	9,81 %	-	-	17
Holstein ³	9,12 %	-	-	29
Fleckvieh ⁴	8,9 %	5,5 %	5,0%	-
Braunvieh ⁴	12,0 %	8,5 %	5,7 %	-
Grauvieh ⁴	9,5 %	8,8 %	7,2 %	-
SCHWEINE				
Mangalitza ⁵	3,74 %	2,38 %	1,77 %	-
Turopolje ⁵	27,81 %	25,82 %	14 %	-
Edelschwein ⁶	5,1 %	4,2 %	3,1 %	31
Landrasse ⁶	5,8 %	4,8 %	4,8 %	22
Pietrain ⁶	6,6 %	2,8 %	2,1 %	41

¹ Bozzi (2006)

² Baumung und Sölkner (2002)

³ Maignel et al. (1996)

⁴ Fürst und Fürst-Waltl (2009)

⁵ Prevost (2010)

⁶ Fischer (2001)

6.3.5 Schlussfolgerungen

Im Vergleich mit anderen Nutztierassen liegt die Pedigreequalität des Paint Horse im durchschnittlichen Bereich. Allgemein betrachtet liegt die Qualität bei den Nutztierassen unter der bei den Pferderassen. Auch hier kann die beschränkte Anzahl an Generationen, die bei Importtieren mitgeliefert werden, eine Rolle spielen. Bei den Generhaltungsassen sind Lücken bzw. eine geringe Tiefe der Pedigrees dadurch bedingt, dass sie erst seit relativ kurzer Zeit konsequent erfasst werden. Der Inzuchtkoeffizient in der deutschen Paint-Horse-Population ist im Vergleich zu den hier angeführten Rinder- und Schweinerassen niedrig. Die Diversitätskennzahlen effektive Gründertiere, effektive Ahnen und effektive Gründergenome weisen, verglichen mit anderen Nutztierassen überdurchschnittlich hohe Werte auf. Die marginalen Genanteile des Paint Horse sind mit 3,49 % (1. Ahne), 2,76 % (2. Ahne) und 2,31 % (3. Ahne) niedrig. Die Nutztierassen weisen im Allgemeinen niedrigere genetische Beiträge der wichtigsten Ahnen auf. Die Ergebnisse für die Kennzahlen für das Paint Horse sind denen der Nutztierassen näher als denen der Pferderassen.

7 ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Studie wurde basierend auf Abstammungsinformationen eine Pedigree-Analyse für die deutsche Paint-Horse-Population durchgeführt. Grundlage für die Analyse bildete das vom deutschen Zuchtverband zur Verfügung gestellte Originalpedigree, in dem 14 313 Tiere enthalten waren. Im ersten Arbeitsschritt wurde dieses Pedigree aufgebaut und auf 14 570 Tiere erweitert. Es wurden je eine Referenzpopulation mit dem ursprünglichen und eine mit dem erweiterten Pedigree für die aktuelle Zuchtpopulation (2000 – 2009) erstellt. Als historische Vergleichspopulation wurde eine dritte Referenzpopulation (1990 – 1999) formuliert. Inhalt dieser Arbeit war die Beschreibung der Qualität der Pedigreeinformationen, die Berechnung der Inzuchtkoeffizienten und der Diversitätskennzahlen sowie die Beschreibung der wichtigsten Ahnen für die drei Referenzpopulationen. Aufgrund der errechneten Kennzahlen wurden die Referenzpopulationen untereinander verglichen und die aktuelle Zuchtpopulation wurde außerdem den Ergebnissen aus vorhergehenden Pedigreeanalysen anderer Pferde- und Nutztierassen gegenübergestellt. Ein Ziel der Arbeit war es, Veränderungen der Kennzahlen nach einer Verbesserung der Qualität der Datengrundlage darzulegen. In Tabelle 17 sind die errechneten Kennzahlen im Überblick dargestellt. Die Qualität des Pedigrees ist eine wichtige Grundinformation bei der Durchführung einer Pedigree-Analyse. Mit einem durchschnittlichen kompletten Generationsäquivalent von 4,77 in der aktuellen Zuchtpopulation weist das Paint Horse eine geringe Qualität auf. Dadurch sind alle errechneten Kennzahlen vorsichtig zu interpretieren. Der Inzuchtkoeffizient wurde für alle Generationen mit 0,49 %, für nur fünf Generationen mit 0,41 % errechnet. Im Vergleich mit anderen Pferderassen sind dies sehr niedrige Werte. In der deutschen Paint-Horse-Population wurden 4341 Gründertiere gefunden. Die Anzahl der effektiven Gründertiere (963), der effektiven Ahnen (186,1) und der effektiven Gründergenome (118,5) sind vergleichsweise hoch und lassen auf eine hohe genetische Diversität in der Population schließen. Der Vollbluthengst Three Bars stellt mit einem marginalen Genanteil von 3,40 % den bedeutendsten Ahnen der aktuellen deutschen Zuchtpopulation dar. Die beiden Paint-Horse-Hengste Cherokee Blanca und Cats Coco Dancer tragen mit Genanteilen von 2,76 % bzw. 2,31 % zur Population bei. Um die Hälfte des Genpools zu erklären sind 120 Tiere nötig. Dieser Wert ist, verglichen mit anderen Pferderassen, auffallend hoch.

Tabelle 17: Zusammenfassung der berechneten Kennzahlen für die drei Referenzpopulationen

Kennzahl	Ref. 1 2000-2009 vor Aufbau	Ref. 2 2000-2009 nach Aufbau	Ref. 3 1990-1999 nach Aufbau
Anz. Tiere im Pedigree	14 313	14 570	14 570
Anz. Tiere in Referenzpopulation	1661	1661	679
Ø Generationsäquivalent	4,32	4,77	4,19
Inzuchtkoeffizient (F_{All})	0,0042434	0,0048655	0,0035377
Inzuchtkoeffizient (F_5)	0,0040768	0,0041420	0,0030934
Anzahl Gründertiere (f)	4.216	4.341	2.809
eff. Anzahl Gründertiere (f_e)	560,80	963	914,50
eff. Anzahl Ahnen (f_a)	207,78	186,06	214,81
eff. Anzahl Gründergenome (N_g)	138,65	118,53	132,92
marginale Genanteile			
1. Ahne	2,89	3,40	3,31
2. Ahne	2,76	2,76	2,23
3. Ahne	2,31	2,31	1,77

8 SUMMARY

In this study the pedigree information of the German Paint Horse population is analysed. A data set consisting of 14,313 horses was provided by the German Paint Horse Breeding-Association. The original pedigree file was enlarged up to the number of 14,570 animals. Three reference populations were defined. The first was defined by animals born between 2000 and 2009 based on the original pedigree. The second was defined by animals born between 2000 and 2009 based on the enlarged pedigree. This reference population is defined as the current German population. The third was based on animals born between 1990 and 1999. For all three reference populations the quality of pedigree information, the average inbreeding coefficients, the effective number of founders, the effective number of ancestors, the effective number of founder genomes and the most important ancestors were analysed. The results were compared among the reference populations. Furthermore the results of the current German population were compared to other horse breeds and farm animals to be able to classify the outcomes. One aim of this study was to compare the results before and after the pedigree was improved. The quality of the pedigree is important, because the measures for genetic variability are very sensitive to completeness of pedigree information. The current Paint Horse population in Germany has an average of 4.77 complete generations. Compared to other horse breeds this result is rather low. The analysed pedigree has a relative lack of information. Therefore all other results have to be carefully interpreted. Average inbreeding coefficients are 0.49 % for all generations and 0.41 % for five generations. The number of founders for the current population is 4,341. The effective number of founders is 963, the effective number of ancestors is 186.1 and the effective number of remaining genomes in the reference population is 118.5. These rather high values indicate a good genetic diversity within the breed. The English Thoroughbred stallion Three Bars is the most important ancestor of the current German population. His genetic contribution is 3.40 %. Other important ancestors are the Paint Horse stallions Cherokee Blanca and Cats Coco Dancer with a genetic contribution of 2.76 % and 2.31 %. 120 animals explain half of the gene pool. Compared to other horse breeds this number is quite remarkable.

9 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: APHA Mitglieder 2000 bis 2009. Die gesamten Mitglieder weltweit sind den Mitgliedern in den USA gegenübergestellt. (Quelle: http://www.apha.com/forms/annualreports.html)	10
Abbildung 2: Anzahl der APHA Mitglieder in Deutschland von 2000 bis 2009.....	10
Abbildung 3: Kumulierte Summen der bei der APHA registrierten Pferde seit 1962. Dargestellt für die Jahre 2000 bis 2009. (Quelle: http://www.apha.com/forms/annualreports.html)	14
Abbildung 4: Registrierte Pferde bei der APHA je Jahr. Dargestellt sind die Registrierungen insgesamt und in den USA von 2000 bis 2009. (Quelle: http://www.apha.com/forms/annualreports.html)	15
Abbildung 5: Registrierte Pferde bei der APHA in Deutschland je Jahr.	15
Abbildung 6: Anzahl der Paint Horse Besitzer weltweit und in den USA.	16
Abbildung 7: Anzahl der Paint Horse Besitzer in Deutschland.	16
Abbildung 8: Reining, Hardy Oelke (2009)	18
Abbildung 9: Cutting, Hardy Oelke (2009)	19
Abbildung 10: Western Pleasure, Hardy Oelke (2009).....	19
Abbildung 11: Trail, Hardy Oelke.....	20
Abbildung 12: Halter, Hardy Oelke (2009).....	21
Abbildung 13: Horsemanship, Hardy Oelke (2010).....	22
Abbildung 14: Western Riding, Hardy Oelke (2006).....	22
Abbildung 15: Tobiano, Hardy Oelke (2009).....	24
Abbildung 16: Overo, Hardy Oelke.....	26

Abbildung 17: Tovero, Hardy Oelke (2009).....	28
Abbildung 18: Vollständigkeit der Abstammungsdaten in %.....	48
Abbildung 19: Vollständigkeit der Abstammungsdaten in %.....	48
Abbildung 20: Vollständigkeit der Abstammungsdaten in %.....	48
Abbildung 21: Die 10 wichtigsten Ahnen der Referenzpopulation 1	57
Abbildung 22: Die 10 wichtigsten Ahnen der Referenzpopulation 2	57
Abbildung 23: Die 10 wichtigsten Ahnen der Referenzpopulation 3	57
Abbildung 24: Rassenverteilung der wichtigsten Ahnen der Referenzpopulation 1 ..	60
Abbildung 25: Rassenverteilung der wichtigsten Ahnen der Referenzpopulation 2 ..	60
Abbildung 26: Rassenverteilung der wichtigsten Ahnen der Referenzpopulation 3 ..	60
Abbildung 27: Farbverteilung der wichtigsten Ahnen in der Referenzpopulation 1 ...	61
Abbildung 28: Farbverteilung der wichtigsten Ahnen in der Referenzpopulation 2 ...	61
Abbildung 29: Farbverteilung der wichtigsten Ahnen in der Referenzpopulation 3 ...	61
Abbildung 30: Verteilung der Scheckungsarten der wichtigsten Ahnen in der Referenzpopulation 1	62
Abbildung 31: Verteilung der Scheckungsarten der wichtigsten Ahnen in der Referenzpopulation 2	62
Abbildung 32: Verteilung der Scheckungsarten der wichtigsten Ahnen in der Referenzpopulation 3	62
Abbildung 33: Verhältnis von Farbe und Scheckung der wichtigsten Ahnen in der Referenzpopulation 1 (2000-2009, vor Aufbau des Pedigrees)	63
Abbildung 34: Verhältnis von Farbe und Scheckung der wichtigsten Ahnen in der Referenzpopulation 2 (2000-2009, nach Aufbau des Pedigrees)	63

Abbildung 35: Verhältnis von Farbe und Scheckung der wichtigsten Ahnen in der Referenzpopulation 3 (1990-1999, nach Aufbau des Pedigrees)	63
--	----

10 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Die drei Referenzpopulationen.....	43
Tabelle 2: Kennzahlen zur Beschreibung der Qualität der Abstammungsinformationen für die drei definierten Referenzpopulationen.	47
Tabelle 3: Anzahl der ingezüchteten Tiere und durchschnittliche Inzuchtkoeffizienten unter Berücksichtigung aller und nur 5 Generationen für die drei Referenzpopulationen.	49
Tabelle 4: Diversitätskennzahlen für die drei Referenzpopulationen	50
Tabelle 5: Überblick über die marginalen Genanteile der wichtigsten Ahnen in den drei Referenzpopulationen	52
Tabelle 6: Genanteile der 10 wichtigsten Zuchttiere in der Referenzpopulation 1 (vor Aufbau des Pedigrees 2000-2009).....	53
Tabelle 7: Genanteile der 10 wichtigsten Zuchttiere in der Referenzpopulation 2 (nach Aufbau des Pedigrees 2000-2009).....	54
Tabelle 8: Genanteile der 10 wichtigsten Zuchttiere in der Referenzpopulation 3 (nach Aufbau des Pedigrees 1990-1999).....	54
Tabelle 9: Kennzahlen zur Qualität des Pedigrees unterschiedlicher Pferderassen (gesamte Anzahl der Tiere im Pedigree, Referenzpopulation mittels denen das durchschnittliche komplette Generationsäquivalent berechnet wurde, durchschnittliches komplettes Generationsäquivalent).....	66
Tabelle 10: Inzuchtkoeffizienten für alle Generationen (F_{All}) und für fünf Generationen (F_5) für verschiedene Pferderassen.....	69
Tabelle 11: Diversitätskennzahlen verschiedener Pferderassen (Anzahl Gründertiere (f), effektive Anzahl Gründertiere(f_e), effektive Anzahl Ahnen (f_a) und effektive Anzahl Gründergenome (N_g)).....	71

Tabelle 12: Marginale Genanteile der drei wichtigsten Ahnen, Anzahl der Ahnen, die 50% der genetischen Diversität einer Population erklären	74
Tabelle 13: Kennzahlen zur Qualität des Pedigrees von unterschiedlichen Nutztierassen (Tiere im Pedigree, durchschnittliches komplettes Generationsäquivalent, maximal bekannte Generationen).....	79
Tabelle 14: Inzuchtkoeffizienten für alle Generationen (F_{All}) und für fünf Generationen (F_5) für verschiedene Nutztierassen	81
Tabelle 15: Diversitätskennzahlen verschiedener Nutztierassen (Anzahl Gründertiere (f), effektive Anzahl Gründertiere(f_e), effektive Anzahl Ahnen (f_a) und effektive Anzahl Gründergenome (N_g)).....	83
Tabelle 16: Marginale Genanteile der drei wichtigsten Ahnen und die Anzahl der Ahnen, die 50% der genetischen Diversität in verschiedenen Nutztierassen erklären	85
Tabelle 17: Zusammenfassung der berechneten Kennzahlen für die drei Referenzpopulationen	88

11 LITERATURVERZEICHNIS

APHA Annual Reports (2000-2009): <http://www.apha.com/forms/annualreports.html>, 1.10.2010

APHA Rule Book (2010): Inherited genetic conditions 311-312, <http://www.apha.com/forms/PDFFiles/rulebooks/2010RuleBook.pdf>, 1.10.2010

APHA Rule Book (2010): RG-015. Bloodline Requirement, 47, <http://www.apha.com/forms/PDFFiles/rulebooks/2010RuleBook.pdf>, 1.10.2010

APHA Rule Book (2010): RG-070. Color Requirements, 55-56; <http://www.apha.com/forms/PDFFiles/rulebooks/2010RuleBook.pdf>, 1.10.2010

BAUMUNG, R. UND SÖLKNER, J. (2002): Analysis of pedigrees of Tux-Zillertal, Carinthian Blond and Original Pinzgau cattle population in Austria. J. Anim. Breed. Genet. 119, 175-181.

BAUMUNG, R. UND SÖLKNER, J. (1999-2001): Kombination von Pedigree- und Markerinformation für die Erstellung von Anpaarungsplänen zur Erhaltung gefährdeter Haustierrassen. Abschlussbericht des Projektes Nr. 1137. Universität für Bodenkultur Wien.

BMLFUW (2008a). Wert der biologischen Vielfalt. Definition und Ebenen der biologischen Vielfalt. <http://www.biologischesvielfalt.at/de/wert-der-biologischen-vielfalt/> 8.10.2010

BOICHARD, D. (2007): PEDIG: a Fortran Package for Pedigree Analysis Suited for large populations.

BOICHARD, D., Maignel, L., VERRIER, É. (1997): The value of using probabilities of gene origin to measure genetic variability in a population. Genetics Selection Evolution 29, 5-23.

BOWLING, A. (1994): Dominant inheritance of overo spotting in Paint Horses. J. Hered. 85, 222-224.

BOZZI, R., FRANCI, O., FORABOSCO, F., PUGLIESE, C., CROVETTI, A., FILIPPINI, F. (2006): Genetic variability in three Italian beef cattle breeds derived from pedigree information. Italian Journal of Animal Science 5 (2), 129-137.

CASTLE, W.E. (1954): Coat color inheritance in horses and other mammals. Genetics 39, 35-44.

CERVANTES, I., MOLINA, A., GOYACHE, F., GUTIÉRREZ, J.P., VALERA, M. (2008): Population history and genetic variability in the Spanish Arab Horse assessed via pedigree analysis. Livestock Science 113, 24-33.

DIAKAKIS, N., SPANOUEDES, K., DESSIRIS, A. (2008): Hyperkalaemic periodic paralysis-like syndrome in a Criollo Argentino horse. Equine Veterinary Education 20 (8), 396-400.

Die Western Turnierdisziplinen: <http://www.westernriding.at/diszipl.htm> 24.2.2011

DRUML, T. (2006): Genetische und phänotypische Beschreibung der Zuchtpopulation des Noriker Pferdes. Dissertation, Universität für Bodenkultur Wien.

DRUML, T., BAUMUNG, R., SÖLKNER, J. (2009): Pedigree analysis in the Austrian Noriker draught horse: genetic diversity and the impact of breeding for coat colour on population structure. J. Anim. Breed. Genet. 126, 348-356.

FALCONER, D.S. (1984): Einführung in die quantitative Genetik. Eugen Ulmer GmbH & Co, Stuttgart, 88-93, 114-116.

FALCONER, D.S. & MACKAY, T.F.C. (1996): Quantitative Genetic. Fourth edition, Longman, UK.

FISCHER, C. (2001): Stammbaumanalyse österreichischer Schweinepopulationen. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.

FÜRST, C. UND FÜRST-WALTL, B. (2009): Inzucht & Co – Aktuelle Auswertungen zur genetischen Vielfalt. In: Kunterbunte Rinderwelt, Genetische Vielfalt – Erhaltung und Züchtung. Seminar des Ausschusses für Genetik der ZAR, 12.März 2009, Salzburg

GENG, M. (2010): Gründeranalyse beim Islandpferd. Bakkalaureatsarbeit, Veterinärmedizinische Universität Wien.

GLAESER, P. (2008): Pedigree-Analyse des Shagya-Arabers in Österreich. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.

GRADY, J.G., ELDER, S.H., RYAN, P.L., SWIDERSKI, C.E., RASHMIR-RAVEN, A.M. (2009): Biomechanical and molecular characteristics of hereditary equine regional dermal asthenia in Quarter Horses. Veterinary Dermatology 20 (5-6), 591-599.

HAMAN, H., und DISTL, O. (2008): Genetic variability in Hanoverian warmblood horses using pedigree analysis. J. Anim. Sci. 86, 1503-1513.

HAYNES, G.W. (1988): The American Paint Horse. University of Oklahoma Press, 3-38, 44-60, 61-87.

History of the American Paint Horse (1995): Horse Previews Magazine. APHA Equine Information Series 5, 3-90.

Hyperkalemic Periodic Paralysis (HYPP) (2009):
<http://www.vgl.ucdavis.edu/services/hypp.php> 23.2.2011

KLEMOLA, V. (1933): The “pled” and “splashed white” in horses and ponies. J. Hered. 24, 65-69.

LACY, R.C. (1989): Analysis of Founder Representation in Pedigrees: Founder Equivalents and Founder Genome Equivalents. Zoo Biology 8, 111-123.

MACCLUER, J.W., VANDEBERG, J.L., READ, B. AND RYDER O.A. (1986): Pedigree Analysis by Computer Simulation. Zoo Biology 5, 147-160.

MAIGNEL, L., BOICHARD, D., VERRIER, E. (1996): The value of using probabilities of gene origin to measure genetic variabilities in a population. Genetics Selection Evolution 29 (1), 5-23.

MCCABE, L., GRIFFIN, L., KINZER, A., CHANDLER, M., BECKWITH, J. ET AL. (1990): Overo lethal white foal syndrome: equine model of aganglionic megacolon (Hirschsprung Disease). Am. J. Med. Genet. 36, 336-340.

METALLINOS, D.L., BOWLING, A.T., RINE, J. (1998): A missense mutation in the endothelin-B receptor gene is associated with Lethal White Foal Syndrome: an equine version of Hirschsprung Disease. Mammalian Genome 9, 426-431.

MITSCHING, A. (2011): Die wichtigsten Ahnen des Deutschen Paint Horse. Bachelorarbeit. Veterinärmedizinische Universität Wien/Universität für Bodenkultur Wien.

OLSEN, H.F., KLEMETSDAL, G., RUANE, J. & HELFJORD, T. (2010): Pedigree structure and genetic variation in the two endangered Norwegian horse breeds: Døle and Nordland/Lyngen. Acta Agriculturae Scand Section A 60, 13-22.

Pedigree Online All Breed Database: <http://www.allbreedpedigree.com/>

PHCG: Das American Paint Horse:

http://phcg.phcg.info/index.php?option=com_content&view=article&id=9&Itemid=9,
8.10.2010

PHCG: PHCG – eine Züchtervereinigung:

http://phcg.phcg.info/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=10,
8.10.2010

PHCG-Zuchtbuchordnung:

<http://www.phcg.info/DOWNLOAD/Zucht/Zuchtbuchordnung.pdf>, 8.10.2010

PIRCHNER, F (1976): Populationsgenetik in der Tierzucht. Eine Einführung in die theoretischen Grundlagen. Paul Parey, 2. Auflage, Hamburg und Berlin.

PREVOST, B. (2010): Genetische Diversität der österreichischen Mangalitza und Turopolje Schweine Populationen. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.

PREINERSTORFER, A. (2009): Pedigree Analyse beim österreichischen Haflinger. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.

RASCH, D. & HERRENDÖRFER, G. (1990): Handbuch der Populationsgenetik und Züchtungsmethodik. Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin, Berlin, 1. Auflage, 86-93.

SPONENBERG, D.P. (1996): Patterns of white. Equine color genetics. Ames: Iowa State University Press. 53-82.

SPONENBERG, D.P. (1994): Eight-part genetics series that appeared January-August 1994. Paint Horse Journal. <http://www.apha.com/breed/geneticeq.html>, 1.10.2010

TROMMERSHAUSEN-SMITH, A. (1977): Lethal White foals in matings of overo spotted horses. Theriongeneology 8, 303-311.

VALBERG, S., MICKELSON, J. (2005): Glycogen Branching Enzyme Deficiency. <http://www.cvm.umn.edu/umec/lab/gbed/home.html>, 23.2.2011

VALERA, M., MOLINA, A., GUTIÉRREZ, J.P., GÓMEZ, J., GOYACHE, F. (2005): Pedigree analysis in the Andalusian horse: population structure, genetic variability and influence of the Carthusian strain. Livestock Production Science 95, 57-66.

VONDERFECHT, S., BOWLING, A.T., COHEN, M. (1983): Congenital intestinal megacolon in white foals. Vet. Pathol. 20, 65-70.

VROTSOS, P.D., SANTACHI, E.M., MICKELSON, J.R. (2001): The Impact of the Mutation Causing Overo Lethal White Syndrome on White Patterning in Horses. AAEP Proceedings, 47, 385-391.

WRIGHT, S., MC PHEE, H.C. (1925): An approximate method of calculating inbreeding and relationships from livestock pedigrees. Journal of Agricultural Research 31, 377-383.

ZECHNER, P., SÖLKNER, J., BODO, I., DRUML, T., BAUMUNG, R., ACHMANN, R., MARTI, E., HABE, F., BREM, G. (2002): Analysis of diversity and population structure in the Lipizzan horse breed based on pedigree information. Livestock Production Science 77, 137-146.

ZEILMANN, M. (1993): HYPP – Hyperkalemic Periodic Paralysis beim Pferd. Tierärztliche Praxis 21 (6), 524-527.