

Aus dem Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften
(Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. R. Jahn)

der Naturwissenschaftlichen Fakultät III
(Dekan: Prof. Dr. P. Wycisk)

der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Entwicklung einer Zuchtwertschätzung für das Deutsche Sportpferd

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
doctor agriculturarum (Dr. agr.)

vorgelegt von
Diplomagraringenieurin Kati Schöpke
geboren am 10.09.1979 in Gera

Gutachter: Prof. Dr. habil. H. H. Swalve
Prof. Dr. E. von Borell
Prof. Dr. habil. S. König

Verteidigung am: 24.01.2011

Halle/Saale 2011

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Die Reitpferdezucht (Literaturübersicht)	2
2.1	Aktuelle Entwicklungen	2
2.2	Zuchtplanung	3
2.2.1	Allgemeine tierzüchterische Grundsätze	3
2.2.2	Das Zuchtziel	5
2.2.3	Zuchtmethode und Zuchtpopulation.....	6
2.2.4	Die Leistungsprüfung	7
2.2.5	Die Zuchtwertschätzung	18
2.2.6	Funktionelle Merkmale und Interieureigenschaften	26
2.3	Moderne Technologien der Tierzucht und deren Anwendung	29
3	Material und Methoden	32
3.1	Datenmaterial.....	33
3.1.1	Pedigreeinformationen.....	33
3.1.2	Leistungsinformationen	35
3.2	Auswertungsmethoden.....	43
4	Ergebnisse	49
4.1	Populationsstruktur	49
4.2	Populationsparameter.....	53
4.2.1	Fohlenbeurteilung und Stutbuchaufnahme	53
4.2.2	Zuchtstutenprüfung.....	56
4.2.3	Genetische Beziehungen zwischen Merkmalen verschiedener Prüfungsformen	60
4.3	Zuchtwertschätzung	62
4.3.1	Darstellung der Zuchtwerte	63
4.3.2	Systematisierung der Merkmalskomplexe.....	64
4.3.3	Ergebnisse der Zuchtwertschätzung	67
5	Diskussion	69
5.1	Populationsstruktur	69
5.2	Populationsparameter.....	73
5.2.1	Fohlenbeurteilung	73

5.2.2	Stutbuchaufnahme	75
5.2.3	Zuchtstutenprüfung.....	77
5.2.4	Genetische Beziehungen zwischen Merkmalen verschiedener Prüfungsformen	81
5.3	Zuchtwertschätzung	83
6	Zusammenfassung	88
7	Summary.....	91
8	Tabellenverzeichnis	94
9	Abbildungsverzeichnis.....	96
10	Literaturverzeichnis	97

Abkürzungsverzeichnis

Liste der verwendeten Abkürzungen in alphabetischer Reihenfolge

AIC	Akaike Information Criterion
ABP	Aufbauprüfung
BB	Berlin-Brandenburg
BLUP	Best Linear Unbiased Prediction
CC	Contemporary Comparison
DSP	Deutsches Sportpferd
FN	Deutsche Reiterliche Vereinigung e.V. (FN)
Fo	Fohlenbeurteilung
GC	Genetic similarity
HLP	Hengstleistungsprüfung
h^2	Heritabilität
KWPN	Koninklijke Vereniging Warmbloed Paardenstamboek Nederland = Königliches Pferdestammbuch in den Niederlanden
LPO	Leistungsprüfungsordnung
MT	Mutter – Tochter
N	Anzahl Beobachtungen
$N\emptyset$	mittlere Anzahl Beobachtungen
NK	Nachkommen
NSC	Number of stallions in common
Min	Minimum
Max	Maximum
MV	Mecklenburg – Vorpommern
OC	Ostechondrose
PZV	Pferdezuchtverband
QTL	Quantitative Trait Loci
r_g	genetische Korrelation
r_p	phänotypische Korrelation
s	Standardabweichung
S	Standardfehler
SN	Sachsen

SNP	Single Nucleotide Polymorphismus
ST	Sachsen-Anhalt
SBA	Stutbuchaufnahme
TH	Thüringen
TSP	Turniersportprüfung
vit	Vereinigte Informationssysteme Tierzucht w.V.
vs.	versus
VT	Vater - Tochter
WB	Warmblut
\bar{x}	Mittelwert
ZSAA	Zuchtverband für Sportpferde Arabischer Abstammung e.V.
ZSP	Zuchtstutenprüfung
ZVCH	Zuchtverband CH-Sportpferde
ZVO	Zuchtverbandsordnung
Δ	Differenz
Δh^2_{\max}	maximale Abweichung der Heritabilitätsschätzwerte

1 Einleitung

Der deutsche Zuchtpferdebestand der Rassegruppe Warmblut belief sich im Jahr 2009 auf etwa 69.000 eingetragene Stuten und 2.900 Hengste. Davon entfielen ca. 6.700 Stuten und ca. 380 Hengste auf die ostdeutschen Pferdezuchtverbände Brandenburg-Anhalt, Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen-Thüringen (FN, 2009). Die ostdeutsche Pferdezucht war in der Vergangenheit verschiedenen Umstrukturierungsprozessen unterworfen. Ein wesentlicher Meilenstein war die Neu- bzw. Wiedergründung der fünf Landeszuchtverbände in Berlin-Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Sachsen, Thüringen und Mecklenburg-Vorpommern im Jahr 1990. Die Entwicklung der Zuchtarbeit in den vier erstgenannten Organisationen wurde seitdem durch eine zunehmend intensiviertere Zusammenarbeit geprägt. Einen entscheidenden Schritt stellte hierbei die Zusammenführung dieser vier regionalen Warmblutzuchten zur Population des Deutschen Sportpferdes dar. Seit 2003 wird ein gemeinsames Ursprungszuchtbuch für diese Rasse geführt. Mit der Kumulation der Einzelpopulationen und der Etablierung eines gemeinsamen Zuchtprogramms eröffnet sich eine neue, verbesserte Situation für die Zuchtverbände. Durch die Nutzung gemeinsamer Ressourcen bieten sich positive Synergieeffekte hinsichtlich der Wettbewerbssituation am Pferdemarkt. Aus der Verschmelzung der aktiven Zuchtpopulationen resultiert zudem ein deutlich erweitertes Datenpotential. Die umfangreiche Dokumentation von Leistungsdaten und das Vorliegen flächendeckender Abstammungsinformationen bilden die essentielle Grundlage genetisch-statistischer Analysen. In Zusammenarbeit der Pferdezuchtverbände Brandenburg-Anhalt e.V. und Sachsen-Thüringen e.V. mit der MLU Halle – Wittenberg wurde ein Forschungsprojekt ins Leben gerufen, welches mit Unterstützung der Landesanstalten für Landwirtschaft (Sachsen Anhalt, Sachsen, Thüringen) und des Landesamtes für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung Brandenburg die Entwicklung und Implementierung einer internen Zuchtwertschätzung für die Population des Deutschen Sportpferdes zum Ziel hatte.

Die vorliegende Arbeit konzentriert sich auf die Erschließung von Informationsquellen aus den Bereichen Fohlenbeurteilung, Stutbuchaufnahme und Zuchtstutenprüfung. Hierbei stehen insbesondere die Schätzung populationsgenetischer Parameter sowie die Überprüfung genetischer Beziehung zwischen Merkmalen der genannten Leistungsprüfungen im Vordergrund. Weitere Kernpunkte sind die Analyse der Populationsstruktur und die Systematisierung von Zuchtwerten.

2 Die Reitpferdezucht (Literaturübersicht)

Die Nutzungs- und Einsatzmöglichkeiten von Pferden sind zahlreich und vielfältig. Die Verwendung der in Deutschland gehaltenen Pferde geschieht vorwiegend für reitsportliche Zwecke, wodurch auch die deutsche Pferdezucht maßgeblich geprägt ist.

2.1 Aktuelle Entwicklungen

Die deutsche Reitpferdezucht ist ein erfolgreiches, stabiles und gleichzeitig dynamisches System, welches in jüngster Zeit einen enormen Strukturwandel auf verschiedenen Ebenen erfahren hat. Aus rechtlicher Sicht orientiert sich die Pferdezucht am Tierzuchtgesetz, welches im Dezember 2006 einer umfassende Neuausrichtung unterzogen wurde. Ziel dieser Novellierung war eine Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit und Nachhaltigkeit der deutschen Tierzucht. Damit verbunden ging die Übertragung von Rechten und Pflichten zur Durchführung von Zuchtprogrammen auf die Zuchtorganisationen einher. Dabei ist die Überführung der Leistungsprüfung und Zuchtwertschätzung von der staatlichen auf die private Ebene ein zentraler Punkt. Aufgrund der Übergangsfristen und Abweichungsregeln sind in diesem Bereich bisher jedoch kaum Auswirkungen auf die Pferdezucht zu verzeichnen. Dagegen ist bei der Ausweitung der Tätigkeitsbereiche eine starke Dynamik zu beobachten (SCHULTE-COERNE und ROSE, 2008). Bereits vor Änderung des Gesetzes wurden Entwicklungen deutlich, die eine Orientierung der Verbände über die Grenzen der ursprünglichen Kernzuchtgebiete hinaus auf das nationale und europäische Plateau zeigten. Parallel dazu hat sich in den letzten Jahren eine zunehmende Aktivität bei der Umsetzung von Fusionsbestrebungen abgezeichnet, die auch in absehbarer Zukunft nicht zum Stillstand kommen wird.

Die Liberalisierung des EU-Marktes, z. B. in Bezug auf Besamung oder Anerkennung von Züchtervereinigungen, stellt die deutschen Zuchtverbände vor eine veränderte Marktsituation. Als Reaktion auf eine erweiterte Wettbewerbskonkurrenz wird versucht, durch die Zusammenschlüsse eine stabilere Position am Markt, eine synergetische Nutzung personeller und finanzieller Ressourcen sowie eine Erweiterung des züchterischen Potentials zu erreichen. In Bezug auf die Vermarktung wurde eine bisher nicht bekannte Intensität verbunden mit der beständigen Erschließung neuer

Vermarktungsansätze erreicht. Den Verbänden kommt hierbei eine an Bedeutung gewinnende Aufgabe als Dienstleister (NISSEN, 2008) zu.

Die Züchterschaft selbst unterliegt ebenfalls einem starken strukturellen Wandel. So haben sich neben der traditionellen Pferdezucht im landwirtschaftlichen Betrieb die wesentlichen Züchterkategorien der privaten Hengsthalter, der professionellen Pferdezuchtbetriebe sowie der jungen, engagierten Züchter herauskristallisiert (BRÜNING, 2008). Die genannten Varianten sind durch starke Unterschiede hinsichtlich der Motivation und Zielsetzung, des züchterischen Backgrounds und des wirtschaftlichen Potentials gekennzeichnet. Sie bilden somit eine im Vergleich zu den meisten anderen Nutztierarten sehr heterogenen Züchterbasis. Eine ähnliche Heterogenität zeichnet sich auch auf Seiten der Konsumenten ab. Eine Ipsos-Marktanalyse ergab, dass hinsichtlich der sportlichen Orientierung (Freizeit vs. Turnier), der Reitweise (klassische Reitlehre, Westernreiten, etc.) und der Organisation (Vereinsmitglied vs. Nicht-Mitglied) erhebliche Unterschiede zwischen den Pferdesportlern bestehen (IPSOSSTUDIE, 2001). Die Vielfalt der spezialisierten Zielgruppen im Leistungs- und Freizeitsportbereich geht nach SCHADE (2008) mit unterschiedlichen Kundenanforderungen einher. Und obgleich die Mehrheit der Reiter im Freizeitbereich einzuordnen ist, wird im Sportpferdebereich eine enorme Summe an Verkaufsgeldern umgesetzt. Zusätzlich erfährt gemäß ÁRNASON und VAN VLECK (2000) die Kategorie von Pferden die größte Aufmerksamkeit, die auf hohem Leistungslevel im Wettkampf eingesetzt werden. Die daran geknüpften Merkmale sind folglich auch in den Zuchtzieldefinitionen häufig vorherrschend.

2.2 Zuchtplanung

Der Begriff des „Züchtens“ beschreibt die überlegte Auswahl der Paarungspartner und eine anschließende Selektion unter den gefallenen Nachkommen im Hinblick auf das von der Züchterschaft festgelegte Zuchtziel. Dabei muss die Züchtung grundsätzlich darauf ausgerichtet sein, die durch die Vererbung mitgegebenen Anlagen des Pferdes zur Entfaltung gelangen zu lassen (LÖWE et al. 1988).

2.2.1 Allgemeine tierzüchterische Grundsätze

Die Zuchtplanung umfasst alle züchterisch relevanten Maßnahmen, die mit der Entwicklung und Optimierung von Zuchtprogrammen einhergehen (FEWSON, 1994). Dabei ist zunächst die Definition eines Zuchtzieles unerlässlich (Abbildung 1).

Weiterhin steht die Auswahl der geeigneten Zuchtmethode und der hierfür einzusetzenden Zuchtpopulation im Fokus des Planungsgeschehens. Für die fundierte Zuchtplanung sind zudem die Ermittlung von Populationsparametern und ökonomischen Koeffizienten unerlässlich. Letztere beziehen sich auf naturale Erträge sowie Kosten der Produktionsfaktoren und Zuchtmaßnahmen. Die beiden genannten Faktoren beeinflussen wiederum die Charakteristik der Leistungsprüfungen in einem Zuchtprogramm. Neben der Bestimmung der zu prüfenden Tiere kommt den Aspekten Prüfungsumwelt, Prüfungsperiode, Prüfungsmerkmale und Prüfungsumfang eine wesentliche Rolle zu. Die Leistungsprüfung selbst ist die Vorbedingung für die Zuchtwertschätzung, die wiederum die Grundlage der Selektion darstellt. Aus den verfügbaren Informationen ist unter Verwendung von Selektionsindizes der Gesamtzuchtwert für die entsprechende Selektionsmaßnahme zu ermitteln. Zudem existiert eine enge Verflechtung zwischen Selektion und Paarung. Der Anpaarungsplan steht in unmittelbarem Zusammenhang zur Selektionsintensität und dem Generationsintervall. Die Optimierung der Faktoren ist eine der zuchtplanerischen Hauptaufgaben und bestimmt den jeweiligen Zuchtfortschritt. Mit fortschreitendem Zuchterfolg geht zumeist eine Weiterentwicklung des Leistungsprofils der jeweiligen Zuchtpopulation einher. Unter diesen Umständen oder auch bei veränderten Leistungsanforderungen muss eine Überprüfung von Zuchtziel, Zuchtmethode und Zuchtpopulation erfolgen. Im Falle der Notwendigkeit wird eine Neuanpassung der genannten Parameter vorgenommen (FEWSON, 1994).

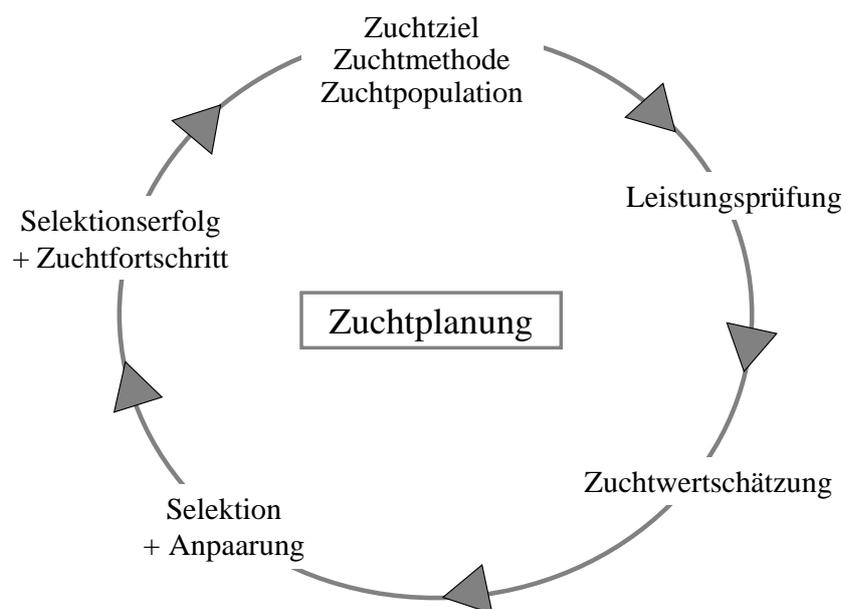


Abbildung 1: Allgemeines Modell der Zuchtplanung (nach FEWSON, 1994)

2.2.2 Das Zuchtziel

Die Züchtung nach populationsgenetischen Prinzipien gestaltet sich laut LÖWE et al. (1988) für die Reitpferdezucht als vergleichsweise schwierig. Im Gegensatz zu den meisten anderen Nutztierarten weist das Pferd eine geringe Fortpflanzungsrate verbunden mit einem langen Generationsintervall auf. Die Umsetzung populationsgenetischer Methoden ist zudem durch die geringe Populationsgröße, vor allem aber die ungünstige Zuchtstruktur (v. a. kleine Herdengröße) erschwert. Als kritisch wird auch die Bestimmung der züchterisch interessanten Leistungseigenschaften eingeschätzt.

Generell werden im Hinblick auf die Selektionswürdigkeit verschiedene Anforderungen an die Zuchtziel- bzw. Selektionsmerkmale gestellt. Dazu gehört zum einen die objektive und genaue Messbarkeit des Kriteriums, zum anderen ist das Vorhandensein entsprechender phänotypischer und additiv-genetischer Varianz verbunden mit genügend großer Heritabilität von Bedeutung. Darüber hinaus wird eine gewisse ökonomische Bedeutung des jeweiligen Merkmals vorausgesetzt (LÖWE et al. 1988). Die Umsetzung dieser Prinzipien in der Reitpferdezucht ist nur bedingt gegeben.

Das von der FN vorgegebene Rahmenzuchtziel für die deutsche Reitpferdezucht ist folgendermaßen formuliert (ZVO, § 200a):

„Gezüchtet wird ein edles, großliniges und korrektes, gesundes und fruchtbares Pferd mit schwungvollen, raumgreifenden, elastischen Bewegungen, das aufgrund seines Temperamentes, seines Charakters und seiner Rittigkeit für Reitzwecke jeder Art geeignet ist.“

Diese recht allgemeine Beschreibung besitzt seit 1975 ihre Gültigkeit und erhielt lediglich im Jahr 2000 die Ergänzung: „...gesundes und fruchtbares ...“. Angelehnt an das Rahmenzuchtziel wird von den einzelnen Mitgliedsverbänden ein individuelles Zuchtziel definiert. Dieses beschreibt in der Regel die rassespezifischen Eigenschaften in Bezug auf Größe, Farbe, Typ, Körperbau, Bewegungsablauf, Rittigkeit, Interieur, Gesundheit, Verwendungszweck und Einsatzmöglichkeit. Aufgrund der enormen Bandbreite der späteren Verwendung ist laut MEINARDUS (1995) jedoch kein konkretes Zuchtziel für den einzelnen Züchter formulierbar.

Eine erhöhte Wertschätzung durch die Züchterschaft selbst kommt laut Untersuchungen von TEEGEN (2008) den Eigenschaften Rittigkeit und Interieur zu. Ein Vergleich über verschiedene europäische Pferdezuchtorganisationen hinweg ergab, dass die Mehrzahl

der Zuchtziele die Eigenschaften Exterieur, Grundgangarten und Leistung im Spring- bzw. Dressursport beinhalten (KOENEN et al. 2004). Weitere häufig genannte Merkmale sind laut dieser Studie Verhalten, Gesundheit und Fruchtbarkeit. Insgesamt zeigten sich die Zuchtziele für Sportpferde jedoch fast durchgängig eher allgemein formuliert und von mangelnder Transparenz gekennzeichnet. Begründet wird dies durch die schwierige Messbarkeit vieler Merkmale, woraus sich die Notwendigkeit einer subjektiven Definition ergibt. Darüber hinaus fehle oftmals eine Rangierung der Kriterien.

Die in der Tierzucht übliche Gewichtung der Zuchtzielmerkmale in monetären Termen entsprechend ihrer ökonomischen Bedeutung gestaltet sich in der Pferdezucht als schwierig. Es erfolgt keine Erzeugung von handelbaren Gütern, so dass die Leistung eines Pferdes über dessen Gesamtwert beschrieben wird. Wissenschaftliche Ansätze zur ökonomischen Bewertung einzelner Merkmale sind anhand von Auktionsergebnissen (BRUNS et al. 1978; ICKEN et al. 2007) sowie durch kontingente Befragungsmethoden (EDEL, 2006; TEEGEN, 2008) durchgeführt worden. Die daraus abgeleiteten Zuchtzielermittlungen wurden bedingt in die Praxis umgesetzt. Eine Ableitung monetärer Bezugsmaßstäbe ist jedoch für die Mehrzahl der Merkmale nicht möglich, so dass stattdessen in vielen Bereichen von Experten vorgeschlagene Relativgewichte verwendet werden, die die Leistungsinformationen entsprechend ihrer genetischen und wirtschaftlichen Bedeutung prozentual gewichten (KÜHL, 1991). Zudem verwiesen ÁRNASON et al. (2000) auf die häufige und oftmals sogar erfolgreiche Anwendung von „*ad hoc-Methoden*“, bei denen empirische Erfahrungen kombiniert mit einigen biologischen Aspekten und einem großen Anteil Intuition zu Einsatz kommen.

2.2.3 Zuchtmethode und Zuchtpopulation

Hinsichtlich der Zuchtmethode strebt die Mehrzahl der deutschen Reitpferdezuchten eine Erreichung des Zuchtziels durch Reinzucht an. Dabei ist die Reinzucht in klassischer Form, das heißt eine Selektion innerhalb einer über Generationen hinweg in sich geschlossenen Population, heute kaum mehr anzutreffen (Beispiele: Arabisches Vollblut, Islandpferde auf Island). Die meisten Zuchtbücher sind als *offen* definiert und lassen den Einsatz bestimmter Veredlerrassen zu. Diese Veredlungskreuzung impliziert die kontrollierte Anpaarung von Reinzuchttieren mit Tieren anderer Populationen und eine dadurch erreichte Einbringung positiven genetischen Potentials (LÖWE, 1988).

Die verschiedenen Abteilungen der Zuchtbücher liefern dabei ein Instrument zur Selektionssteuerung. So kommt die praktizierte Eintragung in die Zuchtbücher der

Methode mit unabhängigen Selektionsgrenzen gleich, da festgesetzte Mindestnoten die Aufnahme in den entsprechenden Abschnitt der Hauptabteilung restringieren (EDEL, 2006). Gleichzeitig normieren spezielle Abstammungsregelungen die differenzierte Zuordnung zur Hauptabteilung bzw. zur besonderen Abteilung.

Für die Teilnahme am Zuchtprogramm ist in der Regel, so auch beim Deutschen Sportpferd, eine Eintragung in das Hengstbuch I bzw. in die Stutbücher I oder II erforderlich (ZVO-DSP, 2009). Die betreffenden Tiere gelten als Zuchtpopulation im eigentlichen Sinne, wohingegen die Zuchtpopulation im Allgemeinen eine Gruppe von Tieren beschreibt, die eine Paarungsgemeinschaft bildet. Für das Deutsche Sportpferd in den Gebieten Berlin-Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen umfasst die Zuchtpopulation derzeit ca. 5.800 Stuten und 250 Hengste (ZVO-DSP, 2009).

2.2.4 Die Leistungsprüfung

Die Leistungsprüfung ist in der Tierzucht als „... gezielte Maßnahme zur Ermittlung der phänotypischen Ausprägung wertbestimmender Merkmale von Zucht- und Produktionstieren ...“ definiert (LANGHOLZ et al. 1994).

Struktur des Deutschen Prüfsystems

Die Zuchtplanung in der Deutschen Reitpferdezucht kann in ihrer Struktur durch das in Abbildung 2 dargestellte Pyramidschema beschrieben werden. Eingebettet in vier Selektionsabschnitte erfolgt eine Auswahl von Elterntieren. Die Umsetzung der verschiedenen Selektionsstufen ist unmittelbar an die Absolvierung von Leistungsprüfungen gekoppelt. Die Nachzuchtbewertung als Saugfohlen bei Fuß der Mutter bildet hierbei die erste Stufe. Sie erfolgt für männliche und weibliche Tiere gleichermaßen, wohingegen alle weiteren Selektionsstufen getrennt nach Geschlechtern durchlaufen werden. So stellen Körung und Stutbuchaufnahme im Alter von zweieinhalb bis drei Jahren den zweiten Selektionsschritt für potentielle Elterntiere dar. Hierbei liegt der Schwerpunkt der Merkmalsbewertung auf dem Exterieur und den Grundgangarten (freilaufend oder an der Hand). Bei den männlichen Tieren kommt darüber hinaus das Freispringen hinzu. In einigen Zuchtverbänden wird außerdem die Zulassung zur Körung als eigenständige Selektionsstufe betrachtet. Für die Hengste kann bereits mit positivem Körurteil ein vorläufiger Eintrag ins Zuchtbuch erfolgen, welcher jedoch innerhalb eines definierten Zeitraums durch Bestehen der Hengstleistungsprüfung (HLP) bestätigt werden muss. In der Regel absolvieren die HLP-Kandidaten im Vorfeld

eine 30-tägige Veranlagungsprüfung. Diese überprüft adäquat zur Zuchtstutenprüfung das Interieur (nicht bei ZSP-Feldprüfungen), die Grundgangarten unter dem Sattel, die Rittigkeit und die Springveranlagung anhand des Freispringens. Die eigentliche Hengstleistungsprüfung erfolgt über einen Zeitraum von mindestens 70 Tagen und erhebt neben den soeben genannten Merkmalen das Parcourspringen und die Geländeprüfung (ZVO, 2009). Sie erfuhr im Jahr 2010 eine Neukonzeption, von der u. a. der Prüfungsablauf, die Aufgabenverteilung und die Ergebnisdarstellung berührt waren. Alternativ zu den beschriebenen Leistungsüberprüfungen gilt für Hengste und Stuten durch das Erbringen vorgegebener Turnierfolge die Leistungsprüfung ebenfalls als bestanden. Der Zuchteinsatz ist bereits nach der zweiten (Stuten) bzw. dritten Selektionsstufe möglich. Eine gezielte Eliteanpaarung erfordert jedoch genaueste Informationen. Neben den Phänotypenwerten aus den beschriebenen Leistungsprüfungen kann im Rahmen der vierten Selektionsstufe das genetische Potential der Tiere anhand der Zuchtwertschätzung noch einmal deutlich verbessert festgestellt werden. Hierfür werden die Daten der Turniersport- und Aufbauprüfungen, der Zuchtstuten-, Veranlagungs- und Hengstleistungsprüfung zugrunde gelegt. Unter Verwendung der Ergebnisse aus den genannten Selektionsabschnitten ist schließlich eine Auswahl und Anpaarung von Elite-Elterntieren möglich.

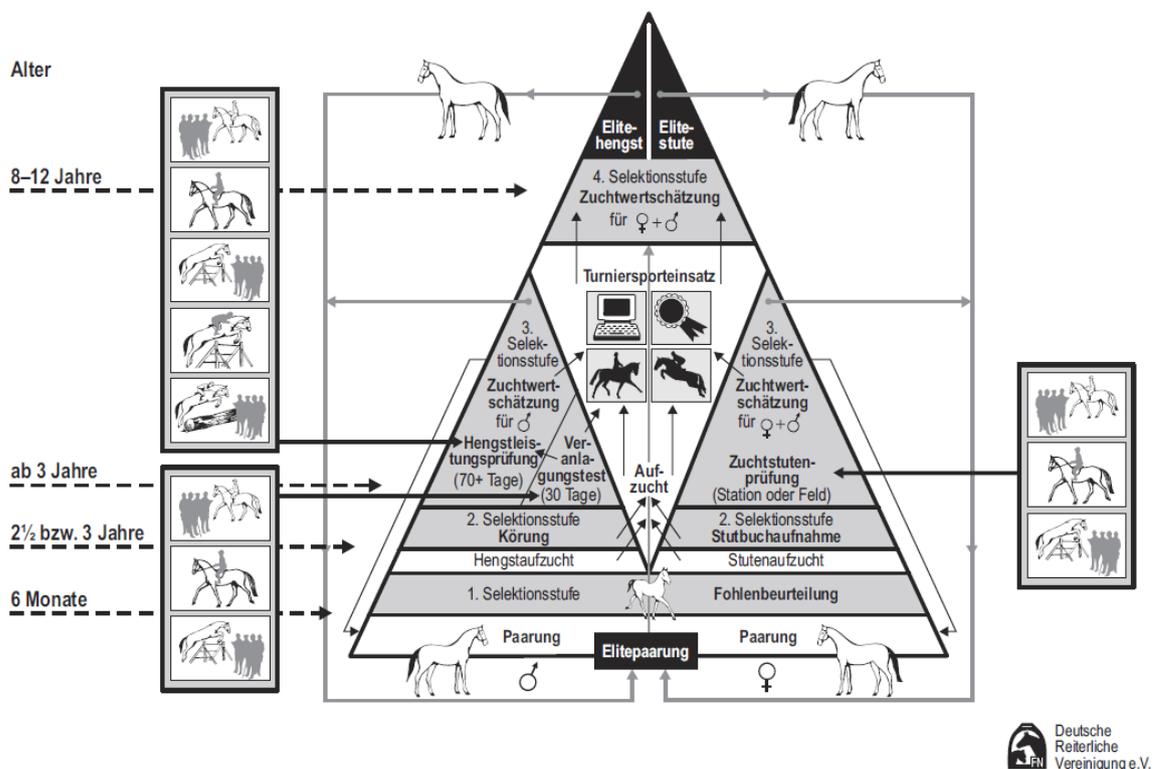


Abbildung 2: Zuchtplanung beim Deutschen Reitpferd (FN, 2002)

Die Bewertung von Zuchtpferden erfolgt in der Regel auf Sammelveranstaltungen, um den Vergleich einer hinreichend großen Zahl von Pferden sicher zu stellen. Die Zuständigkeit obliegt einer von der jeweiligen Züchtervereinigung berufenen Kommission (ZVO, 2009). Die Bewertung erfolgt unter Verwendung von halben und ganzen Noten innerhalb einer Notenskala von 0 (nicht ausgeführt) bzw. 1 (sehr schlecht) bis 10 (ausgezeichnet) in Anlehnung an die LPO (§ 57). Die ungenügende Ausnutzung der Skala ist vielfach dokumentiert (u.a. VON VELSEN-ZERWECK, 1998; LÜHRS-BEHNKE, 2005; TEEGEN, 2008). Sie resultiert häufig in einer rechtsseitig verschobenen Normalverteilung mit einem Mittelwert von größer fünf ($\bar{x} > 5$) bei zugleich geringer Standardabweichung. Das subjektive Bewertungsverfahren ist ein häufig genannter Kritikpunkt des derzeitigen Erfassungssystems. Eine Alternative stellt die lineare Beurteilung dar. Die Einführung dieses Bewertungsverfahrens forderte bereits eine ganze Reihe von Autoren, vor allem im Hinblick auf die Exterieurbeurteilung (u.a. WEYMANN, 1992; HARTMANN, 1993; KALM, 1995; BÖSCH et al. 2000). Die routinemäßige Umsetzung der linearen Beschreibung wird beispielsweise in der Niederländischen Reitpferdezucht (VAN VELDHUIZEN, 1995) und für das Schweizer Sportpferd (ZVCH, 2009) erfolgreich praktiziert.

In einem internationalen Vergleich von Prüfungsverfahren für Sportpferde konnte KOENEN (2002) drei wesentliche Testmethoden differenzieren. Seiner Studie zufolge nutzen die Zuchtorganisationen vorrangig jene Möglichkeiten zur Erhebung von Leistungsinformationen, die aus Wettkämpfen, Stations- und Feldtests resultieren. Dies trifft auch für das deutsche System der Zuchtplanung und die darin involvierte Integrierte Zuchtwertschätzung zu (siehe Abbildung 2).

Im Folgenden werden ausgewählte Leistungsprüfungen, welche explizit im Rahmen der internen Zuchtwertschätzung Anwendung finden, betrachtet. Ihre Einordnung in den Zuchtplanungsprozess sowie ihre Beziehungen zu anderen Leistungsprüfungen sollen aufgezeigt werden.

Fohlenbeurteilung und Stutbuchaufnahme

Der wesentliche Schwerpunkt der Beurteilung von Fohlen und Stuten liegt auf der Bewertung des Exterieurs. Von jeher existiert ein hoher Anspruch hinsichtlich bestimmter Ausprägungen der Körperform. Die Harmonie der Körperteile zueinander gilt dabei als äußeres Merkmal der Leistung (ZORN, 1952).

Im Allgemeinen beschreibt das Exterieur die verschiedenen Aspekte des Körperbaus. Die qualitative Beschreibung des Gebäudes und des Fundaments berücksichtigt die Ausprägung und Stellung der einzelnen Körperpartien, der Gliedmaßen und Hufe. Zugleich kann zwischen einem funktionellem und einem ästhetischen Exterieur differenziert werden (VAN VELDHUIZEN, 1998). Als hauptsächliche Zielrichtungen der Exterieurbeurteilung werden erstens die Hinweise auf die Reiteignung, zweitens die gesundheitlichen Aspekte und drittens die Typaspekte angesehen. So lassen sich anhand von Erfahrungswerten und gewissen Konstruktionsstandards Rückschlüsse auf eine generelle Reiteignung ziehen und darüber hinaus mit Hilfe der Stellung und Korrektheit der Gliedmaßen gesundheitliche Aspekte ableiten. Im Hinblick auf die Typaspekte ist gerade bei Zuchttieren neben einem zweckmäßigen Körperbau auch ein deutlicher Rasse- und Geschlechtsausdruck erwünscht. Zudem kann für typvolle Pferde nachweislich ein besserer Kaufpreis erzielt werden (CHRISTMANN, 2002).

PREISINGER et al. (1991) sehen die Fohlenbeurteilung als ersten Schritt auf dem Weg der Nachkommenprüfung. Als Vorteil dieser frühzeitig stattfindenden Leistungserhebung gilt die geringfügige Vorselektion der vorgestellten Tiere. Gerade die aktuellen Entwicklungen zeigen, dass die Hengste bereits in einem sehr jungen Alter von den Züchtern nachgefragt werden und zudem eine intensive Vermarktung einzelner Tiere erfolgt. Umso wichtiger ist es, eine frühe Nachkommenprüfung anzustreben, um mögliche Fehlentwicklungen zeitig erkennen und entsprechend reagieren zu können. Zugleich sind jegliche Ansätze zur Verkürzung des Generationsintervalls stets von züchterischem Interesse.

Für die Exterieurbewertung generell schätzt KALM (1995) vor allem die Unterschiedlichkeit und Vielzahl der Standorte bei gleichzeitig kleiner Prüfgruppengröße als kritisch ein. Darüber hinaus ist die mitunter differenzierte Handhabung der einzelnen Zuchtorganisationen für verbandsübergreifende Auswertungen nachteilig. Im Hinblick auf die Fohlenbeurteilung erweist sich die korrekte Einschätzung der späteren Qualität des vollentwickelten Pferdes in diesem juvenilen Stadium mitunter als schwierig (PREISINGER et al. 1991). Gleichzeitig versprechen die erhobenen Merkmale aufgrund ihrer Heritabilitäten positive Effekte (KALM, 1995). Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse verschiedener Studien zur Parameterschätzung für Merkmale der Fohlenbeurteilung. Daraus geht hervor, dass die Heritabilitäten vorrangig auf einem mittleren bis hohen Niveau angesiedelt sind. Für die Holsteiner Population ist im zeitlichen Verlauf ein

deutlicher Anstieg der Parameter zu verzeichnen. Ein direkter Vergleich zwischen den verschiedenen Analysen stellt sich jedoch aufgrund unterschiedlicher Merkmalsbezeichnungen bzw. -definitionen schwierig dar.

Tabelle 1: Heritabilitäten für Merkmale der Fohlenbeurteilung (geschätzt mit einem Tiermodell, Ausnahme PREISINGER et al.: Vatermodell)

Quelle	Material	Merkmal	h ²
TEEGEN et al. (2006)	6.442 Trakehner	Typ	0,46
		Körper	0,29
		Fundament	0,20
BÖSCH et al. (2002)	34.359 Holsteiner Reitpferd	Typ/Gebäude	0,42
		Gang/Schwung	0,40
REINECKE (1998)	31.425 Holsteiner Reitpferd	Typ/Gebäude	0,26
		Gang/Schwung	0,28
KÜHL (1991)	6.969 Holsteiner Warmblut	Typ	0,20
		Korrektheit der Gangarten einschl. Schub und Schwung	0,21
PREISINGER et al. (1991)	9.907 Trakehner	Typ	0,32
		Exterieur	0,18
		Regelmäßigkeit des Ganges	0,17
		Schwung der Bewegung	0,31

Eine ähnliche Situation ist auch bei der Leistungserhebung zur Stutbuchaufnahme wiederzufinden. Tabelle 2 zeigt eine Zusammenfassung von Schätzwerten verschiedener Populationen und Zuchtgebiete. Die Darstellung wurde auf eine Reihe wichtiger Arbeiten der letzten Jahre begrenzt, da eine Aufführung aller Rassen und Zuchtgebiete eine übersichtliche Darstellung nicht erlaubt. Aus Gründen der Überschaubarkeit wurde zudem auf die Ausführung der unterschiedlichen Modellierungen und Merkmalskonstellationen verzichtet. Der Übersicht (Tabelle 2) ist zu entnehmen, dass sich die Typmerkmale fast ausnahmslos als hoch heritabel erweisen. Die reinen Körperformmerkmale sind differenziert zu betrachten. So ist für Kopf und Hals eine hohe bzw. mittlere Heritabilität zu verzeichnen, wohingegen das Fundament bzw. dessen Einzelbetrachtung - die Vorder- und Hintergliedmaßen - nahezu durchgängig mit niedrigen Schätzwerten beschrieben werden.

Die Merkmale der Stutbuchaufnahme werden u. a. aufgrund der dargelegten Heritabilitätsschätzwerte als züchterisch wertvoll angesehen (KÜHL, 1991; CHRISTMANN, 2002). Gleichzeitig ist ihre unzureichende Nutzung im Hinblick auf die züchterische Verbesserung im Reitpferdesektor ein Kritikpunkt (KALM, 1995). Als logische Konsequenz empfiehlt sich neben den bestehenden sportorientierten Zuchtwerten des Integrierten Schätzsystems die Veröffentlichung eines Exterieurzuchtwertes (KALM, 1995) beziehungsweise die Berücksichtigung des Exterieurs im Gesamtzuchtwert (KÜHL, 1991).

Die genetischen Beziehungen zwischen den Merkmalen der Stutbuchaufnahme sind sehr variabel. Sie bewegen sich in einem Spektrum von sehr schwach bis sehr hoch korreliert. CHRISTMANN (1996) berechnete negative genetische Zusammenhänge für das Merkmal Hintergliedmaßen in Kombination mit Schritt ($r_g = -0,19$), Kopf ($r_g = -0,10$) und Sattellage ($r_g = -0,02$). Alle weiteren in Tabelle 2 aufgeführten Autoren schätzten durchweg mittlere bis hohe genetische Korrelationen in einem Intervall von $0,37 \leq r_g \leq 0,99^1$ (Ausnahme DIETL et al. 2004: $r_{g(\text{Kopf} : \text{Vordergliedmaßen})} = 0,11$). Dabei rangierten die allgemein beschreibenden Merkmale wie Typ oder Gesamteindruck und Entwicklung in verschiedenen Konstellationen an der oberen Intervallgrenze. Die Fundamentmerkmale erwiesen sich mit den meisten anderen Exterieureigenschaften als niedrig korreliert; zeigten jedoch teilweise eine hohe Beziehung zur Gangkorrektheit.

Die Fohlenbeurteilung hat einen nicht unerheblichen Einfluss auf die Selektion, insbesondere auf der männlichen Seite. Zur Überprüfung dieser Indikatorfunktion werden des Öfteren die genetischen Korrelationen zwischen Merkmalen der Fohlenbeurteilung und der Stutbuchaufnahme hinzugezogen. BÖSCH et al. (2000) ermittelten hierfür mittlere bis hohe genetische Beziehungen ($0,51 \leq r_g \leq 0,88$) und schlussfolgerten daraus auf die Praktikabilität einer zielgerichteten Selektion im Fohlenalter. TEEGEN (2008) erachtet die Fohlenbeurteilung als eine wertvolle Information im allgemeinen Zuchtsystem, der individuelle Nutzen sei jedoch nur aus dem Gesamtkontext der Zuchtstrategie des jeweiligen Verbandes erschließbar. Die genetischen Korrelationen von Merkmalen der Fohlenbeurteilung zu Merkmalen der Zuchtstutenprüfung befinden sich vorrangig auf einem mittleren Niveau. In der Literatur liegen hierfür Werte von $0,02 \leq r_g \leq 0,52$ (BÖSCH ET AL. 2000) bzw. $0,36 \leq r_g \leq 0,74$ (TEEGEN, 2008) vor.

¹ keine Berücksichtigung von Merkmalen, die sich aus aufsummierten Noten anderer Merkmale ergeben

Tabelle 2: Heritabilitäten für Merkmale der Stutbuchaufnahme

Quelle	Material	Merkmal	h ²
TEEGEN (2008)	Trakehner Verbandes N = 5.788	Typ	0,46
		Körper	0,32
		Fundament	0,20
		Schritt	0,29
		Trab	0,44
		Galopp	0,28
		Gesamteindruck	0,40
DIETL et al. (2004)	Verband der Pferde- züchter Mecklenburg Vorpommern e.V. N = 3.654	Rasse- und Geschlechtstyp	0,29
		Kopf	0,41
		Hals	0,29
		Sattellage	0,11
		Rahmen	0,14
		Vordergliedmaßen	0,15
		Hintergliedmaßen	0,08
		Korrektheit des Ganges	0,12
		Elastizität	0,20
		Schritt	0,16
Gesamteindruck	0,19		
BÖSCH et al. (2000)	Verband der Züchter des Holsteiner Pferdes N = 16.523	Typ	0,41
		Oberlinie	0,23
		Fundament vorn	0,12
		Fundament hinten	0,11
		Gangnote	0,19
		Schub/Schwung	0,25
WILLMS et al. (1999)	keine Angabe zur Herkunft N = 10.300	Typ	0,42
		Oberlinie	0,25
		Breite/Tiefe	0,14
		Fundament vorn	0,12
		Fundament hinten	0,29
		Gangnote	0,28
Schub und Schwung	0,19		
REINECKE (1998)	Verband der Züchter des Holsteiner Pferdes N = 16.634	Typ	0,30
		Oberlinie	0,16
		Fundament vorn	0,09
		Fundament hinten	0,10
		Korrektheit der Gangarten	0,12
		Schub und Schwung	0,26
CHRISTMANN (1996)	Verband Hannoverscher Warmblutzüchter N = 5.347	Kopf	0,42
		Hals	0,25
		Sattellage	0,35
		Rahmen	0,23
		Vordergliedmaßen	0,16
		Hintergliedmaßen	0,18
		Typnote	0,32
		Korrektheit	0,14
		Trab	0,39
		Schritt	0,19
Gesamteindruck	0,25		
KÜHL (1991)	Verband der Züchter des Holsteiner Pferdes N = 6090	Typ	0,36
		Oberlinie	0,22
		Breite/Tiefe	0,15
		Fundament vorn	0,06
		Fundament hinten	0,15
		Korrektheit der Gangarten	0,09
		Schub und Schwung	0,23

Zuchtstutenprüfung

In den Deutschen Zuchtverbänden ist die Stutenprüfung ein fester Bestandteil der Zuchtprogramme und zugleich ein wesentlicher Baustein der Zuchtwertschätzung (NISSEN, 2002). In der Vergangenheit hat dieses Prüfsystem einer Reihe von Anpassungen und Modifikationen erfahren. Die heutige Überprüfung der besonderen Leistungseigenschaften erfolgt in den Varianten Stations- und Feldprüfung. Beide Prüfformen beinhalten einen Veranlagungstest, der die Bewertung in den Merkmalskomplexen Grundgangarten, Rittigkeit und Springanlage (Freispringen) beinhaltet. Der Stationsprüfung geht zusätzlich eine mindestens 14-tägige Vorprüfung voraus. Neben den bereits genannten Eigenschaften wird hierbei das Merkmal Interieur bewertet (ZVO, 2009).

Eine vergleichende Untersuchung der genetischen Parameter für Merkmale der Zuchtstutenprüfung aus sechs deutschen Pferdezuchtverbänden zeigte, dass das verbandsübergreifende Heritabilitätsniveau nicht durchweg homogen ist. Die Ursachen könnten, so LÜHRS-BEHNKE (2005), in der unterschiedlichen Frequentierung und dem damit ungleichen Vorselektionsgrad der Stuten sowie in der divergenten Anzahl eingesetzter Richtergruppen pro Verband liegen. Eine Auflistung und Gegenüberstellung der wesentlichen Studien zur Parameterschätzung an Deutschen Reitpferdepopulationen aus den vergangenen 15 Jahren ist den Tabelle 3 und

Tabelle 4 zu entnehmen. Die Merkmale erweisen sich fast durchweg als mittel bis hoch heritabel und damit als züchterisch gut zu bearbeiten. Die vom vit verwendeten Parameter (JAITNER und REINHARDT, 2008) liegen für Schritt, Galopp und Rittigkeit jeweils nahe der oberen und für das Freispringen nahe der unteren Intervallgrenze. Die Varianz der Schätzwerte schwankt merkmalsbezogen zwischen $\Delta h^2_{\max} = 0,09$ (Schritt) und $\Delta h^2_{\max} = 0,22$ (Freispringen). Die Extremwerte gehen dabei mehrheitlich auf die Analysen von DIETL et al. (2005) und TEEGEN (2008) zurück. Dies kann zum einen durch den verhältnismäßig geringen Stichprobenumfang beider Analysen, die Verwendung eines sire-dam-Modells durch die zweite Autorin oder durch die vom ersten Autor beschriebene, unterschiedliche Merkmalsdefinition (hier für das Merkmal Rittigkeit) begründet sein. Gleichzeitig ist zu beachten, dass die aus der Stationsprüfung resultierenden Schätzwerte generell eine höhere Tendenz aufweisen. Mehrere Literaturquellen belegen übereinstimmend diesen Trend und befürworten dennoch mehrheitlich eine gemeinsame Auswertung von Stations- und Felddaten (u. a. CHRISTMANN, 1996; BÖSCH et al. 2000).

Tabelle 3: Studien aus den vergangenen 15 Jahren zur Parameterschätzung für Merkmale der Zuchtstutenprüfung an Deutschen Reitpferdepopulationen, Stichprobenumfang (N)

Quelle	Material	Prüfungsform	N
(1) Jaitner und Reinhardt (2008)	Integrierten Zuchtwertschätzung 2008	Stations- und Feldprüfung	
(2) Teegen (2008)	Zuchtstutenprüfung des Trakehner Verbandes	hier: nur Feldprüfung	1.197
(3) Dietl et al. (2005)	Zuchtstutenprüfung des Mecklenburger Warmbluts	Stationsprüfung	1.628
(4) Lührs-Behnke (2005)	Zuchtstutenprüfung der Zuchtverbände Hannover, Holstein, Oldenburg, Westfalen, Bayern, Mecklenburg	Stations- und Feldprüfung	40.670
(5) Bösch et al. (2000)	Zuchtstutenprüfung des Verbandes der Züchter des Holsteiner Pferdes	Stations- und Feldprüfung	4.128
(6) Brockmann (1998)	Zuchtstutenprüfungen von sechs Deutschen Zuchtverbänden	Feldprüfung	8.726
(7) von Velsen-Zerweck (1998)	Zuchtstutenprüfung der Zuchtverbände Bayern, Hannover, Holstein, Oldenburger, Trakehner, Westfalen	Stations- und Feldprüfung	11.300
(8) Christmann (1996)	Zuchtstutenprüfung des Hannoveraner Verbandes	Stations- und Feldprüfung	5.347
(9) Schade (1996)	Zuchtstutenprüfung des Hannoveraner Verbandes	Feldprüfung	4.354

Tabelle 4: Heritabilitäten für Merkmale der Zuchtstutenprüfung (FR=Fremdreiter; P=Prüfer)²

Quelle	Schritt	Trab	Galopp	Rittigkeit	Freispringen
vom vit für die Integrierte Zuchtwertschätzung 2008 verwendete Parameter					
(1)	0,30	0,40	0,37	0,32	0,34
Studien an deutschen Reitpferdepopulationen innerhalb der letzten 15 Jahre ³					
(2)	0,23	0,47	0,22	0,19 (FR) 0,31 (P)	0,36
(3)	0,32	0,34	0,40	0,14	0,54
(4)	0,27	0,38	0,34	0,29	0,32
(5)	0,31	0,31	0,29	0,32	0,41
(6)	0,27	0,36	0,35	0,30	0,37
(7)	0,27	0,36	0,35	0,30	0,35
(8)	0,27	0,37	0,30	0,30	0,41
(9)	0,27	0,36	0,29	0,29	0,42
Intervallgrenzen					
(1) - (9)	[0,23- 0,32]	[0,31-0,47]	[0,22-0,40]	[0,14-0,32]	[0,32-0,54]

² mit Ausnahme von Teegen (sire-dam-Modell) erfolgten alle Analysen anhand eines Tiermodells³ auf eine Auflistung von Reinecke (1998) und Willms et al. (1999) wurde an dieser Stelle verzichtet, da hierfür zusätzliche eine umfangreiche Differenzierung der Bewertergruppen erforderlich ist

Das Intervall der genetischen Korrelation für die Merkmale der Zuchtstutenprüfung ist recht breit gefächert (vgl. Tabelle 5). Während das Freispringen kaum positive Beziehungen zu den anderen Prüfmerkmalen aufweist (der Schritt rangiert hier ausnahmslos an der untersten Intervallgrenze), zeigen sich Trab, Galopp und Rittigkeit als durchweg eng verknüpft.

Ein häufig erwähnter Vorteil der Zuchtstutenprüfung ist die parallele Erfassung von Dressur- und Springeigenschaften. Die Überprüfung der Zielmerkmale bezüglich Dressur- und Springeignung eines Pferdes in der tatsächlichen Nutzumwelt erfolgt anhand der Turniersport- und Aufbauprüfungen. Die hierbei erreichten Heritabilitäten gelten gemeinhin als niedrig. Die genetischen Korrelationen zwischen Zuchtstutenprüfung und Turniersportprüfung werden von BROCKMANN (1998) als hoch eingestuft (bis zu $rg = 0,75$) und lassen die Zuchtstutenprüfung als geeignete Leistungsprüfung erscheinen, um anhand daran orientierter Selektionsentscheidungen einen positiven Selektionsfortschritt in den Turniersportmerkmalen zu erzielen. Überdies wird das zur Zuchtstutenprüfung vorgestellte Pferdmaterial häufig als wenig vorselektiert beschrieben, was im Hinblick auf die Nachkommenschaften von Hengsten eine repräsentativere Stichprobe darstellt, als die ausschließliche Bewertung ausgewählter, vielversprechender Turnierpferde (u. a. VON VELSEN-ZERWECK, 1998).

Ein weiterer positiver Aspekt der Zuchtstutenprüfung ist die enge genetische Beziehung zum Pendant auf männlicher Seite – der Hengstleistungsprüfung. Verschiedene Studien belegen, dass es sich bei den erhobenen Eigenschaften um sehr ähnliche Merkmale handelt. Für die genetischen Korrelationen zwischen korrespondierenden Merkmalen wurden von verschiedenen Autoren Werte von $0,83 \leq rg \leq 0,96$ (SCHADE, 1996), $0,74 \leq rg \leq 0,89$ (BROCKMANN, 1998), $0,74 \leq rg \leq 0,90$ (VON VELSEN-ZERWECK, 1998) bzw. $0,87 \leq rg \leq 0,98$ (LÜHRS-BEHNKE, 2005) geschätzt.

Tabelle 5: Intervallgrenzen für Schätzwerte der genetischen Korrelationen von Merkmalen der Zuchtstutenprüfung

Quelle	Intervall	Minima	Maxima
(1)	0,10 – 0,69	Schritt : Freispringen	Trab : Galopp
(2)	-0,27 – 0,99	Schritt : Freispringen	Trab : Galopp
(3) ⁴	0,03 – 0,86	Schritt : Freispringen	Rittigkeit : Galopp
(5)	0,22 – 0,81	Schritt : Freispringen	Rittigkeit : Galopp Rittigkeit : Trab
(8)	-0,10 – 0,83	Schritt : Freispringen	Rittigkeit : Trab
(9)	-0,14 - 0.86	Schritt : Freispringen	Rittigkeit : Trab

Auf internationaler Ebene existiert eine Reihe von Leistungsprüfungen für junge Pferde, die mit der deutschen Zuchtstutenprüfung ganz oder teilweise vergleichbar sind. Zu nennen sind hier beispielsweise die Eigenleistungsprüfung für drei- und vierjährige Stuten der ungarischen Sportpferdepopulation (POSTA, 2008), der schwedische Riding Horse Quality Test für vierjährige Reitpferde (OLSSON et al. 2008), die Feldprüfung für dreijährige und der sogenannte „Eghnethedstest“ für vierjährige dänische Reitpferde (THORÉN-HELLSTEN, 2008), die Feldprüfung für drei- bis vierjährige schweizer Reitpferde (HASCHER, 1998) oder die Stations- und Feldprüfungen für die niederländische Reitpferdepopulation (VAN VELDHUIZEN, 1995). All diese Prüfungsformen erfassen die Merkmale Schritt, Trab, Galopp, Rittigkeit und Freispringen. Darüber hinaus erheben einige der genannten Länder im Rahmen derselben Prüfung auch Exterieurmerkmale und in vereinzelt Fällen Interieureigenschaften oder Gesundheitskriterien. Eine Gegenüberstellung von Feldprüfungen in verschiedenen Europäischen Sportpferdepopulationen ergab, dass für einige Merkmale (z. B. Schritt) Heritabilitäten in ähnlicher Größenordnung geschätzt werden. Für andere (z. B. Springen) aber wiederum konnten erheblich abweichende Erblichkeiten festgestellt werden (THORÉN-HELLSTEN et al. 2006).

⁴ keine Berücksichtigung der Gesamtnote Grundgangarten und von Springmanier und -vermögen

2.2.5 Die Zuchtwertschätzung

Gemäß der Zuchtverbandsordnung der FN (2009) beschreibt ein Zuchtwert den „...erblichen Einfluss von Pferden auf die Leistungen ihrer Nachkommen unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit.“

Das derzeitige Verfahren für die Schätzung von Zuchtwerten beim Deutschen Reitpferd ist das BLUP-Verfahren (**B**est **L**inear **U**nbiased **P**rediction). Im Gegensatz zur Vorgängermethode, dem Contemporary Comparison Test (CC-Test bzw. Zeitgefährtenvergleich), gelang es mit dem BLUP-Verfahren erstmals eine horizontale und vertikale Vergleichbarkeit der Zuchtwerte zu erzielen. Entscheidend dafür ist die korrekte Berücksichtigung der genetischen Unterschiede zwischen den Vergleichsgruppen. Im BLUP-Verfahren wird dieser Aspekt durch die simultane Schätzung von fixen und zufälligen Effekten realisiert (SCHÜLER et al. 2001). Das BLUP-Verfahren zeichnet sich durch eine hohe Korrelation zwischen tatsächlichem und geschätztem Zuchtwert aus (BRADE, 1984).

Diese von HENDERSON entwickelte und 1973 erstmals umfassend publizierte Methode fand zunächst Anwendung in der Milchrinderzucht und wurde, wie eine Vielzahl von Verfahren, erst später auf die Ebene der Pferdezucht übertragen. Die Umsetzung an realen Daten erfolgte erstmals 1980 durch ÁRNASON (1980) für die Isländerpopulation. 1982 empfahlen DISTL et al. eine Umstellung der Zuchtwertschätzung für die deutsche Traberpopulation vom CC-Test auf die BLUP-Methode. Diese Forderung basierte auf Studien, die eine deutlich bessere Sicherheit der BLUP-Zuchtwerte belegen. Im Hinblick auf die spezielle Charakteristik von Pferdepopulationen erachteten KATONA et al. (1983) die BLUP-Methode als den anderen Zuchtwertschätzverfahren überlegen. Sie werde gemäß den Autoren den aus tierzüchterischer Sicht komplizierten Verhältnissen am ehesten gerecht:

- geringe Populationsgröße
- kleine Nachkommengruppen
- schwierige Merkmalsdefinition und –quantifizierung
- Vielzahl systematischer Umwelteffekte
- große genetische Unterschiede innerhalb der Population.

Das in den frühen Anwendungen der BLUP-Methode verwendete Vatermodell wurde wenig später durch das Tiermodell abgelöst. Dieses bietet den Vorteil, dass aufgrund der Einbeziehung verschiedener Informationsquellen und Verwandtschaftsdaten für eine

Vielzahl von Tieren Zuchtwerte geschätzt werden können. Weiterhin ist eine Reduzierung von Verzerrungen möglich, die durch Selektion oder assortative Paarung hervorgerufen werden (TAVERNIER, 1988). Die erste Umsetzung als BLUP-Mehrmerkmals-Tiermodell wurde 1983 von ÁRNASON (1983) für die Islandpferdepopulation realisiert. Wiederholte Leistungen konnten kurz darauf von KLEMETS DAL (1986) am Beispiel der norwegischen Kaltbluttraber ins Modell integriert werden. Für die französische Springpferdezucht wurde das Verfahren 1985 durch TAVERNIER eingeführt und auf Basis der jährlichen Gewinnsumme etabliert (TAVERNIER, 1988). Ebenfalls auf der Gewinnsumme beruhend, stellte MEINARDUS (1988) Untersuchungen zur züchterischen Nutzung von Turniersportergebnissen an und legte damit den Grundstein für die erste Zuchtwertschätzung mit dem Tiermodell für Reitpferde in Deutschland im Jahr 1990. Vier Jahre später entwickelte das vit ein Schätzverfahren auf der Basis von HLP-Ergebnissen und führte regelmäßig unveröffentlichte Testläufe durch (siehe hierzu WILKENS, 1998).

Inzwischen findet das Tiermodell für die Zuchtwertschätzung verschiedener Pferderassen in ganz Europa und darüber hinaus, so zum Beispiel für die Quarter Horses in den USA, seine routinemäßige Anwendung (ÁRNASON und VAN VLECK, 2000). Nur wenige Ausnahmen greifen in jüngerer Zeit auf alternative Varianten des BLUP-Verfahrens zurück. So bediente sich beispielsweise TEEGEN (2008) aufgrund der individuellen Populationsstruktur eines Vater-Mutter-Modells für Parameterschätzungen an Trakehner Daten.

Innerhalb Deutschlands sind die Reitpferdezuchten der verschiedenen Landesverbände im System der Integrierten Zuchtwertschätzung vereint. Alljährlich wird im Auftrag der FN die Schätzung für Dressur und Springeignung von Pferden am vit in Verden durchgeführt. Die Entwicklung der Integrierten Zuchtwertschätzung beruht auf Forschungsergebnissen von VON VELSEN-ZERWECK (1998). Sie unterzog die Merkmale der Hengstleistungs- und Zuchtstutenprüfung einer genetisch-statistischen Analyse und überprüfte die beiden Datenquellen hinsichtlich ihrer Eignung für die Zuchtwertschätzung. Darüber hinaus entwickelte VON VELSEN-ZERWECK (1998) ein Modell für das Integrierte System, welches neben den genannten Leistungsprüfungen die von MEINARDUS (1988) und HASSENSTEIN (1998) erschlossenen Daten der Turniersportprüfung einbezog. Bis dato hatte es zwar bereits eine Zuchtwertschätzung für die Hengstleistungsprüfung, Stutenleistungsprüfung und Turniersportprüfung gegeben, diese war jedoch für jede Leistungsprüfungsform einzeln konzipiert. Laut

BRUNS (2003) handelte es sich dabei aber vielmehr um eine Zusammenfassung von Leistungsmerkmalen als um eine echte Zuchtwertschätzung. Die integrierte Methode hingegen impliziert die Zusammenführung aller Leistungsdaten sowie die entsprechende Anpassung des Schätzmodells. Die Integrierte Zuchtwertschätzung der FN wird seit 2001 routinemäßig durchgeführt. Sie erfuhr 2007 eine Erweiterung um die aus der Veranlagungsprüfung stammenden Informationen, die analog zur Zuchtstutenprüfung eingegliedert wurden.

Der Schätzung liegt heute ein BLUP-Mehrmerkmals-Wiederholbarkeits-Tiermodell zugrunde. Es beinhaltet die Faktoren Prüfung, Geschlecht*Alter und Leistungsklasse des Reiters sowie den permanenten Umwelt- und individuellen Tiereffekt (für Aufbau- und Turniersportprüfung). Für die Eigenleistungsprüfungen der Hengste und Stuten ist das Modell auf die fixen Effekte Prüfdurchgang innerhalb Station beziehungsweise Prüftag und Prüfort innerhalb Verband sowie den zufälligen Tiereffekt reduziert (JAITNER und REINHARDT, 2008). Mit der aktuellen Neukonzeption der Hengstleistungsprüfung wird allerdings auch eine Modellanpassung einhergehen, die zusätzlich die Altersgruppe berücksichtigen wird (DOHMS, 2010).

Abbildung 3 zeigt die Struktur der geschätzten Zuchtwerte. Als Gesamtzuchtwerte werden disziplinbezogen die Zielgrößen Dressur- und Springveranlagung zusammengefasst. Die Ermittlung der Teilzuchtwerte erfolgt analog zu den eingehenden Leistungsprüfungen, welche jeweils einer gleichwertigen Wichtung unterworfen sind. Das System berücksichtigt insgesamt 15 Merkmale und deren genetische Korrelationen sowie 567.000 Pferde (Stand der Schätzung 2009) und deren Verwandtschaftsinformationen (DOHMS, 2009). Der daraus resultierende Umfang der Varianz-Kovarianz-Matrix und der damit verbundene enorme rechentechnische Aufwand machen eine Erweiterung um neue Merkmale bzw. andere Leistungsprüfungen nahezu unmöglich.

Mit Inkrafttreten der Neukonzeption der Hengstleistungsprüfung wird zusätzlich zu den HLP-Teilzuchtwerten Dressur und Springen deren Abweichung zum entsprechenden Pedigreezuchtwert angegeben. Die dadurch entstehende Referenzgröße lässt nun die Aussage zu, ob der jeweilige Hengst auch den berechneten genetischen Erwartungen entspricht (FN, 2010).

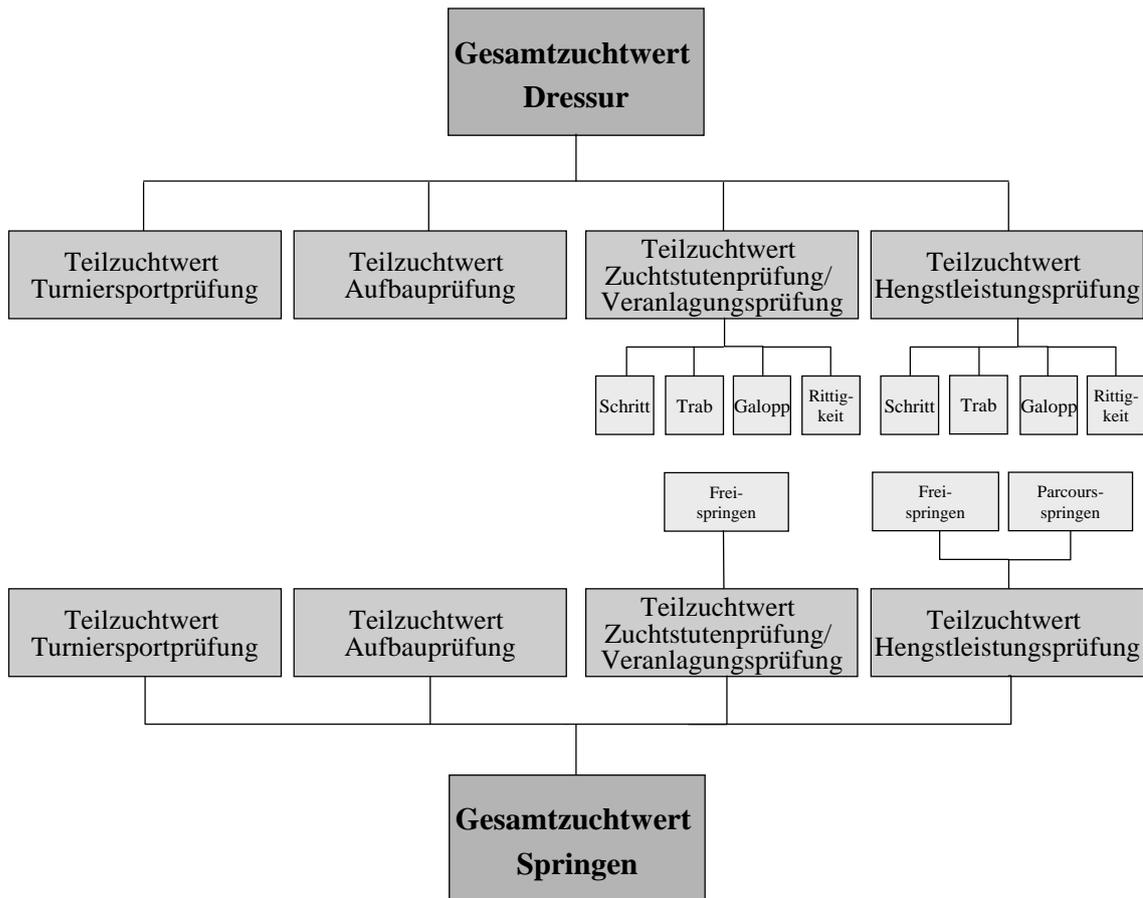


Abbildung 3: Struktur der Einzel-, Teil- und Gesamtzuchtwerte in der Integrierten Zuchtwertschätzung (nach Jaitner und Reinhardt, 2008)

Parallel zum existierenden System der Integrierten Zuchtwertschätzung verfügen einige Zuchtverbände über ein internes Schätzsystem und haben dieses in ihrer Verbandsarbeit implementiert. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf der Einbeziehung von Exterieurdaten, welche in der Integrierten Zuchtwertschätzung unberücksichtigt bleiben. Bereits vor deren Existenz wurden auf Verbandsebene Zuchtwertschätzungen durchgeführt. So setzten PREISINGER et al. (1991) für die Trakehner Population eine Schätzung für Hengste unter Verwendung der Exterieurbeurteilungen von Stuten und Fohlen um. Die seit 1996 bestehende interne Zuchtwertschätzung des Hannoveraner Verbandes basiert auf Untersuchungen von CHRISTMANN (1996). Er stellte für die Stutbuchaufnahme und Zuchtstutenprüfung der Hannoveraner Population eine Parameterschätzung an und formulierte die wesentlichen Kriterien für Wichtung und Darstellung der Zuchtwerte. Seit 2002 werden zusätzlich die Daten der Auktionssichtungen berücksichtigt. Die tatsächlichen Schätzläufe führt das vit in Verden im Auftrag des Hannoveraner Verbandes sowie ebenfalls für den Verband der Pferdezüchter Mecklenburg-Vorpommern durch. Letzterer verwendet ebenso die Prüfungsinformationen der Stut-

buchaufnahme und die der Zuchtstutenprüfung. Die Berechnungen erfolgen hier für Warmblut- und Kaltblutpferde sowie für Ponys und Kleinpferde (vit, 2008).

Der Verband der Züchter des Holsteiner Pferdes arbeitet bereits seit den achtziger Jahren mit internen Zuchtwerten. KÜHL (1991) und BÖSCH (2000) haben hierfür Grundlagenarbeit geleistet beziehungsweise weiterführende genetische Analysen durchgeführt. Die aktuelle Holsteiner Schätzung wird routinemäßig von der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein vorgenommen. Sie berücksichtigt die Daten der Fohlenbeurteilung, der Stutbuchaufnahme und der Zuchtstutenprüfung (REINECKE, 2008). Der Hessische Zuchtverband agierte im Rahmen des Projektes Hessenpferd ebenfalls mit wissenschaftlicher Beratung durch das Institut für Tierzucht der Justus-Liebig-Universität Gießen. Der Verband veröffentlichte seit 1998 regelmäßig die Ergebnisse ihrer eigenen Zuchtwertschätzung (HANNOVERANER VERBAND, 2007).

Darüber hinaus existieren in Deutschland für eine Reihe weiterer Pferderassen routinemäßig angewandte Zuchtwertschätzungen. So wurden beispielsweise für die Haflingerpopulation und das Süddeutsche Kaltblut umfangreiche populationsgenetische Analysen an der Landesanstalt Bayern angestellt (EDEL, 2006). Für das Sächsisch-Thüringische Schwere Warmblut erfolgt 2009 die erste Veröffentlichung von Zuchtwerten für Hengste und Stuten (PZV SACHSEN-THÜRINGEN, 2010). Die rasseübergreifenden Aktivitäten des Mecklenburger Verbandes wurden bereits erwähnt. Über die Grenzen der Bundesrepublik hinaus bestehen natürlich auch in anderen Ländern diverse Zuchtwertschätzprogramme, doch aus Gründen der Komplexität wird auf eine detaillierte Beschreibung der ausländischen Systeme verzichtet. Die wachsende Internationalisierung des Handels mit Sportpferden und deren Genetik bedingt seit geraumer Zeit die Notwendigkeit nach länderübergreifenden genetischen Analysen. Erste Ansätze gehen auch hier auf ein Isländisches Datenmaterial zurück. ÁRNASON und SIGURDSSON (1997) untersuchten in einer vergleichenden Studie die genetischen Parameter innerhalb und zwischen der isländischen und der schwedischen Population. 2001 wurde von ARNASON und RICARD die Forderung nach intensiven Bemühungen auf dem Gebiet der objektiven, länderübergreifenden Evaluation im Reitpferdesektor gestellt. Initiiert durch die Interstallion-Arbeitsgruppe wurde in den letzten Jahren eine Reihe wissenschaftlicher Projekte ins Leben gerufen. Wesentliche Kernpunkte dabei sind die vergleichende Gegenüberstellung der verschiedenen nationalen Zuchtprogramme sowie der Leistungsprüfungs- und Auswertungsverfahren. Die züchterische Information soll über Länder hinweg eine Verbesserung hinsichtlich des Zugangs und

der Abstimmung erfahren. Letztendlich gilt das vordergründige Interesse der Angleichung und Vergleichbarkeit der Zuchtwertschätzsysteme (BRUNS et al. 2004).

Die nationalen Zuchtwertschätzungen der einzelnen europäischen Länder variieren stark. Dies ist primär der großen Differenziertheit der Zuchtziele und Prüfverfahren geschuldet (KOENEN et al. 2002, 2004). Die Konsequenz in Bezug auf die angewandten statistischen Modelle sind Unterschiede bezüglich der simultan einbezogenen Prüfarten, der zu schätzenden Variablenanzahl und der berücksichtigten fixen Einflussfaktoren. Hinsichtlich der Zuchtwertedarstellung herrscht die weitgehend einheitliche Skalierung auf einen Mittelwert von 100 und eine Standardabweichung von 20 vor (Ausnahme Frankreich: $\bar{x} = 0$). Die Ermittlung der Bezugsbasis dagegen divergiert wiederum stark (BRUNS et al. 2004).

Aufgrund der großen Variabilität bezüglich der Datenerfassung und der genetischen Auswertung gestaltet sich der länderübergreifende Vergleich der Zuchtwerte schwierig. Gleichzeitig entwickelt sich der internationale Markt zunehmend offener. Aus dieser Diskrepanz ergibt sich die Notwendigkeit nach einem internationalen Verfahren, vergleichbar mit jenem in der Rinderzucht. Die Nachfrage nach objektiven und transparenten Informationen für über Ländergrenzen hinweg eingesetzte Vererber war ausschlaggebend für die Initiativen der Arbeitsgruppen Interbull und Interstallion.

Bei Milchrindern hat sich für die internationale Zuchtwertschätzung das von SCHAEFFER (1994) konzipierte MACE-Verfahren (MACE = **M**ultiple **A**cross **C**ountry **E**valuation) durchgesetzt. Dessen Anwendung beruht auf Datengrundlagen der teilnehmenden Länder, wobei die verwandtschaftlichen Verhältnisse der Bullen und die genetischen Korrelationen zwischen den Länderpopulationen berücksichtigt werden. In Hinblick auf die Genauigkeit der Schätzung halten MALTECCA et al. (2004) neben der Wahl der richtigen MACE-Methode vor allem die Datenqualität und Abstammungssicherheit für die entscheidenden Kriterien.

Überlegungen für die Übertragung von MACE in die Pferdezucht wurden 2001 von ÁRNASON und RICARD publiziert. Laut der beiden Autoren sind validierte nationale Schätzverfahren und eine gute genetische Verknüpfung zwischen den Ländern essentielle Voraussetzungen für eine erfolgreiche Implementierung internationaler Schätzverfahren in den Sportpferdebereich. Die praktische Umsetzung dieser Verknüpfung erfolgt durch den länderübergreifenden Einsatz von genetischem Material, dabei in erster Linie durch künstliche Besamung und Export von Zuchttieren (BRUNS et al. 2004).

Jeglicher Vergleich von Zuchtwerten zwischen zwei Populationen wird maßgeblich durch die Differenz des mittleren genetischen Niveaus der Referenzpopulationen und die genetischen Zusammenhänge zwischen den entsprechenden Merkmalen der beiden Populationen beeinflusst. Beide Faktoren sind wiederum nur dann exakt schätzbar, wenn die genetische Verknüpfung der Populationen auf einem akzeptablen Level liegt. HANOCQ et al. (1996) zeigten, dass schwache genetische Verknüpfungen erhebliche Verzerrungen in der Schätzung von populationsindividuellen Leistungsunterschieden verursachen können. Die Genauigkeit der Zuchtwertschätzung steigt mit sich erhöhender Verknüpfung zwischen den Populationen. So sind internationale genetische Analysen mit limitierter Verknüpfung zwar möglich, werden jedoch nicht empfohlen, da die Ergebnisse von zu starken Schwankungen geprägt sind (KENNEDY und TRUS, 1993; MARK et al. 2005).

Die genetische Verknüpfung als Schlüsselement der länderübergreifenden Zuchtwertschätzung kann durch verschiedene Methoden analysiert werden. Die möglichen Verfahren gestalten sich von einfach bis sehr komplex und unterscheiden sich hinsichtlich des rechentechnischen Aufwandes und ihrer Aussagekraft.

THORÉN HELLSTEN et al. (2008) und RUHLMANN et al. (2009) testeten im Rahmen von Interstallion-Projekten verschiedene Messinstrumente für „*Connectedness*“. Ein Optimalverfahren für die Pferdezucht konnte hierbei nicht abgeleitet werden, doch die individuellen Charakteristika wurden herausgestellt. Die *Anzahl gemeinsamer Hengste* (number of stallions in common) stellt ein recht grobes Kriterium dar, welches als Ausgangspunkt der anderen Methoden und für die Züchter als leicht verständlich gilt. Analog dazu fand die *Anzahl gemeinsamer Bullen* (number of common bulls) bereits in der Milchrinderzucht Anwendung (WEIGEL et al. 2000). Sie dient bei der internationalen Zuchtwertschätzung der Interbull als einzige Beschreibung für die Verknüpfung (RUHLMANN et al. 2009), erklärt jedoch nicht die Stärke der entsprechenden genetischen Verbindung. Ein weiteres Verfahren mit überschaubarer Struktur ist die *Genetische Ähnlichkeit* (Genetic similarity). Dieses Konzept wurde erstmals von REKAYA et al. (1999) vorgestellt. Für die Pferdezucht gilt es als bedingt einsetzbar, da nur unter der Voraussetzung, dass die Nachkommenschaften balanciert über die Länder verteilt sind, aussagefähige Ergebnisse erzielt werden können (THORÉN HELLSTEN et al. 2008; RUHLMANN et al. 2009).

Die durchschnittliche Varianz der Standardfehler (PEV, average prediction error variance) ist laut KENNEDY und TRUS (1993) das beste Messverfahren für

Verknüpfungen von Managementeinheiten in der Rinderzucht. Es wird jedoch als rechentechnisch schwierig umsetzbar beurteilt. Die abgewandelte Version der *country effects' variance* (CEV) fand mehrfach Anwendung für pferdespezifische Aufgabenstellungen und ist in Studien von ÁRNASON und RICARD (2001), ÁRNASON und SIGURDSSON (2004) sowie von THORÉN HELLSTEN et al. (2008) eingesetzt worden.

Abgeleitet von dieser Methode werden die Korrelationen zwischen Schätzern für Ländereffekte beziehungsweise die Reduktion der entsprechenden Varianzen in Abhängigkeit von der genetischen Verknüpfung als mögliche Messgröße genutzt (KENNEDY und TRUS, 1993; THORÉN HELLSTEN et al. 2008). RUHLMANN et al. (2009) ermittelten jedoch nur bedingt identische Ergebnisse in einem Vergleich dieser Methode der Schätzung von simulierten Differenzen zwischen den genetischen Niveaus der Länder.

Gemäß den aktuellen Interstallion-Studien erweisen sich die von THORÉN HELLSTEN et al. (2008) und RUHLMANN et al. (2009) untersuchten europäischen Sportpferdezuchten als untereinander gut verknüpft, wobei insbesondere Deutschland, Frankreich und die Niederlande eine genetisch eng verbundene Gruppe darstellen. Die Verknüpfungen zwischen den Populationen steigen im zeitlichen Verlauf kontinuierlich an und gestalten sich in jüngster Zeit zum Teil sogar höher als in den herangezogenen Milchrinderpopulationen. Gemäß den Autoren gestattet das Niveau der Verknüpfung die Schätzung genetischer Korrelationen zwischen gleichartigen, in den verschiedenen Organisationen erhobenen, Merkmalen. Die bisherigen Erkenntnisse auf dem Gebiet der genetischen Verknüpfung von Sportpferdepopulationen lassen eine Reihe von Anschlussanalysen erwarten. Ein Problempunkt bleibt allerdings die nicht vollständige Implementierung der einheitlichen Tieridentifikation mittels originaler Lebensnummern (BRUNS et al. 2004). Dessen ungeachtet erscheint die zukünftige Umsetzung einer internationalen Zuchtwertschätzung für Sportpferde als realisierbar.

Vollführt man nun den entsprechenden Brückenschlag zur Selektion, so ist nach ÁRNASON und VAN VLECK (2000) die auf BLUP-Zuchtwerten basierende Variante der bisher effektivste Weg, um genetischen Fortschritt in Pferdepopulationen zu erzielen. Auch für den einzelnen Züchter gilt die Verwendung von Zuchtwerten sowohl im Hinblick auf die Anpaarungsplanung als auch bei der Vorausschätzung des potentiellen Wertes der Nachkommenschaft als erfolgversprechende Methode. Zugleich kommt den Zuchtverbänden und Landgestüten im Prozess der Anpaarungsplanung eine wichtige

beratende Funktion zu. Darüber hinaus verfügen einige Verbände über spezielle Programme, die sich explizit der Anpaarung widmen. So wurde für die Hessische Pferdezucht die „*strategische Planung*“ konzipiert. Sie basiert auf Arbeiten von BEUING et al. (1997a und 1997b) im Rahmen des Projekts Hessenpferd und beinhaltet den Kalkül, dass bei gegebener Zuchtstute ausschließlich Hengste zur Anpaarung kommen, die einen überdurchschnittlichen Zuchtwert des Fohlens versprechen.

Als Pendant des Trakehner Zuchtverbandes kann das seit 2004 initiierte GP-Programm (GP = **G**ezielte **P**aarung) angesehen werden. Hierbei erfolgt eine aktive Auswahl von Zuchtstuten anhand eines Kriterienkataloges zur Nachkommen-, Eigen- und Verwandtschaftsleistung. Die ins Zuchtprogramm aufgenommenen Stuten erhalten neben dem Herausstellungsstatus eine individuelle Anpaarungsberatung sowie ein reduziertes Deckgeld bei Inanspruchnahme der empfohlenen Hengste. Ziel des Verbandes ist dabei die Intensivierung des Zuchtfortschrittes (GEHRMANN, 2008). Eine Analyse der ersten beiden GP-Fohlen-Jahrgänge lässt einen positiven Trend erkennen und bestätigt die Überlegenheit der GP-Fohlen, die in sechs von sieben zur Fohlenbeurteilung erhobenen Merkmalen eine signifikant höhere Benotung erzielten als die Nicht-GP-Fohlen (VOLKMANN, 2007). Für aussagekräftige Entwicklungstendenzen bedarf es jedoch einer fortschreitenden Laufzeit dieses noch jungen Zuchtprogrammes (GEHRMANN, 2008).

2.2.6 Funktionelle Merkmale und Interieureigenschaften

Bei Betrachtung des von der FN vorgegebene Rahmenzuchtziels (vgl. Seite 5) treten zwei Merkmalskomplexe hervor, für die derzeit weder eine flächendeckende Datenerhebung noch eine solche Zuchtwertschätzung erfolgt. Es ist sowohl für die funktionellen Merkmale als auch für die Interieurkriterien keine intensive Einbindung in die Zuchtprogramme vorhanden.

Die Notwendigkeit der Bearbeitung von Gesundheitskriterien ergibt sich zum einen aus tierschützerischen Aspekten (BRUNS, 2001) und zum anderen verstärken wirtschaftliche Hintergründe die Dringlichkeit einer frühen Erkennung gesundheitlicher Probleme sowie deren züchterischer Bearbeitung (DISTL, 2006). Der langen Ausbildungszeit des Pferdes und dem späten Erreichen des Leistungshöhepunktes steht ein plötzlicher, drastischer Wertverlust des Pferdes beispielsweise aufgrund positiver röntgenologischer Befunde gegenüber (CHRISTMANN, 2005). So ist der Gesundheitsstatus zwar ein Selektionsinstrument im Sinne der Verkäuflichkeit, er spielt jedoch im Rahmen der Selektionsstufen des praktischen Zuchtprozesses (vgl. Abbildung 1) nur eine

untergeordnete Rolle. Mit Ausnahme der Feststellung der Zuchttauglichkeit und Gesundheit zur Körung findet eine direkte Berücksichtigung nicht statt. Bei den Stuten bleibt einzig die Exterieurbeurteilung als Instrument zur Beurteilung der Funktionalität und Korrektheit. Die Untersuchung von Staatsprämienanwärterinnen (z. B. im Hannoveraner Verband auf den Mangel Kehlkopfpeifen – vgl. hierzu CHRISTMANN, 2008) bleibt die Ausnahme. Der häufig gestellten Forderung nach intensiven Anstrengungen auf diesem Gebiet verleiht CHRISTMANN (2008) Nachdruck, indem er den Deutschen Zuchtverbänden erheblichen Nachholbedarf vorwirft. Gründe für die fehlende Integration der Tiergesundheit in die Zuchtprogramme sind nach GAULY und MÜNCH (2008) die ungelöste Frage der Merkmalerfassung und Auswahl geeigneter Hilfsmerkmale sowie die mangelhafte Kenntnis genetischer Parameter. Den Forschungsbedarf im Bereich des Gesundheitsmonitorings dokumentierte bereits VON BORELL (2002).

Die Forschungsbemühungen waren in den letzten Jahren vorrangig auf die Gliedmaßenkrankungen fokussiert. So konnten im Rahmen eines interdisziplinären Forschungsprojektes umfangreiche Erkenntnisse auf dem Gebiet der Osteochondrose (OC) bzw. der Osteochondrosis dissecans gewonnen werden. Eine Reihe von Studien widmete sich der intensiven Analyse von Einflussfaktoren (z.B. WINKELSETT et al. 2004; WILKE und BRUNS, 2004). Untersuchungen zur Implementierung einer Zuchtwertschätzung gegen OC offenbarten Potential für eine effiziente Selektion (BUSCHE, 2005), wobei die simultane züchterische Bearbeitung von Leistungs- und Gesundheitsdaten als realisierbar erachtet wird (STOCK und DISTL, 2004).

Eine Initiative des Niederländischen Verbandes KWPN zur Verbesserung auf diesem Gebiet ist die sogenannte PROK-Zertifizierung (**Project Röntgenologisch Onderzoek KWPN**). Hierbei werden die Züchter angehalten ihre Pferde röntgenologisch untersuchen zu lassen. Nach Auswertung der Röntgenbilder durch eine unabhängige Kommission wird bei positiver Evaluation das Prädikat PROK vergeben, welches ein Hervorstellungsmerkmal für das einzelne Tier ist und damit möglicherweise Vorteile für die Vermarktung mit sich bringt (KWPN, 2010).

Ein weiteres Sekundärmerkmal, die Fruchtbarkeit, wird durch eine unbefriedigende Datensituation geprägt. Die wenigen vorliegenden Studien beschränken sich zumeist auf das Material einzelner Gestüte oder Verbände. Die Dokumentation und der Datenfluss sind für beide Geschlechter suboptimal. Wissenschaftliche Untersuchungen

zur Konzeptionsfähigkeit werden in ihrer Bearbeitung zudem durch die Tatsache erschwert, dass auf Stutenseite eine unregelmäßige züchterische Nutzung der Stute – verbunden mit einem langen Generationsintervall – vorliegt. Eine der umfangreicheren Analysen belegt für die Hannoveraner Population eine Trächtigkeitsrate von 79 % und eine Abfohlrate von 70 % (DOHMS, 2002), was im Vergleich zu anderen Nutztierarten verhältnismäßig gering ist. Trotz dieser ungünstigen Voraussetzungen können mittels eines straffen Managements im Zuchtprogramm sowie durch zuchthygienische Maßnahmen und biotechnische Verfahren wesentliche Fortschritte auf diesem Gebiet erzielt werden (WILKENS, 1993).

Zur Langlebigkeit und Nutzungsdauer gibt es Ansätze für das Schwedische Warmblut und die Französische Sportpferdepopulation. Aus Studien von WALLIN et al. (2000) geht hervor, dass die Länge des mittleren Lebens für Stuten (22,2 Jahre) deutlich größer ist als die der männliche Pferde (14,7 Jahre). BRAAM et al. (2009) schätzten für die Anzahl Wettkampffahre (Stichprobe: männliche, nicht zum Zuchteinsatz kommende Tiere) mit verschiedenen Modellierungen Heritabilitäten zwischen $0,08 \leq h^2 \leq 0,21$. RICARD und FOURNET-HANOCQ (1997) ermittelten für die französische Springpferdepopulation einen Schätzwert von $h^2 = 0,18$ (für *functional stayability*). Aufgrund der geringen Erblichkeit und des langen Erfassungszeitraums erachten die Autoren eine Integration des Merkmals in den Selektionsprozess als schwierig.

Ebenso wie die Gesundheit genießt auch der Komplex der Interieureigenschaften ein großes Maß an Aufmerksamkeit bei Züchtern, Besitzern und Reitern (TEEGEN, 2008). Während Aspekte wie Ausgeglichenheit und Gelassenheit vor allem im Freizeitbereich eine große Rolle spielen (KAUFMANN und BRUNS, 2005), werden zur Leistungsprüfung auf Station Merkmale wie Charakter, Temperament und Leistungsbereitschaft erhoben. Die Bewertung dieser Eigenschaften gilt jedoch als schwierig, was sich unter anderem in der geringen Variabilität der Interieurnoten widerspiegelt (KAUFMANN und BRUNS, 2005). TEEGEN (2008) fordert eine Verbesserung der Interieurtests und deren aktivere Einbindung. Bisher gelingt es jedoch einzig dem Verband der Pferdezüchter Mecklenburg-Vorpommern e.V. das Interieur in seine Zuchtwertschätzung zu integrieren.

Aktuelle Studien bestätigen Verhaltenstests als Mittel der Wahl zur objektiveren Bewertung von Interieureigenschaften (VON BORSTEL, 2009). Der Freiburger-

zuchtverband und der ZSAA haben bereits derartige Tests in verschiedenen Leistungsprüfungen integriert. Letzterer hat das Merkmal *Wesen* sogar schon in der ZSAA-Zuchtwertschätzung verankert (ZSAA, 2010). Die in der jüngsten Zeit erstarkten Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet Verhalten und Interieur lassen in naher Zukunft auf innovative Ergebnisse und Möglichkeiten zur Einbindung in die Zuchtprogramme hoffen.

2.3 Moderne Technologien der Tierzucht und deren Anwendung

Die assistierte Reproduktion beim Pferd ist in ihrer Entwicklung differenziert zu betrachten. So ist die künstliche Besamung ein fester Bestandteil der Reproduktion von Nutztieren und hat sich auch in der Reitpferdezucht seit langem etabliert. Der Einsatz dieses biotechnischen Verfahrens erfährt seit Jahren eine kontinuierlich steigende Tendenz, die sich in einem derzeitigen Anteil von 89 %, gemessen an den Gesamtbedeckungen der deutschen Warmblutzuchten, niederschlägt (FN, 2009). Folglich ist die künstliche Besamung kaum mehr als Indikator für moderne Pferdezucht zu verstehen.

Doch die praktischen Anwendungen von Biotechniken unmittelbar an der Stute gehören bisher keinesfalls zu den Routineverfahren. Der Umfang des Embryotransfers ist sehr begrenzt und beschränkt sich auf wenige Länder (KÖLLE, 2003). In Deutschland lag die Anzahl der erfolgten Transfers im Reitpferdesektor im Jahr 2009 bei N=439, was nur 0,9 % aller Bedeckungen entspricht (FN, 2009). Gründe hierfür sind die beim Pferd bisher kaum induzierbare Superovulation sowie die schwierigen Aspekte der Embryonengewinnung. Je nach Verfahren muss mit einem hohen Kostenaufwand, niedrigen Trächtigkeitsraten oder hoher Invasivität gerechnet werden (KÖLLE, 2003). Die in-vitro-Erzeugung von Embryonen könnte laut KANITZ (2008) zwar eine Alternative zur herkömmlichen Gewinnung sein, doch dieses Verfahren verfügt noch nicht über die erforderliche praktische Anwendbarkeit und ist zudem, im Vergleich zum Rind, von begrenztem Erfolg gekennzeichnet.

Ein wesentlicher Aspekt im praktischen Zuchtgeschehen ist die Abstammungssicherung. Über lange Zeit wurden zur Klärung verwandtschaftlicher Beziehungen die Blutgruppen und die Serum-Proteinpolymorphismen routinemäßig verwendet. Als molekularbiologische Nachweisverfahren kam zunächst der klassische DNA-Fingerprint gefolgt von den Mikrosatelliten-Markern zur Anwendung (BRENIG, 1998).

Letztere haben sich durchgesetzt und sind bis heute das Verfahren der Wahl zum Erbringen von Abstammungsnachweisen in der deutschen Pferdezucht.

Die Erforschung des Pferdegenoms wurde lange Zeit nur wenig intensiv betrieben. Während eine Reihe von Säugetierspezies bereits über ein vollständig oder weitestgehend entschlüsseltes Genom verfügen, sind für das equine Genom bis 2005 nur wenige Sequenzen bekannt geworden. Mit der Initiierung des Pferdegenomprojektes im Jahr 2006 wurde durch eine internationale Forschergruppe die systematische Sequenzierung des Pferdegenoms in Angriff genommen (DISTL, 2006). Seit November 2009 gilt es als vollständig entschlüsselt, wobei für 53 % der equinen Chromosomen eine konservierte Syntenie zu einem humanen Chromosom nachgewiesen wurde (WADE et al. 2009). Frühere Entwürfe der Genomsequenz wurden bereit 2007 veröffentlicht und in einer Internetdatenbank frei verfügbar gemacht. Zugleich wurde der erste equine 50K-SNP-Chip entwickelt und ist auf dem Markt erhältlich. Die Aufklärung der Genomsequenz ermöglicht die Entwicklung neuer Marker und damit gleichzeitig die Erstellung hochauflösender Markerkarten. Darausfolgend verspricht man sich wiederum eine schnellere Aufklärung von Krankheiten und Leistungseigenschaften, als dies bisher der Fall war (DISTL, 2006, 2009).

Die bisherigen Erfolge der Molekulargenetik sind primär in der Aufklärung monogen bedingter Merkmale zu sehen. So konnten für eine Reihe von Farbgenorten kausale Mutationen bzw. Marker gefunden werden. Im Einzelnen bedeutet dies eine Lokalisation der Genorte für Agouti, Extension, Cream, Sabino, Tobiano und Silver (STÜBS et al. 2007). Im Hinblick auf monogen bedingte Erbfehler wurde eine molekulargenetische Aufklärung für Hyperkalämische Periodische Parakese (HYPP) (RUDOLPH et al. 1992), Schwere kombinierte Immundefizienz (SCID) (SHIN et al. 1997), Letales Weißes Fohlensyndrom (LWFS) (YANG et al. 1998), Herlitz junktionale Epidermolysis bullosa (HJEB) (SPIRITO et al. 2002), Glykogenose Typ IV (GBED) (WARD et al. 2004) und Glykogen-Speicherkrankheit (PSSM) (MCCUE et al. 2008) erzielt. Entsprechende Gentests wurden entwickelt und sind verfügbar.

Weiterhin erfolgte auch für einige genetisch-quantitative Merkmale die Detektion von QTL. So sind beispielsweise für Osteochondrose, Podotrochlose und röntgenologische Strahlbeinbefunde QTL bekannt; wobei für erstere Erkrankung zusätzlich ein im populationsweiten Kopplungsungleichgewicht stehender Marker vorliegt (DIERKS, 2006; STÜBS et al. 2007).

Die Pferdezucht selbst ist bis zum jetzigen Zeitpunkt weitestgehend auf die Methoden der Populationsgenetik angewiesen (DISTL, 2006). Die aktuellen molekulargenetischen Trends lassen jedoch enormes Entwicklungspotential erahnen. So halten ÁRNASON und VAN VLECK (2000) sowie THIRUVENKADAN et al. (2009) die markergestützte Selektion in der Pferdezucht für eine wertvolle Ergänzung. Insbesondere für jene Merkmale, die erst spät im Leben des Tieres feststellbar sind, könnte eine Verkürzung des Generationsintervalls erreicht werden. KÖNIG et al. (2009) zeigten für den Milchrinderbereich, dass genomische Zuchtprogramme deutliche ökonomische Vorteile gegenüber konventionellen Zuchtprogrammen aufweisen können, wobei der Gewinn hauptsächlich durch die Verkürzung des Generationsintervalls realisiert wird. Und während die genomische Selektion beim Milchrind eine „... revolutionäre Veränderung der Zuchtmethoden...“ darstellt (SWALVE, 2010), kann für den Pferdesektor zum derzeitigen Moment keine konkrete Aussage zur perspektivischen Anwendung getroffen werden.

Grundlegende Voraussetzung für die zukünftig Umsetzung des Wissens in genetischen Fortschritt ist jedoch die klare Definition von Zuchtzielen, eine ausreichend große Zuchtpopulation und die Akzeptanz der Züchter gegenüber den angewandten wissenschaftlichen Methoden (ÁRNASON und VAN VLECK 2000).

3 Material und Methoden

Das zu untersuchende Datenmaterial wurde einer umfangreichen Bearbeitung unterzogen, wobei Abbildung 4 die grundlegenden Prozessabschnitte darstellt. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Kernpunkte erfolgt in den entsprechenden Unterkapiteln. Der Schwerpunkt der Arbeit liegt auf der Parameterschätzung, ferner wurden Untersuchungen zur Populationsstruktur, ausgewählte Punkte der Modellierung und Ansätze der Zuchtwertschätzung beleuchtet.

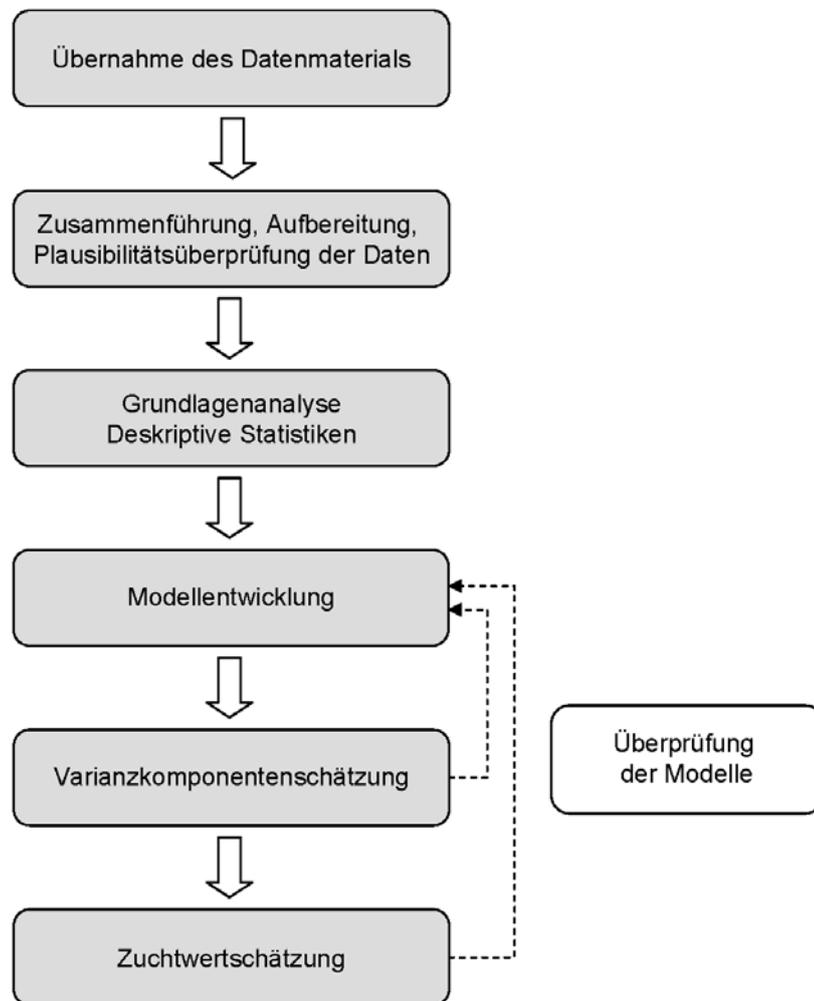


Abbildung 4: Schema der wesentlichen Bearbeitungsabschnitte

3.1 Datenmaterial

Das Datenmaterial beinhaltet Leistungserhebungen der Fohlenbeurteilung, der Stutbuchaufnahme sowie der Zuchtstutenprüfung und wurde von den Pferdezuchtverbänden Brandenburg-Anhalt und Sachsen-Thüringen zur Verfügung gestellt. Die Datenverwaltung war zuvor durch Sachbearbeiter in den vier Geschäftsstellen der Verbände erfolgt. Die Zusammenführung der Datenbanken sowie erste Aufbereitungsschritte wurden im Auftrag der Zuchtverbände von einem privaten Dienstleistungsunternehmen durchgeführt. Der überwiegende Teil der Daten konnte in Form einer Datenbank (Paradox) digital übernommen werden. Einige ergänzende Informationen, die in Papierform vorlagen, mussten in die elektronische Datenverarbeitung eingepflegt werden. Über alle Abstammungs- und Leistungsdateien hinweg wurde die fünfzehnstellige Lebensnummer als Schlüsselvariable zur eindeutigen Identifizierung der Tiere verwendet.

3.1.1 Pedigreeinformationen

Die Abstammungsdatei enthielt neben den Lebensnummern des jeweiligen Pferdes, des Vaters und der Mutter auch Angaben zum Geschlecht, Geburtsdatum und der Rasse des Tieres. Das Pedigree beinhaltet insgesamt 87.199 Pferde. Die längste Verknüpfung kann bis in die 23. Generation zurückverfolgt werden.

Die verwandtschaftliche Struktur der Population ist Tabelle 6 zu entnehmen. Für die Auswertung wurden alle Tiere mit mindestens einer absolvierten Eigenleistung ($N = 26.490$) zugrunde gelegt. Aus der Analyse der Elterntiere resultieren Nachkommenszahlen von 10,8 bzw. 2,0 geprüften Tieren pro Hengst bzw. Stute. Die maximalen Nachkommenschaften liegen bei 616 Pferden auf männlicher und 12 Tieren auf weiblicher Seite. Von insgesamt 2.439 Hengsten können jeweils 30 auf mehr als 100 Nachkommen, 131 auf mehr als 50 Nachkommen und 583 Hengste auf mehr als 10 Nachkommen verweisen. Auf der Mutterseite werden von 29 Stuten mindestens zehn Nachkommen und von 990 Stuten mindestens fünf Nachkommen gestellt.

Tabelle 6: Verwandtschaftsstruktur der geprüften Tiere, deren Verteilung auf Vater- und Muttertiere, durchschnittliche, minimale und maximale Anzahl Nachkommen (NK) pro Vater bzw. Mutter sowie Anzahl Eltern mit jeweiliger Mindestnachkommenzahl (*¹bei 199 Tieren Vater = unbekannt; *² bei 119 Tieren Mutter = unbekannt; das Material enthält keine Tiere mit beidseitig unbekannter Abstammung)

Väter	N NK gesamt	N Väter	Ø Anzahl NK/ Vater	Min	Max
	26.490	2.439* ¹	10,8	1	616
	≥ 200 NK	≥100 NK	≥ 50 NK	≥ 20 NK	≥ 10 NK
5	30	131	364	583	
Mütter	N NK gesamt	N Mütter	Ø Anzahl NK/ Mutter	Min	Max
	26.490	13.411* ²	2,0	1	12
		≥10 NK	≥ 5 NK	≥ 2 NK	
	29	990	5.913		

Eine Analyse der Vatertiere entsprechend der Rassezugehörigkeit (Abbildung 5) ergab, dass 72,8 % der Nachkommen von Hannoveraner (18,2 %), Holsteiner (15,7 %), Oldenburger (12,4 %) und Westfälischen (11,1 %) Hengsten bzw. von Hengsten aus dem Zuchtgebiet des Deutschen Sportpferdes (DSP; 15,4 %) abstammen. Für letztere entfallen jeweils 1.636, 1.264, 739 bzw. 398 Vererber auf die Teilzuchtgebiete Berlin-Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Thüringen und Sachsen. Von Hengsten weiterer Zuchtgebiete können lediglich die Englischen Vollblüter (xx) sowie die Trakehner mehr als fünf Prozent der geprüften Nachkommen stellen.

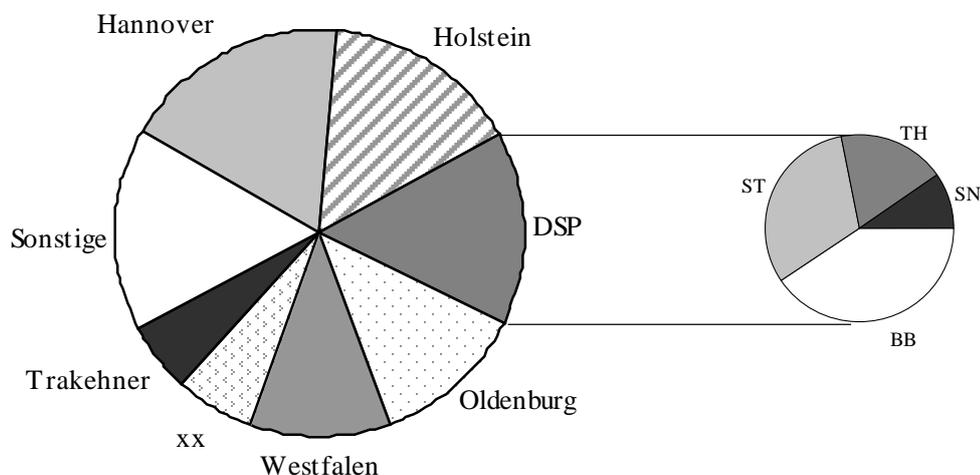


Abbildung 5: Häufigkeit der Nachkommen entsprechend der Rassezugehörigkeit der Vatertiere

3.1.2 Leistungsinformationen

Für die vorgenommenen Analysen wurden Datensätze aus den Bereichen Fohlenbeurteilung, Stutbuchaufnahme und Zuchtstutenprüfung extrahiert. Es fanden ausschließlich jene Leistungsfeststellungen Berücksichtigung, die von Kommissionen der zwei betreffenden Pferdezuchtverbände im Zeitraum von 1990 bis 2006 vorgenommen wurden. Aus der Fohlenbeurteilung gingen Tiere der Rasse Deutsches Sportpferd sowie der vier Vorgängerrassen in die weiteren Auswertungen ein. Für die Stutbuchaufnahme und die Zuchtstutenprüfung wurden zudem Leistungsinformationen von Pferden, die laut Zuchtverbandsordnung (2009) als Veredlerrasse gelten, hinzugezogen.

Der editierte Datensatz umfasste 26.490 Tiere, die über mindestens eine Eigenleistung in den drei genannten Prüfungsarten verfügten. 1.187 Stuten wurden in allen drei und 3.842 Pferde in jeweils zwei Komplexen geprüft. Die häufigste Kombination stellte dabei Fohlenbeurteilung + Stutbuchaufnahme (2.535 Beobachtungen) dar, gefolgt von den Varianten Stutbuchaufnahme + Zuchtstutenprüfung (1.250 Beobachtungen) und Fohlenbeurteilung + Zuchtstutenprüfung (57 Beobachtungen). In die Auswertung flossen insgesamt 21 Merkmale ein, die in Tabelle 7 mit ihrer deskriptiven Statistik zusammengestellt sind. Im Rahmen der Fohlenbeurteilung erfolgt eine Erfassung in den Merkmalen Typ, Exterieur und Bewegung. Die 17.881 dokumentierten Datensätze rangieren um Mittelwerte zwischen 7,42 (Typ) und 8,20 (Exterieur). Aus der Stutbuchaufnahme resultieren sieben Hauptmerkmale. Das Merkmal Qualität des Körperbaus wird aus dem arithmetischen Mittel der Merkmale Kopf, Hals, Schulter und Sattellage, Rücken und Kruppe, Vordergliedmaßen sowie Hintergliedmaßen generiert. Im Teilbereich Stutbuchaufnahme stehen Leistungsinformationen von 12.069 Stuten zur Verfügung. Die im Mittel höchsten Noten wurden für den Rasse- und Geschlechtstyp (7,87) vergeben. Die niedrigste Notentendenz ist für die Fundamentmerkmale (6,94 - Hintergliedmaßen bzw. 7,03 - Vordergliedmaßen) feststellbar. Der Bereich Zuchtstutenprüfung lieferte Prüfergebnisse von 2.756 Tieren. Die angestellten Untersuchungen konzentrieren sich auf die Merkmale Schritt, Trab, Galopp, Rittigkeit und Freispringen. Für einen Teil des Datenmaterials lag die bereits gemittelte Gesamtnote im entsprechenden Merkmal vor. Bei Dokumentation der Teilbewertungen durch den Trainingsleiter, die Prüfkommision bzw. den Fremdreiter wurde eine einfache Mittelwertbildung vorgenommen. Aspekte einer differenzierten Betrachtungsweise werden in den Abschnitten 4.2.2 und 5.2.3 dargelegt und diskutiert.

Das Notenmittel innerhalb der Zuchtstutenprüfung variiert von 6,81 (Trab) bis 7,12 (Freispringen). Ein Teil der Stationsdaten beinhaltete zusätzlich Bewertungen für Interieurmerkmale. Dabei wurden vorrangig die Eigenschaften Charakter, Temperament und Leistungsbereitschaft erhoben. Aufgrund von Unterschieden in den Merkmalsdefinitionen und –erhebungen konnte eine Vergleichbarkeit nicht garantiert werden, woraufhin auf eine Auswertung des Interieurs verzichtet werden musste.

Das Intervall der Minima über alle Merkmale hinweg bewegt sich zwischen 2,0 bis 5,0 und reflektiert die unzureichende Nutzung des unteren Notenbereichs. Dieser häufig genannte Kritikpunkt der subjektiven Pferdebeurteilung bedingt zugleich das verhältnismäßig geringe, jedoch für Daten der Reitpferdezucht typische Niveau der Standardabweichungen. Hierfür wurden Werte von 0,62 (Exterieur) bis 0,92 (Rittigkeit) ermittelt (ohne Berücksichtigung der kumulierten Note Qualität des Körperbaus).

Tabelle 7: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen (s), Minima und Maxima für die Merkmale der Fohlenbeurteilung (FO), Stutbuchaufnahme (SBA) und Zuchtstutenprüfung (ZSP)

Komplex	Merkmal	N	\bar{x}	s	Min	Max
FO N=17.881	1 Typ	17.881	8,20	0,79	4,0	10,0
	2 Exterieur	17.881	7,42	0,62	5,0	9,5
	3 Bewegung	17.881	7,74	0,87	4,0	10,0
SBA N=12.069	1 Rasse- und Geschlechtstyp	12.069	7,87	0,85	4,0	10,0
	2 Qualität des Körperbaus	8.224	7,31	0,52	4,8	9,7
	3 Kopf	12.067	7,68	0,87	4,0	10,0
	4 Hals	12.069	7,64	0,84	5,0	10,0
	5 Schulter- und Sattellage	12.068	7,66	0,82	2,0	10,0
	6 Rücken und Kruppe	12.069	7,40	0,84	2,0	10,0
	7 Vordergliedmaßen	8.228	7,03	0,70	4,0	10,0
	8 Hintergliedmaßen	9.002	6,94	0,70	4,0	10,0
	9 Gangkorrektheit	12.069	7,12	0,71	4,0	10,0
	10 Schritt	9.686	7,28	0,80	4,0	10,0
	11 Trab	12.067	7,45	0,88	4,0	10,0
	12 Galopp	2.162	7,28	0,71	5,0	9,5
	13 Gesamteindruck und Entwicklung	8.045	7,52	0,76	4,0	10,0
ZSP N=2.756	1 Schritt	2.729	7,02	0,82	3,0	10,0
	2 Trab	2.728	6,81	0,82	3,5	9,2
	3 Galopp	2.729	6,90	0,78	4,0	9,5
	4 Rittigkeit	2.699	6,96	0,92	3,5	9,5
	5 Freispringen	2.756	7,12	0,86	3,9	10,0

Verteilung der Tiere mit Eigenleistung

Die ostdeutschen Pferdesport- und Landespferdezuchtverbände erfuhren 1990 eine Neu- bzw. Wiedergründung. Die damit verbundenen Umstrukturierungsprozesse beeinflussten sowohl die nachfolgende Entwicklung der Reitpferdepopulationen als auch die Etablierung der verschiedenen Pferdeleistungsprüfungen.

Abbildung 6 zeigt die Entwicklung der Frequentierung der Prüfungsarten Fohlenbeurteilung, Stutbuchaufnahme und Zuchtstutenprüfung im Zeitraum von 1990 bis 2006. Für alle drei Bereiche ist ein kontinuierlicher Anstieg der Prüfzahlen bis Mitte (Stutbuchaufnahme) bzw. Ende der neunziger Jahre (Fohlenbeurteilung: 1998, Zuchtstutenprüfung: 1997) festzustellen. Die maximalen Prüfzahlen werden in den Jahren 1998 (Stutbuchaufnahme: N=1.030), 2002 (Fohlenbeurteilung: N=1.685) und 2003 (Zuchtstutenprüfung N=272) erreicht. Für die letzten vier Beobachtungsjahre kann über alle drei Prüfarten eine leicht sinkende Tendenz verzeichnet werden.

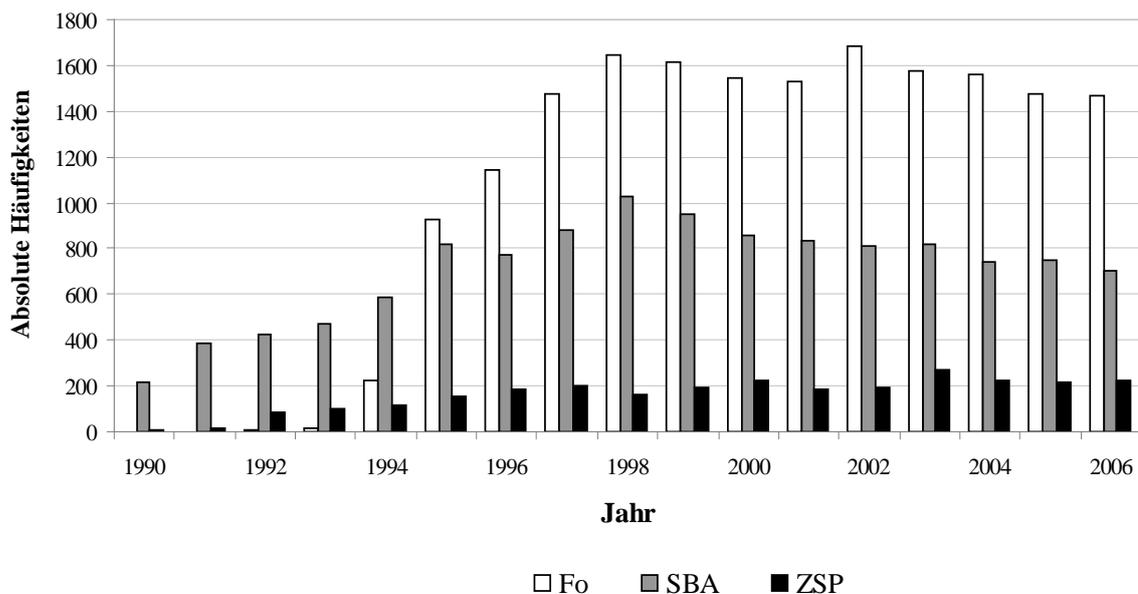


Abbildung 6: Absolute Häufigkeiten geprüfter Tiere in den Prüfungsarten Fohlenbeurteilung (Fo), Stutbuchaufnahme (SBA) und Zuchtstutenprüfung (ZSP) über die Prüfjahre 1990 bis 2006

Eine separate Betrachtung der Zuchtstutenprüfung mit gleichzeitiger Differenzierung von Stations- und Feldprüfung ist in Abbildung 7 anhand der Verteilung geprüfter Tiere über Prüfjahre dargestellt. Die bereits erwähnten Entwicklungsprozesse sowie die zeitlich versetzte Einführung der Zuchtstutenprüfung in den vier Zuchtregionen bedingen einen diskontinuierlichen Verlauf in beiden Prüfungsformen. So zeichnet sich

zwar in den Anfangsjahren übereintimmend ein steigender Trend ab. Dieser geht jedoch von 1997 bis 2003 in verhältnismäßig hohe Beobachtungsumfänge auf Stationsseite und gleichzeitig sehr niedrig frequentierte Abschnitte auf der Feldprüfungsseite über. Die letzten drei Prüffahre sind durch eine erkennbare Dezimierung der Stationsstuten gekennzeichnet. Dies geschieht offensichtlich zugunsten der Feldprüfung, die sich mit steigenden Tierzahlen präsentiert, 2006 ihren Maximalwert erreicht und damit über dem Stichprobenumfang der Stationsprüfung liegt. Dadurch erfolgt gleichzeitig eine Annäherung an den nationalen Trend, der seit Anfang der neunziger Jahre zu einer deutlich höheren Inanspruchnahme der Feldprüfung tendiert (FN, 1991-2009).

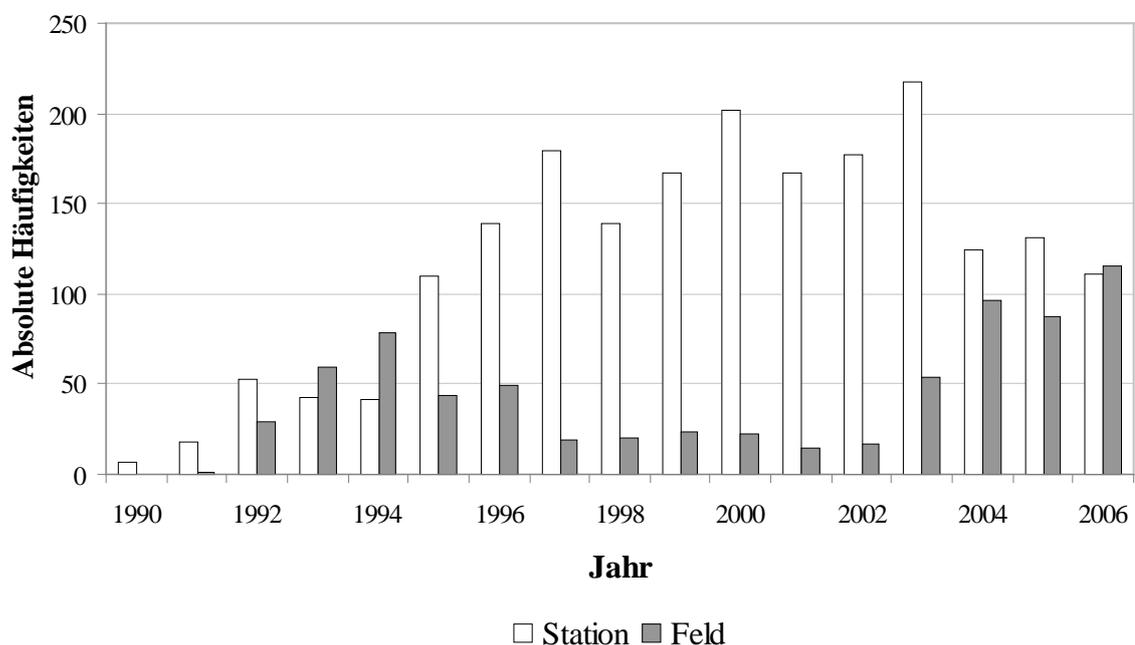


Abbildung 7: Absolute Häufigkeiten geprüfter Tiere für Stations- und Feldprüfung über die Prüffahre 1990 bis 2006

Die Prüfungsform wirkt sich nachweislich hoch signifikant auf die Merkmale der Zuchtstutenprüfung aus (Ausnahme Schritt: nicht signifikant). So war ein verbessertes Notenniveau zugunsten der Stationsprüfung für die beiden Grundgangarten und die Rittigkeit festzustellen, wobei das Freispringen im Rahmen der Feldprüfung signifikant höhere Bewertungen erzielte.

Prüforte und Durchgangsgröße

Die Beurteilung der 17.881 Fohlen fand an 392 verschiedenen Prüforten zu unterschiedlichen Zeitpunkten statt. Daraus resultieren 1.929 Kombinationen aus Ort*Datum.

Die durchschnittliche Prüfgruppengröße lag bei neun Tieren. Für die Stutbuchaufnahme sind 2.809 Durchgänge an 635 unterschiedlichen Orten zu verzeichnen. Die Besetzung der Ort*Datum-Kombinationen betrug im Mittel 4,3 Tiere und variierte zwischen ein und 42 Stuten. Die 2.756 Datensätze aus der Zuchtstutenprüfung verteilen sich auf insgesamt 287 Durchgänge, wovon 168 auf die Stationsprüfung entfallen. Die durchschnittliche Prüfgruppenstärke liegt mit $N_{\bar{}}=12,1$ für die Stationen (sieben verschiedene Orte) deutlich über der mittleren Teilnehmerzahl der Feldprüfungen (24 verschiedene Ort) mit $N_{\bar{}}=6,1$.

Gemäß ZVO (2009) ist die Bewertung von Zuchtpferden auf Sammelveranstaltungen vorzunehmen, um den Vergleich einer hinreichend großen Zahl von Pferden zu gewährleisten. Im vorliegenden Datenmaterial konnten Prüfgruppen von $N_{\geq}10$ für 76 % (Fohlenbeurteilung), 52 % (Stutbuchaufnahme) bzw. 75 % (Zuchtstutenprüfung) der jeweiligen Stichprobe ermittelt werden. 10 % der Fohlen, 28 % der beurteilten Stuten und 8 % der leistungsgeprüften Pferde wurden in Teilnehmerfeldern von $N<5$ einer Leistungsfeststellung unterzogen. Damit ist zum einen die Vergleichbarkeit im Rahmen der Leistungsfeststellung nur bedingt gegeben. Zum anderen sind eine Definition des fixen Effektes Prüfdurchgang und eine Korrektur des mittleren genetischen Niveaus der Vergleichsgruppe nur mit Einschränkungen möglich. Für die weiteren Auswertungen wurde die Erfassung von Prüfzeitpunkt und Prüfort zunächst durch die Effekte $\text{Ort}_{(\text{Klasse})}$ -Jahr bzw. $\text{Ort}_{(\text{Klasse})}$ -Jahr-Saison beschrieben. Für die daraus resultierenden Vergleichsgruppen existiert eine weitestgehende Konstanz der Kommissionen (Projektbegleitende Steuerungsgruppe, 2007), so dass diese indirekt Berücksichtigung finden. Für die Effekte $\text{Ort}_{(\text{Klasse})}$ -Jahr bzw. $\text{Ort}_{(\text{Klasse})}$ -Jahr-Saison konnte ausnahmslos ein hoch signifikanter Einfluss nachgewiesen werden.

Alter der Tiere zum Prüfzeitpunkt

Laut Zuchtverbandsordnung wird die Identifizierung und Kennzeichnung der Fohlen im Jahr der Geburt bei Fuß der Mutter vorgenommen (ZVO-DSP, 2009). Folglich findet die damit verbundene Nachzuchtbewertung ebenfalls innerhalb der ersten 365 Lebens-tage des Tieres statt. Fohlen erfahren in den ersten Lebensmonaten eine rasche Entwicklung verbunden mit enormen physischen Veränderungen. Dementsprechend erwies sich der Einfluss des Fohlenalters zum Zeitpunkt der Leistungsfeststellung als hoch signifikant auf die Bewertung der Merkmale Typ, Exterieur und Bewegung. Das durchschnittliche Alter der Fohlen lag bei 80 Tagen. Für die Korrektur der fixen Effekte wurde eine

Einteilung in die Altersklassen ≤ 8 Wochen (29,0 %), 9-12 Wochen (28,3 %), 13-16 Wochen (24,2 %) und > 16 Wochen (18,5 %) vorgenommen. Die Analyse des Alterseffektes ergab, dass die signifikant höchsten Typ-Noten an die 13-16 Wochen alten Tiere vergeben wurden. Für das Exterieur wiesen die Fohlen der jüngsten Gruppe und für die Bewegung die Tiere im Alter von 9-12 Wochen die besten Benotungen auf. Eine Definition des Altereffektes in Form einer Kovariablen wurde ebenfalls überprüft. Sie resultierte jedoch für alle drei Merkmale in einer verminderten Modellanpassung und wurde daher für die weiteren Auswertungen nicht favorisiert.

Die Untersuchung der Alterstruktur in den Prüfungsarten Stutbuchaufnahme und Zuchtstutenprüfung zeigt, dass mit 60 % (Stutbuchaufnahme) bzw. 68 % (Zuchtstutenprüfung) die Mehrheit der Pferde dreijährig vorgestellt werden (Tabelle 8). Dies bestätigt die Tendenzen anderer Pferdezuchtverbände, wenngleich der Anteil Dreijähriger in der Hannoveraner Population mit 92 % in der Stutbuchaufnahme und 83 % in der Zuchtstutenprüfung deutlich höher (CHRISTMANN, 1996) liegt. Beim Holsteiner Warmblutpferd wurden nach KÜHL (1991) nur 25 % vierjährig und älter der Stutbuchaufnahme zugeführt.

Eine differenzierte Betrachtung der Zuchtstutenprüfung zeigt ein signifikant niedrigeres Prüfalter der Stationsstuten (3,67 Jahre) gegenüber den im Feld geprüften Tieren (3,93 Jahre). Vergleichbare Ergebnisse wurden auch für die Trakehner (TEEGEN, 2008) und die Hannoveraner (CHRISTMANN, 1996) Zuchtstutenprüfung ermittelt.

Tabelle 8: Relative Häufigkeiten der Stuten mit Stutbuchaufnahme bzw. Zuchtstutenprüfung in verschiedenen Altersklassen, absolute Häufigkeiten in Klammern

Alter in Jahren	SBA	ZSP		
		gesamt	Station	Feld
3	59,8 (7.217)	68,4 (1.884)	72,0 (1.460)	58,2 (424)
4	21,2 (2.564)	24,9 (688)	22,9 (464)	30,7 (224)
5	5,6 (675)	4,2 (116)	3,2 (65)	7,0 (51)
> 5	13,4 (1.613)	2,5 (68)	1,9 (38)	4,1 (30)
Σ	100,0 (12.069)	100,0 (2.756)	100,0 (2.027)	100,0 (729)

Für die Überprüfung des fixen Effekts Prüfalter wurden die Tiere der Stutbuchaufnahme den Klassen *dreijährig*, *vier- und fünfjährig* sowie *sechsjährig und älter* zugeordnet. Die statistische Analyse ergab einen hoch signifikanten Einfluss des Alters auf alle Merkmale der Stutbuchaufnahme. In der Literatur werden kontroverse Auffassungen zur Berücksichtigung des Alterseffekts im Modell der Stutbuchaufnahme vertreten. So verzichteten CHRISTMANN (1996), VON VELSEN-ZERWECK (1998) und TEEGEN (2008) auf eine entsprechende Korrektur, da im jeweiligen Datenmaterial eine Vorselektion zugunsten der jüngeren Stuten und damit keine zufällige Verteilung über Altersklassen festzustellen war. Indessen wurde von KÜHL (1991), WEYMANN (1992), BÖSCH et al. (2000) und DIETL et al. (2004) ein Modell mit Alterseffekt formuliert. Im vorliegenden Datenmaterial konnte eine Vorselektion nicht eindeutig nachgewiesen werden. Die individuelle Daten- und Altersstruktur wird unter anderem durch die bereits erwähnten regionalen Entwicklungsprozesse bedingt und erfordert für die weiteren statistischen Analysen eine Berücksichtigung des Prüfalters.

Die Stichprobe der Zuchtstutenprüfung wurde in die Gruppen dreijährige sowie vierjährige und ältere Stuten differenziert. Jüngeren Stuten zeigen signifikant bessere Noten in den Merkmalen Schritt und Galopp. Gleichzeitig erwiesen sich die älteren Tiere im Merkmal Rittigkeit als überlegen. Auf die Bewertungen für Trab und Freispringen konnte kein signifikanter Einfluss des Prüfalters nachgewiesen werden.

Rasse und Geschlecht

Eine individuelle Betrachtung der Verteilung der geprüften Tiere über Rassen belegt, dass 87 % (Stutbuchaufnahme) bzw. 92 % (Zuchtstutenprüfung) aller Prüftiere den Warmblutzuchten der vier Teilzuchtgebiete (Berlin-Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Sachsen, Thüringen), dem Deutschen Sportpferd oder dem edlen Warmblutpferd der DDR angehören. Von den Stuten anderer Zuchtverbände können lediglich die Rassen Hannoveraner (SBA: 2,8 %; ZSP: 1,8 %), Oldenburger (SBA: 2,0 %, ZSP: 1,2 %), Mecklenburger (SBA: 1,3 %), Trakehner (ZSP: 2,8 %) und Englisches Vollblut (SBA: 1,3 %) jeweils mehr als ein Prozent der Stichprobe stellen.

Für die geprüften Fohlen liegt eine Geschlechterverteilung von 1,05 zugunsten der weiblichen Tiere vor. Die Überprüfung des Geschlechtseffekts ergab signifikant höhere Bewertungen für die Stutfohlen (N=9.156) in den Merkmalen Typ und Exterieur. Für das Merkmal Bewegung konnte kein statistisch abgesicherter Geschlechtseinfluss nachgewiesen werden. KÜHL (1991) ermittelte für die Holsteiner Warmblutpopulation hingegen eine Überlegenheit der Hengstfohlen in den Merkmalen Typ und Gang.

3.2 Auswertungsmethoden

Die Zusammenführung, Aufbereitung und Plausibilitätsüberprüfung der Daten erfolgte mit dem Programmpaket SAS 9.1. (SAS Institute, 2003). Für die Überprüfung des Pedigrees wurde zudem der Pedigree Viewer von B&S Kinghorn, Version 5.3 (KINGHORN und KINGHORN, 2006) verwendet. Die Zuordnung der direkten Verwandtschaft zu den Leistungstieren konnte mittels eines Python-basierten Programms (WENSCH-DORENDORF, 2006) realisiert werden.

Die genetische Verknüpfung innerhalb der Population wurde anhand der genetischen Ähnlichkeit überprüft. Hierbei kam das von REKAYA et al. (1999) eingeführte Schema der “genetic similarity” (GS) zur Anwendung. Dabei wird zum einen das Verhältnis der geprüften Nachkommen eines Vatertieres mit Nachkommen in verschiedenen Zuchtgebieten zur Gesamtzahl geprüfter Nachkommen innerhalb der jeweiligen Zuchtgebiete ermittelt (F_1). Gleichzeitig kann mit Berechnung der Anteile der einzelnen Zuchtgebiete zur “genetic similarity” (F_2) eine möglicherweise vorliegende Dysbalance bei der Verteilung der Nachkommen detektiert werden. Als weiterer Indikator wurde der interferierende Vererbereinsatz mittels der von THORÉN HELLSTEN et al. (2008) verwandten “Number of stallions in common” (NSC) berechnet. Diese Methode basiert auf der von WEIGEL et al. (2000) als Maßeinheiten für genetische Verknüpfung vorgestellten “number of common bulls”.

$$(F_1) \quad GS_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^{N_{ij}} (n_{ik} + n_{jk})}{\sum_{k=1}^{N_i} n_{ik} + \sum_{k=1}^{N_j} n_{jk}}$$

$$(F_2) \quad \text{Prozentualer Beitrag zur GS} = \frac{\sum_{k=1}^{N_i} n_{ik}}{\sum_{k=1}^{N_{ij}} (n_{ik} + n_{jk})} * 100$$

Die Varianzkomponentenschätzung basiert auf der REML-Methode (PATTERSON und THOMPSON, 1971) und wurde mit den Software-Paketen VCE Version 5.1 (KOVAC und GROENEVELD, 2002) und VCE Version 6.0 (GROENEVELD et al. 2008) umgesetzt. Das auf Fortran basierende Programm Pestf90 (GROENEVELD et al. 1990) diente zum einen

der Umcodierung sowie zusätzlichen Überprüfung der Daten und zum anderen der Durchführung der eigentlichen/tatsächlichen Zuchtwertschätzung.

Die Parameterschätzung innerhalb der einzelnen Prüfungsformen erfolgte im Dreimerkmals- (Fohlenbeurteilung) bzw. im Fünfmerkmalsfall (Zuchtstutenprüfung). Für die Stutbuchaufnahme wurden bivariate Schätzläufe durchgeführt.

Im Rahmen der Zuchtwertschätzung ist das Vorliegen von Varianz-Kovarianz-Matrizen für die Merkmalskombinationen entsprechend der Struktur der Gesamtzuchtwerte erforderlich. Für den Gesamtzuchtwert Springen konnte im Dreimerkmalsfall die direkt im VCE geschätzte Matrix verwendet werden. Im Acht- (Gesamtzuchtwert Dressur) und Elfmerkmalsfall (Gesamtzuchtwert Exterieur) wurden die Einzelelemente in bivariaten Schätzläufen ermittelt und anschließend zu einer Gesamtmatrix verknüpft. Die daraus resultierenden additiv-genetischen Varianz-Kovarianz-Strukturen erwiesen sich in beiden Fällen als nicht positiv definit. Für die Entwicklung positiv definiter Parameterschätzwerte wurde eine Bearbeitung der Matrizen mit Bendingprozeduren vorgenommen. Die Bezeichnung „Bending“ geht ursprünglich auf HAYES und HILL (1981) zurück. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit kam das Computerprogramm BENDPDF (ESSL, 1996) zum Einsatz. Es basiert auf der Methode von ESSL (1991), wonach nicht-positiv definite Matrizen entsprechend angepasst werden, bis ihr niedrigster Eigenwert ein bestimmtes Grenzmaß überschreitet. Die demgemäß am vorliegenden Material entstandenen Modifizierungen lagen im marginalen Bereich. Aufgrund dessen wurde ferner auf die Anwendung alternativer, eine Wichtung implizierender Bendingroutinen, verzichtet.

Modellierung

Für die Modellentwicklung wurde die Prozedur SAS Proc Mixed hinzugezogen. Sie ermöglicht die Überprüfung der Signifikanz der fixen Effekte und bietet anhand der AIC-Werte (AKAIKE, 1973) eine Einschätzung der jeweiligen Modellanpassung. Das Akaike-Informationskriterium beruht auf der allgemeinen Berechnungsformel:

$$AIC = (-2) * \max.(\log)Likelihood + 2 * \text{Anzahl geschätzter Parameter}$$

Der AIC-Term erfasst somit nicht nur die Güte der Anpassung, sondern auch die Komplexität des Modells.

Für die Schätzung der genetischen Parameter und der Zuchtwerte kamen drei gemischte lineare Modelle zur Anwendung. Die Merkmale wurden entsprechend ihrer zugehörigen Prüfungsart einem der drei folgenden Tiermodelle zugeordnet.

Fohlenbeurteilung

$$(M_{Fo}) y_{ijklm} = \mu_i + \text{Alter}_j + \text{Geschlecht}_k + \text{OrtJahr}_l + \text{Tier}_m + e_{ijklm}$$

wobei:

y_{ijklm}	=	<i>phänotypischer Beobachtungswert im Merkmal i</i>
μ_i	=	<i>Populationsmittel</i>
Alter_j	=	<i>fixer Effekt der Stufe j des Prüfalters (j=1-4)</i>
Geschlecht_k	=	<i>fixer Effekt der Stufe k des Geschlechts (k=1-2)</i>
OrtJahr_l	=	<i>fixer Effekt der Kombination l von Ort und Jahr (l=1-47)</i>
Tier_m	=	<i>zufälliger additiv-genetischer Effekt des Tieres m (m=1-17.881)</i>
e_{ijklm}	=	<i>zufälliger Resteffekt</i>

Stutbuchaufnahme

$$(M_{SBA}) y_{ijkl} = \mu_i + \text{Alter}_j + \text{OrtJahr}_k + \text{Tier}_l + e_{ijkl}$$

wobei:

y_{ijkl}	=	<i>phänotypischer Beobachtungswert im Merkmal i</i>
μ_i	=	<i>Populationsmittel</i>
Alter_j	=	<i>fixer Effekt der Stufe j des Prüfalters (j=1-3)</i>
OrtJahr_k	=	<i>fixer Effekt der Kombination k von Ort und Jahr (k=1-66)</i>
Tier_l	=	<i>zufälliger additiv-genetischer Effekt des Tieres l (l=1-12.069)</i>
e_{ijkl}	=	<i>zufälliger Resteffekt</i>

Zuchtstutenprüfung

$$(M_{ZSP}) y_{ijklm} = \mu_i + \text{Alter}_j + \text{Prüfungsart}_k + \text{OrtJahrSaison}_l + \text{Tier}_m + e_{ijklm}$$

wobei:

y_{ijklm}	=	<i>phänotypischer Beobachtungswert im Merkmal i</i>
μ_i	=	<i>Populationsmittel</i>
Alter_j	=	<i>fixer Effekt der Stufe j des Prüfalters (j=1-2)</i>
Prüfungsart_k	=	<i>fixer Effekt der Stufe k der Prüfungsart (k=1-2)</i>
OrtJahrSaison_l	=	<i>fixer Effekt der Kombination l von Ort, Jahr und Saison (l=1-92)</i>
Tier_m	=	<i>zufälliger additiv-genetischer Effekt des Tieres m (m=1-2.756)</i>
e_{ijklm}	=	<i>zufälliger Resteffekt</i>

Analog dazu ergibt sich in Matrixnotation:

$$Y = Xb + Za + e$$

mit den Erwartungswerten $E(y) = Xb$ und $E(a) = E(b) = 0$

wobei:

Y	=	Vektor der phänotypischen Beobachtungswerte
X	=	Designmatrix der fixen Effekte
b	=	Vektor der fixen Effekte
Z	=	Designmatrix der zufälligen Effekte
a	=	Vektor der zufälligen additiv-genetischen Tiereffekte
e	=	Vektor der zufälligen Resteffekte

Das entsprechende Mixed-Model-Gleichungssystem entspricht der Form:

$$\begin{pmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z \\ Z'R^{-1}X & Z'R^{-1}Z + G^{-1} \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} \hat{b} \\ \hat{a} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X'R^{-1}y \\ Z'R^{-1}y \end{pmatrix}$$

Die Varianz-Kovarianzmatritzen sind dabei definiert als:

$$G^{-1} = A^{-1} \otimes G_0^{-1} \quad \text{und} \quad R^{-1} = I \otimes R_0^{-1}$$

wobei:

A^{-1}	=	Inverse der Verwandtschaftsmatrix
G_0^{-1}	=	Inverse der additiv-genetischen Varianz-Kovarianzmatrix
I	=	Einheitsmatrix
R_0^{-1}	=	Inverse der Varianz-Kovarianz-matrix der Resteffekte
\otimes	=	Kroneckerprodukt.

Ausführungen zur Modellwahl

Neben den beschriebenen statistischen Modellen wurden im Vorfeld als Entscheidungshilfe weitere Einflussfaktoren hinsichtlich ihrer Signifikanz überprüft und alternative Modelle getestet. So erfolgte für das Material der Fohlenbeurteilung eine Untersuchung verschiedener Klasseneinteilungen sowohl für die Geburtssaison als auch für die Prüfsaison. Dabei stellte sich heraus, dass bei einzelner Betrachtung dieser

Effekte ein signifikanter Einfluss feststellbar war, dieser jedoch durch Hinzunahme des Alters schwächer beziehungsweise ganz aufgehoben wurde, was auf einen engen Zusammenhang und eine Überschneidung der Faktoren Geburtssaison, Alter zum Prüfzeitpunkt und Prüfseason hindeutet. Es ist demnach davon auszugehen, dass für die Beurteilung des Fohlens dessen Entwicklungsstadium zum Bewertungszeitpunkt von entscheidender Bedeutung ist. Eine Beschreibung dessen lässt sich im vorliegenden Material am besten durch den Alterseffekt in das Modell integrieren. Auch für die Stutbuchaufnahme und die Zuchtstutenprüfung wurde der Einfluss verschiedener Saisonklassen sowie unterschiedliche Verknüpfungen von Prüfort, Prüfjahr und Prüfseason untersucht. Für das Modell der Zuchtstutenprüfung findet der kombinierte Ort–Jahr–Saison–Effekt Berücksichtigung, wobei hier zwischen Prüfseason 1 (Juni/Juli/August) und Prüfseason 2 (September bis Mai) unterschieden wird.

Insgesamt gestaltete sich die Definition der Vergleichsgruppe für alle drei Prüfkomplexe als problematisch. Bei der Analyse von Praxisdaten der Pferdezucht ist das Vorliegen geringer Prüfgruppengrößen häufig ein Kritikpunkt. Eine verminderte Durchgangsstärke kann in einer begrenzten Repräsentativität der jeweiligen Vergleichsgruppe resultieren. DIETL et al. (2004) nutzte zur Auswertung von Stutbuchaufnahmedaten die Kombination Ort*Datum und beschreibt die Effektstufen als sehr heterogen und schwach besetzt. Im vorliegenden Material wurde anhand eines auf Mindestteilnehmerzahl editierten Teildatensatzes der Fohlenbeurteilung die Erfassung des Prüfort-Prüfzeit-Einflusses parallel durch die Formulierungen Ort_(Klasse)-Jahr und Ort*Datum (= Prüfung) getestet. Die AIC-Werte zeigten zunächst eine verbesserte Anpassung bei Berücksichtigung des Prüfungseffekts. Ein vergleichender VCE-Testlauf resultierte zwar in nahezu identischen Schätzwerten ($\Delta h^2_{\max} = 0,026$ bei $S = 0,017$), lieferte jedoch eine verminderte Konvergenz (Status 3) für die Variante Ort*Datum. Auch TEEGEN (2008) berichtet mehrfach von Konvergenzproblemen und begründet diese mit der individuellen, mitunter armen Datenstruktur. Auch im vorliegenden Material wird von einer unzureichenden Verknüpfung bei gleichzeitig zum Teil geringer Prüfgruppengröße ausgegangen. Diesem, über verschiedene Prüfformen hinweg zu beobachtendem Kritikpunkt, wird bereits von Seiten der FN versucht entgegenzuwirken; beispielsweise im Rahmen der Neukonzeption der Hengstleistungsprüfung durch die vorgegebene Mindestgruppengröße (FN, 2010).

Im Folgenden wurde für die weiteren Analysen von einer Berücksichtigung des Durchgangseffektes abgesehen und damit gleichzeitig der Datenverlust in Folge einer

Editierung hinsichtlich Mindestteilnehmerzahl vermieden. Die Zeitfahrertengruppen werden durch die Kombinationen Ort-Jahr bzw. Ort-Jahr-Saison definiert. Eine Untersuchung weiterer möglicher Einflussfaktoren wie Richterkommission, Bereiterteam (ZSP), Vorbereitungsstatus oder Herkunftsbetrieb konnte am vorliegenden Material nicht durchgeführt werden. Es ist davon auszugehen, dass für die ersten beiden Kriterien eine indirekte Korrektur anhand der regionalen und zeitlichen Effekte erfolgt.

Die Entwicklung statistischer Modelle sowie die Formulierung fixer Einflussfaktoren werden wesentlich von der Dokumentation, den verbandsspezifischen Gegebenheiten und der daraus resultierenden individuellen Datenstruktur beeinflusst. Folglich ist ein Vergleich zwischen methodischen Vorgehensweisen verschiedener Studien nur bedingt möglich. Gleichzeitig ist künftig in der Praxis noch mehr auf eine einheitliche Datenerhebung und die sorgfältige Dokumentation zu achten.

4 Ergebnisse

Die nachfolgend präsentierten Ergebnisse reflektieren zunächst die wesentliche verwandtschaftliche Struktur der Population, die den weiterhin dargestellten Resultaten der Varianzkomponentenschätzung zugrunde liegt. Anschließend sind einige Kernpunkte aus der Schätzung und Analyse der Zuchtwerte dargelegt.

4.1 Populationsstruktur

Anhand des aus der Fohlenbeurteilung stammenden Teildatenmaterials wurde eine Untersuchung der genetischen Verknüpfung vorgenommen. Dieses Datenmaterial erweist sich als sehr repräsentativ, da es nahezu unselektiert ist und zudem geschlechtsübergreifend erhoben wird. Darüber hinaus werden die Fohlen vornehmlich im Ursprungsverband zur Vorstellung gebracht, wohingegen die Stutbuchaufnahme und Zuchtstutenprüfung oftmals auch in anderen Verbandsgebieten erfolgt. Das Material der Fohlenbeurteilung involviert zugleich 31 % der Pferde aus der Stutbuchaufnahme und 45 % der Zuchtstutenprüfungs-Tiere.

Die insgesamt 17.881 geprüften Fohlen gehen auf 1.329 verschiedene Hengste zurück. Aus der Analyse der über alle vier Teilzuchtgebiete hinweg eingesetzten Vererber (Tabelle 9) resultieren 64 Hengste. Sie wurden mit einer relativen Häufigkeit von jeweils über zehn Prozent, gemessen an der Gesamtanzahl Fohlenväter innerhalb des jeweiligen Teilzuchtgebietes, eingesetzt. Die höchste Anzahl gemeinsamer Väter ist für Berlin-Brandenburg und Sachsen-Anhalt ($N = 267$) zu verzeichnen. Der relative Anteil innerhalb der beiden Gebiete ist mit 50,3 % bzw. 44,8 % ebenfalls sehr hoch. Die niedrigste Überschneidungsrate besteht mit 117 Tieren zwischen Berlin-Brandenburg und Thüringen. Die relativen Häufigkeiten gehören dabei mit 22,0 % bzw. 26,8 % zu den tiefsten Werten. Die Anzahl der aus den gemeinsamen Vätern resultierenden Nachkommen schwankt innerhalb der entsprechenden Verbände in einem Intervall von 2.011 (BB – TH) bis 6.011 (BB – ST).

Tabelle 9: Anzahl gemeinsamer Väter, relative Häufigkeit der gemeinsamen Väter an allen Vätern des jeweiligen Verbandes sowie Anzahl Nachkommen aus den gemeinsamen Vätern für die Fohlenbeurteilung (N = 17.881); mit BB = Berlin-Brandenburg, SN = Sachsen, ST = Sachsen-Anhalt und TH = Thüringen

Teilzuchtgebiet	Anzahl gemeinsamer Väter	relative Häufigkeit in %	Anzahl NK der gemeinsamen Väter
BB – ST – SN - TH	64	12,1 - 10,7 – 11,1 – 14,7	3.432
BB - ST	267	50,3 - 44,8	6.011
BB - SN	208	39,2 – 26,0	4.204
BB - TH	117	22,0 – 26,8	2.011
ST - SN	212	35,6 – 36,7	4.217
ST - TH	155	26,0 – 35,6	3.300
SN - TH	195	33,8 – 44,7	5.366

Anhand der Geburtsjahre der Hengste wurde eine Einteilung in Gruppen vorgenommen und die Anzahl gemeinsamer Väter (NSC) zwischen den Teilzuchtgebieten bestimmt (Abbildung 8). Über alle Gebiete hinweg schwankt dieser Wert zwischen vier (1981 – 1985) und 20 (1986 – 1990). Die höchste Übereinstimmung zwischen zwei Gebieten kann, mit Ausnahme der ersten Gruppe, jeweils für Berlin-Brandenburg und Sachsen-Anhalt festgestellt werden. Hier wurden bis zu 90 Hengste einer Geburtsjahrgruppe gebietsübergreifend eingesetzt. Über alle Kombinationen hinweg kann ein deutlicher Anstieg der interferenten Hengstnutzung von Gruppe I und II (1970 – 1985) zu den folgenden Gruppen (ab 1986) festgestellt werden.

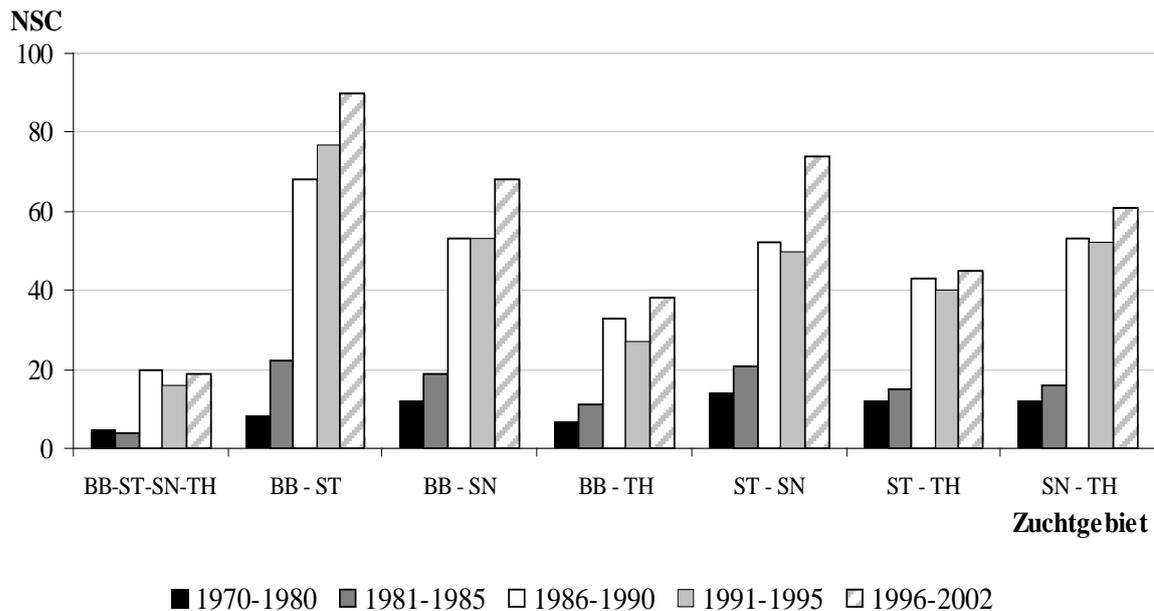


Abbildung 8: Anzahl gemeinsamer Väter (NSC) zwischen den Teilzuchtgebieten für verschiedene Geburtsjahrgruppen dieser Hengste aus der Fohlenbeurteilung (N = 17.881); mit BB = Berlin-Brandenburg, SN = Sachsen, ST = Sachsen-Anhalt und TH = Thüringen

Die genetische Ähnlichkeit (GS) über alle vier Teilzuchtgebiete beträgt 0,19. Sie basiert auf 3.432 Fohlen von in allen Teilzuchtgebieten mit geprüften Nachkommen (Datenbasis: Fohlenbeurteilung) vertretenen Hengsten (N = 64). Zwischen den einzelnen Konstellationen treten genetische Ähnlichkeiten zwischen 0,26 (BB – TH) und 0,67 (BB – ST) auf, wobei die zur genetischen Ähnlichkeit beitragenden Anteile weitestgehend ausgeglichen sind (Tabelle 10). Die maximale Differenz beträgt 18 % für die Kombination Thüringen – Sachsen.

Tabelle 10: Genetische Ähnlichkeit (GS; nach REKAYA et al. (1999)) zwischen den vier Teilzuchtgebieten und Beitrag zur GS in % [Zeilen : Spalten] für die Fohlenbeurteilung (N = 17.881); mit BB = Berlin-Brandenburg, SN = Sachsen, ST = Sachsen-Anhalt und TH = Thüringen

Teilzuchtgebiet	BB	ST	SN	TH
BB		0,67	0,45	0,26
ST	50,0 : 50,0		0,42	0,38
SN	56,4 : 43,6	56,1 : 43,9		0,61
TH	53,9 : 46,2	50,2 : 49,8	41,0 : 59,0	

Generationsintervall

Das Generationsintervall ist durch das mittlere Alter der Eltern bei der Geburt der sie ersetzenden Nachkommen definiert (SCHÜLER et al. 2001). Aufgrund der Datenlage konnte dies lediglich für die zwei Übertragungspfade der weiblichen Nachkommen vorgenommen werden. Dem Einsatz der Stuten in der Zucht geht in der Regel ein Eintrag ins Zuchtbuch voraus, über welchen im Rahmen der Stutbuchaufnahme entschieden wird. Den dort vorgestellten Tiere wurden die Geburtsdaten der Eltern zugeordnet und anschließend das durchschnittliche Alter der Elterntiere bei Geburt der Nachkommen berechnet. Die erforderlichen Elterninformationen standen für 11.052 Stuten (väterlicher Pfad) bzw. 10.270 Stuten (mütterlicher Pfad) zur Verfügung. Das Generationsintervall für den Pfad Vater-Tochter betrug 9,49 Jahre. Die Stutenmütter sind bei Geburt ihrer Töchter im Mittel 8,97 Jahre alt. Abbildung 9 veranschaulicht die Entwicklung des Generationsintervalls im elterlichen Geburtsjahrintervall von 1970 bis 1990. Sie reflektiert einen klaren Abwärtstrend, der sich auf beiden Pfaden in einem fast identischen Verlauf zeigt. Unterschiede sind lediglich im niedrigeren Anfangswert und dem etwas höheren Gleichmaß der mütterlichen Trendlinie zu finden.

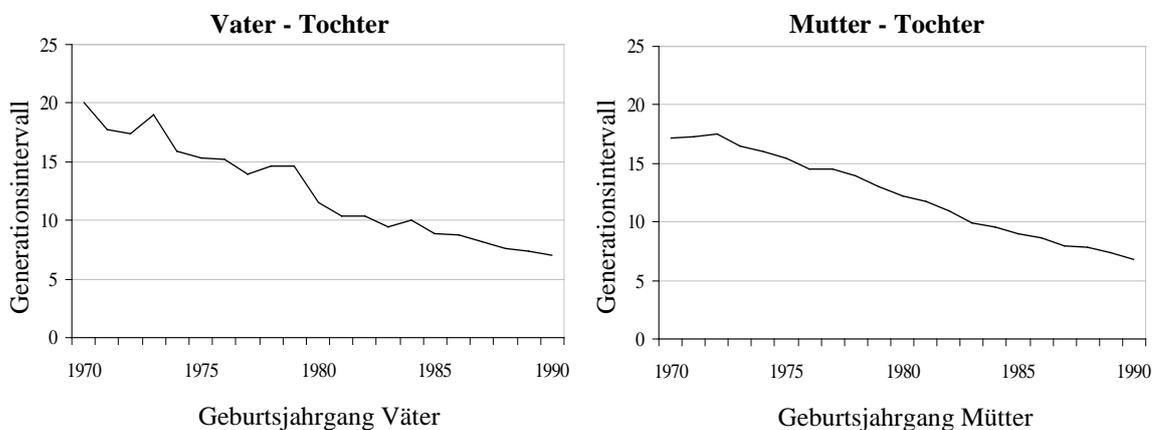


Abbildung 9: Entwicklung des durchschnittlichen Generationsintervalls in Abhängigkeit vom Geburtsjahr der Väter bzw. Mütter auf den Genpfaden Vater – Tochter und Mutter – Tochter

4.2 Populationsparameter

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde eine sehr umfangreiche Varianzkomponentenschätzung vorgenommen. Die nachfolgenden Abschnitte präsentieren jene Ergebnisse, die im Hinblick auf die Zuchtwertschätzung oder für die Beurteilung bestimmter Merkmalskomplexe bzw. Leistungserhebungen von Bedeutung sind.

4.2.1 Fohlenbeurteilung und Stutbuchaufnahme

Aus der Varianzkomponentenschätzung für die drei Merkmale der Fohlenbeurteilung (Tabelle 11) resultieren Heritabilitäten von $h^2 = 0,50$ (Typ), $h^2 = 0,24$ (Exterieur) und $h^2 = 0,41$ (Bewegung). Eine hohe genetische Korrelation von $r_g = 0,84$ ist für die Merkmale Typ und Exterieur festzustellen. Die Merkmalskombinationen Typ - Bewegung und Exterieur - Bewegung weisen eine genetische Beziehung von $r_g = 0,56$ auf. Die Standardfehler sind mit Werten von 0,01 bzw. 0,02 als gering zu bewerten.

Tabelle 11: Schätzwerte der Heritabilitäten (Diagonale), genetische (oberhalb der Diagonalen) und phäno-typische Korrelationen (unterhalb der Diagonalen) für die Merkmale der Fohlenbeurteilung mit Standardfehlern in Klammern

Merkmals (N = 17.881)	Typ	Exterieur	Bewegung
Typ	0,50 (0,01)	0,84 (0,01)	0,56 (0,01)
Exterieur	0,16	0,24 (0,01)	0,56 (0,02)
Bewegung	0,15	0,08	0,41 (0,01)

Die genetischen Korrelationen zwischen den Merkmalen der Fohlenbeurteilung und Merkmalen der Stutbuchaufnahme beziehungsweise Zuchtstutenprüfung rangieren im Bereich moderat bis hoch (Tabelle 12). Einzig die Merkmalsbeziehung Bewegung : Freispringen ist lediglich schwach korreliert ($r_g = 0,09$). Die Merkmale der Stutbuchaufnahme weisen mit Ausnahme des Schritts ($r_g = 0,48$) enge genetische Beziehungen zur Fohlenbeurteilung auf ($0,48 \leq r_g \leq 0,85$). Die zur Zuchtstutenprüfung erfassten Grundgangarten schwanken bezüglich ihrer genetischen Korrelation zum Merkmal Bewegung zwischen $r_g = 0,37$ (Trab) und $r_g = 0,46$ (Schritt).

Tabelle 12: Schätzwerte (bivariat ermittelt) für die genetischen Korrelationen zwischen ausgewählten Merkmalen der Fohlenbeurteilung und Stutbuchaufnahme bzw. Fohlenbeurteilung und Zuchtstutenprüfung, (Standardfehler von 0,015 bis 0,049)

Merkmale der Fohlenbeurteilung	Merkmale der Stutbuchaufnahme	Genetische Korrelation
Typ	Rasse- und Geschlechtstyp	0,85
Exterieur	Exterieur (Qualität des Körperbaus)	0,82
Bewegung	Schritt	0,48
Bewegung	Trab	0,77
Bewegung	Galopp	0,69
Merkmale der Fohlenbeurteilung	Merkmale der Zuchtstutenprüfung	Genetische Korrelation
Bewegung	Schritt	0,46
Bewegung	Trab	0,37
Bewegung	Galopp	0,45
Bewegung	Freispringen	0,09

In die populationsgenetischen Analysen zur Stutbuchaufnahme wurden insgesamt 13 Merkmale integriert. Aus der jeweils bivariat durchgeführten Parameterschätzung resultieren die in Tabelle 13 aufgeführten Schätzwerte für die genetischen Korrelationen. Die Schätzwerte für die Heritabilitäten wurden gemittelt und belegen ein breites Erblichkeitsintervall für die Merkmale der Stutbuchaufnahme. Erwartungsgemäß hohe Heritabilitäten wurden für den Typ ($h^2 = 0,46$), Qualität des Körperbaus ($h^2 = 0,43$) und den Kopf ($h^2 = 0,50$) ermittelt. Die Einzelexterieurmerkmale Hals, Schulter und Sattellage sowie Rücken und Kruppe zeigen ein mittleres Heritabilitätsniveau. Die Kriterien zur Fundamentbewertung erweisen sich mit Schätzwerten von $h^2 = 0,15$ (Vordergliedmaßen) und $h^2 = 0,19$ (Hintergliedmaßen) als niedrig heritabel. Die Ergebnisse für die Grundgangarten liegen zwischen $h^2 = 0,25$ für den Schritt und $h^2 = 0,49$ für den Galopp. Die genetischen Korrelationen bewegen sich durchweg auf einem mittleren bis hohen Niveau. Insbesondere die zusammenfassenden Noten Typ, Qualität des Körperbaus sowie Gesamteindruck und Entwicklung erweisen sich als sehr eng korreliert. Der hohe Schätzwert von $r_g = 0,86$ (Rasse- und Geschlechtstyp : Kopf) bestätigt den Kopf als typprägendes Erfassungskriterium. Innerhalb der Einzelexterieurmerkmale existieren genetische Zusammenhänge von $r_g = 0,39$ (Kopf : Vordergliedmaßen) bis $r_g = 0,78$ (Schulter und Sattellage : Rücken und Kruppe). Die drei Grundgangarten und das Merkmal Gangkorrektheit weisen Beziehungen zwischen $r_g = 0,42$ (Gangkorrektheit : Galopp) und $r_g = 0,65$ (Trab : Galopp) auf. Die Standardfehler der genetischen Korrelationen variieren in einem Intervall von 0,006 bis 0,069.

Tabelle 13: Schätzwerte der Heritabilitäten (Diagonale), genetische (oberhalb der Diagonalen) und phänotypische Korrelationen (unterhalb der Diagonalen) für Merkmale der Stutbuchaufnahme mit Standardfehlern in Klammern

Merkmals	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
N im Merkmal	13.562	8.837	13.560	13.562	13.560	13.561	8.848	9.760	13.560	10,783	13.559	2.192	9.060
Rasse- und Geschlechtstyp (1)	,46 (,02)	,95	,86	,83	,81	,83	,58	,71	,76	,51	,71	,72	,98
Qualität des Körperbaus (2)	,29	,43 (,02)	,83	,81	,81	,86	,67	,80	,85	,58	,75	,66	,98
Kopf (3)	,40	,26	,50 (,02)	,69	,59	,61	,39	,57	,65	,34	,55	,46	,77
Hals (4)	,34	,25	,29	,36 (,02)	,64	,62	,44	,56	,65	,39	,67	,51	,80
Schulter und Sattellage (5)	,26	,22	,15	,20	,28 (,02)	,78	,45	,60	,58	,55	,67	,59	,80
Rücken und Kruppe (6)	,30	,25	,19	,20	,21	,25 (,02)	,62	,75	,70	,56	,74	,74	,92
Vordergliedmaßen (7)	,18	,18	,10	,11	,12	,15	,15 (,01)	,73	,78	,48	,52	,35	,71
Hintergliedmaßen (8)	,20	,19	,14	,13	,11	,18	,15	,19 (,02)	,81	,49	,67	,48	,79
Gangkorrektheit (9)	,17	,13	,13	,12	,10	,13	,15	,14	,16 (,01)	,45	,59	,42	,71
Schritt (10)	,16	,12	,09	,09	,12	,13	,12	,11	,09	,25 (,02)	,61	,50	,60
Trab (11)	,26	,17	,18	,19	,19	,21	,13	,13	,16	,20	,42 (,02)	,65	,79
Galopp (12)	,26	,16	,13	,16	,20	,21	,11	,11	,11	,17	,34	,49 (,04)	,75
Gesamteindruck und Entwicklung (13)	,42	,25	,30	,28	,23	,31	,17	,19	,18	,18	,29	,28	,36 (,02)

4.2.2 Zuchtstutenprüfung

Die Ergebnisse der multivariat durchgeführten Varianzkomponentenschätzung für die Merkmale der Zuchtstutenprüfung sind in Tabelle 14 zusammengestellt. Die Heritabilitäten bewegen sich in einem Intervall von 0,18 (Rittigkeit) bis 0,46 (Trab). Die Schätzwerte für die Grundgangarten befinden sich auf mittlerem Niveau und lassen auf eine gute züchterische Bearbeitbarkeit schließen. Die Kriterien Trab und Galopp erweisen sich mit $r_g = 0,80$ deutlich enger korreliert als die beiden anderen Merkmalskombinationen. Zwischen dem Freispringen und den anderen Merkmalen sind die genetischen Korrelationen, mit Ausnahme der Beziehung zum Galopp, als marginal einzuschätzen. Die Standardfehler der genetischen Korrelationen rangieren zwischen 0,024 und 0,059.

Tabelle 14: Schätzwerte der Heritabilitäten (Diagonale), genetische (oberhalb der Diagonalen) und phänotypische Korrelationen (unterhalb der Diagonalen) für Merkmale der Zuchtstutenprüfung mit Standardfehlern in Klammern

Merkmals	Schritt	Trab	Galopp	Rittigkeit	Freispringen
N	2.729	2.728	2.729	2.699	2.756
Schritt	0,29 (0,02)	0,55	0,62	0,37	0,03
Trab	0,28	0,46 (0,02)	0,80	0,66	0,08
Galopp	0,24	0,37	0,28 (0,02)	0,73	0,22
Rittigkeit	0,21	0,27	0,31	0,18 (0,02)	0,08
Freispringen	0,09	0,12	0,16	0,13	0,41 (0,02)

Für 954 Pferde stand eine ergänzende Dokumentation in den Merkmalen Springmanier und Springvermögen zur Verfügung. Tabelle 15 zeigt für Springvermögen neben einem größeren Mittelwerte auch ein erhöhtes Heritabilitätsniveau von $h^2 = 0,60$ gegenüber $h^2 = 0,43$ für Springmanier. Die beiden Merkmale erweisen sich mit $r_g = 0,90$ ($S = 0,04$) als hoch korreliert. Die Parameterschätzung wurde im Zweimerkmalsfall unter Verwendung des Modells M_{ZSP} (siehe 3.2) vorgenommen.

Tabelle 15: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen (s), Schätzwerte für Heritabilitäten (h^2) und Standardfehler (S_{h^2}) in den Merkmalen Springmanier und Springvermögen

Merkmal (N=954)	\bar{x}	s	h^2	S_{h^2}
Springmanier	7,03	0,93	0,43	0,03
Springvermögen	7,45	1,01	0,60	0,05

Die Absolvierung der Zuchtstutenprüfung kann alternativ auf Station oder im Feld erfolgen. In der Literatur werden bei Vorliegen beider Informationsquellen die populationsgenetischen Analysen überwiegend gemeinsam für beide Prüfungsformen vorgenommen. CHRISTMANN (1996) empfiehlt aufgrund der von ihm ermittelten genetischen Zusammenhänge zwischen Merkmalen der Stations- und Feldprüfung eine Zusammenfassung und gemeinsame Auswertung der entsprechenden Datensätze.

Für die hier untersuchte Stutenpopulation wurde die Spezifik der Merkmalsbeziehungen ebenfalls überprüft. Es erfolgte zunächst ein separater Schätzlauf für beide Prüfungsformen. Hierfür wurde eine modifizierte Variante von Modell Mzsp (Verzicht auf den fixen Effekt Prüfungsform) im Fünfmerkmalsfall angewandt.

Die Ergebnisse in Tabelle 16 belegen einen identischen Heritabilitätskoeffizienten im Merkmal Trab und eine geringe Divergenz der Schätzwerte für Schritt und Freispringen. Die maximale Abweichung von $\Delta h^2_{\max} = 0,10$ bzw. $\Delta h^2_{\max} = 0,11$ kann für die Heritabilitätskoeffizienten von Galopp und Rittigkeit festgestellt werden. Die Differenzen der genetischen Korrelationen liegen für die Mehrzahl der Merkmalskombinationen unter $\Delta r_g = 0,1$ und sind als sehr gering einzuschätzen. Hohe Abweichungen werden für die Beziehungen von Schritt : Freispringen ($\Delta r_g = 0,35$) und Trab : Rittigkeit ($\Delta r_g = 0,35$) verzeichnet, wobei im ersten Fall einmalig ein Merkmalsantagonismus auftritt. Die Standardfehler der Stationsdaten sind sowohl für die Heritabilitäten als auch für die genetischen Korrelationen ($0,03 \leq S_{r_g} \leq 0,06$) auf einem niedrigeren Niveau angesiedelt. Die entsprechenden Werte der Feldprüfung fallen tendenziell höher aus ($0,06 \leq S_{r_g} \leq 0,16$).

Tabelle 16: Schätzwerte der Heritabilitäten (Diagonale) und genetische Korrelationen (oberhalb der Diagonalen) für Merkmale der Stationsprüfung (oberer Eintrag) und Feldprüfung (unterer Eintrag) mit Standardfehlern in Klammern

Merkmals	N	Schritt	Trab	Galopp	Rittigkeit	Freispringen
Schritt	2.000 729	0,33 (0,03) 0,28 (0,06)	0,54 0,59	0,60 0,72	0,40 0,33	0,10 -0,25
Trab	2.000 728		0,50 (0,03) 0,50 (0,07)	0,80 0,85	0,58 0,91	0,01 0,17
Galopp	2.000 729			0,30 (0,02) 0,20 (0,06)	0,68 0,67	0,22 0,26
Rittigkeit	2.026 673				0,26 (0,03) 0,15 (0,05)	0,10 0,01
Freispringen	2.027 729					0,47 (0,02) 0,45 (0,06)

Die genetischen Korrelationen zwischen vergleichbaren Merkmalen der beiden Prüfungsformen bewegen sich zwischen $r_g = 0,73$ (Freispringen) und $r_g = 1,00$ (Galopp). Im Merkmal Rittigkeit wurde ebenfalls ein Korrelationskoeffizient von 1,00 ermittelt, der jedoch aufgrund mangelhafter Konvergenz als unsicher angesehen werden muss (vgl. Tabelle 17).

Tabelle 17: Schätzwerte der Heritabilitäten für Merkmale der Zuchtstutenprüfung auf Station und im Feld sowie Schätzwerte der genetischen Korrelationen zwischen gleichen Merkmalen

Merkmals	Heritabilitäten		Genetische Korrelationen	Standardfehler
	Station	Feld		
Schritt	0,33	0,28	0,95	0,188
Trab	0,50	0,50	0,87	0,141
Galopp	0,30	0,20	1,00	0,002
Rittigkeit	0,26	0,15	1,00	Status 3, sichere Konvergenz nicht gewährleistet
Freispringen	0,47	0,45	0,73	0,181

Das Merkmal Rittigkeit war aus den vorangegangenen Ergebnissen mit einem vergleichsweise niedrigen Heritabilitätskoeffizienten, der höchsten Abweichungen der prüfungsspezifischen Schätzwerte und einer problematischen Konvergenz hervorgegangen. In Anbetracht dessen wurde eine separate Analyse im Merkmal Rittigkeit vorgenommen. Es erfolgte eine individuelle Betrachtung der durch die drei verschiedenen Bewertergruppen (Trainer, Richter, Fremdreiter) vorgenommenen Leistungsfeststellungen. Aufgrund der nicht durchgängig dokumentierten Einzelnotenaufstellung konnte lediglich ein reduziertes Teilmaterial für diese Untersuchung verwendet werden. Die Ergebnisse der deskriptiven Statistiken (Tabelle 18) präsentieren ein unterschiedliches mittleres Notenniveau, wobei die Trainerbewertung durch den signifikant höchsten Wert bei gleichzeitig niedrigster Standardabweichung auffällt. Die angestellte genetische Analyse (Tabelle 19) zeigt erhebliche Differenzen bezüglich der Heritabilitätsschätzwerte, jedoch eine enge genetische Beziehung mit Korrelationskoeffizienten von bis zu 0,97.

Tabelle 18: Deskriptive Statistik für das Merkmal Rittigkeit, gesamt und getrennt nach Bewertern (mit N = Anzahl Beobachtungen, \bar{x} = Mittelwert, s = Standardabweichung, Min = Minima, Max = Maxima)

Merkmal	N	\bar{x}	s	Min	Max
Rittigkeit- gesamt	2.699	6,96	0,92	3,5	9,5
Rittigkeit- Trainer	909	7,27	0,75	4,0	9,5
Rittigkeit- Richter	1.265	6,82	0,91	3,5	9,33
Rittigkeit- Fremdreiter	1.889	7,12	0,96	3,5	10,0

Tabelle 19: Schätzwerte der Heritabilitäten und genetischen Korrelationen zwischen Bewertungen durch Trainer, Prüfer und Fremdreiter im Merkmal Rittigkeit

Merkmal	Rittigkeit- Trainer	Rittigkeit- Richter	Rittigkeit- Fremdreiter
Rittigkeit- Trainer	0,39 (0,05)	0,76 (0,10)	0,90 (0,04)
Rittigkeit- Richter		0,08 (0,03)	0,97 (0,04)
Rittigkeit-Fremdreiter			0,23 (0,03)

Für die weiteren Merkmale der Zuchtstutenprüfung konnten genetische Korrelationen von $r_g = 0,90$ (Schritt) bis $r_g = 0,99$ (Galopp) zwischen Trainer- und Richterbewertung ermittelt werden (Tabelle 20). Aus genetischer Sicht kann hier von nahezu identischen Merkmalen ausgegangen werden. Die Standardfehler bewegen sich in einem Intervall von $Sr_g = 0,02$ bis $Sr_g = 0,05$.

Tabelle 20: Schätzwerte der genetischen Korrelationen zwischen Bewertungen von Trainer und Richter aus der Zuchtstutenprüfung

Merkmals	Genetische Korrelation	Standardfehler
Schritt	0,90	0,05
Trab	0,96	0,02
Galopp	0,99	0,02
Freispringen	0,97	0,03

4.2.3 Genetische Beziehungen zwischen Merkmalen verschiedener Prüfungsformen

Die gemeinsame Auswertung von Merkmalen der Stutbuchaufnahme und der Zuchtstutenprüfung gibt Auskunft über die genetischen Zusammenhänge zwischen den untersuchten Leistungsparametern aus beiden Prüfungsformen. Die Ergebnisse in Tabelle 21 basieren auf bivariat durchgeführten Schätzläufen. Die Heritabilitätskoeffizienten wurden aus den gepoolten Einzelergebnissen berechnet. Es sind vereinzelte, minimale Abweichungen ($\Delta h^2_{\max} = 1\%$) zu den Ergebnissen der prüfungsinternen Schätzläufe (vgl. Tabelle 13 und Tabelle 14) zu verzeichnen, die, ebenso wie die geringen Unterschiede der genetischen Korrelationen, auf die veränderte Merkmalskonstellation der einfließenden genetischen Korrelationen zurückzuführen sind. Ein Vergleich der Parameter innerhalb Prüfungsform zeigt einen jeweils um $\Delta h^2 = 0,05$ erhöhten Schätzwert zugunsten der Zuchtstutenprüfung für die Merkmale Schritt und Trab. Der Galopp hingegen erweist sich hier als deutlich niedriger heritabel. Die genetischen Korrelationen innerhalb der Grundgangarten variieren in Intervallen von $0,50 \leq r_g \leq 0,65$ für die Stutbuchaufnahme bzw. $0,56 \leq r_g \leq 0,80$ für die Zuchtstutenprüfung, wobei die Konstellation Trab : Galopp jeweils den engsten

Zusammenhang aufweist. Die Betrachtung der genetischen Korrelationen für die adäquaten Grundgangarten führt zu Schätzwerten von $r_g = 0,95$ (Schritt), $r_g = 0,69$ (Trab) und $r_g = 0,83$ (Galopp). Für das Freispringen sind deutlich höhere Korrelationskoeffizienten zu den Merkmalen Trab und Galopp aus der Stutbuchaufnahme festzustellen als zu den prüfungsintern erfassten Merkmalen.

Tabelle 21: Schätzwerte für Heritabilitäten (Diagonale), genetische (oberhalb der Diagonalen) und phäno-typische Korrelationen (unterhalb der Diagonalen) für die Merkmale der Stutbuchaufnahme (SBA) und Zuchtstutenprüfung (ZSP); Standardfehler jeweils in Klammern; Standardfehler (S_{h^2}) der genetischen Korrelationen: $0,029 \leq S_{h^2} \leq 0,087$)

Merkmal		Schritt	Trab	Galopp	Schritt	Trab	Galopp	Rittigkeit	Freispringen
		SBA	SBA	SBA	ZSP	ZSP	ZSP	ZSP	ZSP
N im Merkmal		9.686	12.067	2.162	2.729	2.728	2.729	2.699	2.756
Schritt	SBA	0,25 (0,02)	0,61	0,50	0,95	0,55	0,62	0,50	0,05
Trab	SBA	0,20	0,41 (0,02)	0,65	0,60	0,69	0,71	0,53	0,18
Galopp	SBA	0,17	0,34	0,48 (0,04)	0,44	0,51	0,83	0,52	0,50
Schritt	ZSP	0,22	0,13	0,12	0,30 (0,03)	0,56	0,65	0,38	0,03
Trab	ZSP	0,12	0,22	0,22	0,28	0,46 (0,03)	0,80	0,65	0,08
Galopp	ZSP	0,10	0,18	0,28	0,24	0,37	0,28 (0,03)	0,73	0,17
Rittigkeit	ZSP	0,06	0,09	0,15	0,21	0,27	0,31	0,18 (0,03)	0,07
Freispringen	ZSP	0,06	0,07	0,13	0,09	0,12	0,16	0,13	0,41 (0,03)

4.3 Zuchtwertschätzung

Der Aufbau des gesamten Verfahrens der Zuchtwertschätzung untergliederte sich in einige wesentliche Prozessabschnitte, die mit der Entwicklung und Implementierung eines solchen Systems einhergehen (Abbildung 10). Essentielle Basis ist die Existenz einer fundierten Datengrundlage. Diese erschließt sich aus einer zuverlässigen Datenerhebung und -verwaltung sowie einer Erstaufbereitung der Daten. Für die wissenschaftliche Entwicklungsarbeit war zunächst die Zusammenführung, Editierung und Plausibilitätsüberprüfung der Daten von fundamentaler Bedeutung. Darauf aufbauend konnte mittels deskriptiver Statistik eine allgemeine Analyse des Materials erfolgen, woran sich die Schätzung der populationsgenetischen Parameter anschloss, welche wiederum elementare Bausteine für die Zuchtwertschätzung war. Die Darstellung dieser Ergebnisse erfolgte in den vorangegangenen Abschnitten (vgl. 3.1, 4.1 und 4.2).

Für die Implementierung eines Schätzsystems in die Praxis ergeben sich essentielle Anforderungen an das spätere Routineverfahren. Dabei spielen die Aspekte Zuverlässigkeit und Anwenderfreundlichkeit des Systems sowie Gewährleistung eines ungehinderten Arbeitsprozesses eine wesentliche Rolle. Folglich war die Koordinierung der Teilprozesse von primärer Bedeutung, wobei der Integration von Schnittstellen für den strukturierten Datentransfer eine Schlüsselstellung zukam. Die Automatisierung einzelner Teilabschnitte kann für den störungsfreien Praxiseinsatz sehr förderlich sein und so wurden durch die Integration von Kommandoprozeduren in Form von Shell-Scripten eine Steigerung der Arbeitseffizienz und eine Erhöhung der Zuverlässigkeit realisiert. Bei der faktischen Übertragung erwiesen sich die gründliche Dokumentation, die sorgfältige Einarbeitung der zukünftigen User und die anfängliche fachliche Begleitung als sehr hilfreich für die erfolgreiche Einführung. Im Hinblick auf den weiteren, langfristigen Routineeinsatz ist eine regelmäßige Überprüfung der populationsgenetischen Parameter unabdingbar.

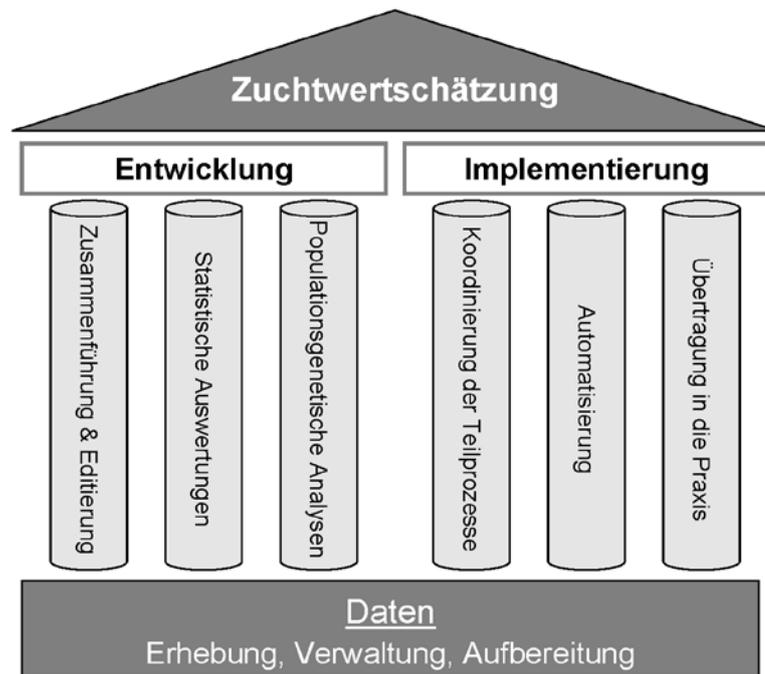


Abbildung 10: Wesentliche Prozessabschnitte für die Erstellung der Zuchtwertschätzung

4.3.1 Darstellung der Zuchtwerte

Bezüglich der Skalierung und Standardisierung der Zuchtwerte empfiehlt sich die Angleichung an existente Schätzsysteme. Eine einheitliche Verfahrensweise erhöht die Übersichtlichkeit und erleichtert gleichzeitig den Umgang mit den Zuchtwerten der verschiedenen Systeme. Eine damit einhergehende verbesserte Akzeptanz durch die Züchterschaft ist erstrebenswert.

Folglich werden die ermittelten Einzel-, Teil- und Gesamtzuchtwerte analog zur Integrierten Zuchtwertschätzung auf einer Relativskala mit dem Mittelwert 100 und einer Standardabweichung von 20 dargestellt. Das Mittel orientiert sich dabei an den Tieren der Bezugsbasis. Die als Basis definierten Pferde müssen feste Anforderungen bezüglich des Vorhandenseins von Leistungsinformationen und bezüglich ihres Alters erfüllen, um zum einen sichere Zuchtwerte und zum anderen ihren Bezug zum aktuellen Zuchtgeschehen zu gewährleisten. Es wird grundsätzlich von einer gleitenden Basis ausgegangen.

4.3.2 Systematisierung der Merkmalskomplexe

Aus den drei Prüfkomplexen Fohlenbeurteilung, Stutbuchaufnahme und Zuchtstutenprüfung resultieren 20 für die Zuchtwertschätzung relevante Merkmale. Eine Strukturierung der Zuchtwerte kann unter verschiedenen Gesichtspunkten vorgenommen werden. So ist eine prüfungsbezogene Zusammenfassung der Merkmale möglich. Dies ist beispielsweise für junge Hengste vorstellbar, die auf Basis der sehr frühen Nachkommeninformation im Rahmen der Fohlenbeurteilung sehr zeitig einen ersten Zuchtwert erhalten könnten. Primär erscheint jedoch die Konstellation funktional zusammenhängender Merkmalskomplexe zweckmäßig. Die Schemata in Abbildung 11 bis Abbildung 13 demonstrieren ein mögliches Szenario für eine schwerpunktbezogene Systematisierung. Im dargestellten Beispiel wurden drei Gesamtzuchtwerte etabliert. Diese aggregieren insgesamt 22 Einzelzuchtwerte unter den Aspekten Springen, Dressur und Exterieur. Aus den beiden Merkmalen Galopp – Stutbuchaufnahme und Galopp – Zuchtstutenprüfung resultieren jeweils zwei Einzelzuchtwerte. Dabei liegen der Schätzung in den Komplexen Dressur und Springen unterschiedliche genetische Korrelationen zugrunde, was zu geringen Differenzen zwischen den adäquaten Schätzwerten in den beiden Bereichen führen kann.

Springen

Als Bewertungsgröße für die Springeignung eines Pferdes steht im vorliegenden Datenmaterial ausschließlich das Merkmal Freispringen (Zuchtstutenprüfung) zur Verfügung. Diesem sollte bei der Ermittlung des Gesamtzuchtwertes Springen auch die primäre Bedeutung beigemessen werden. Neben einer alleinigen Berücksichtigung des Freispringens ist ferner die Ergänzung der Einzelzuchtwerte Galopp - Stutbuchaufnahme und Galopp – Zuchtstutenprüfung möglich und sinnvoll (Abbildung 11). Denn während der aus der Zuchtstutenprüfung resultierende Stichprobenumfang auch auf lange Sicht begrenzt bleiben wird, bietet das deutlich umfangreichere Material der Stutbuchaufnahme für eine erheblich größere Anzahl an Pferden eine Eigenleistung. Neben diesem Informationsgewinn durch Hinzunahme einer weiteren Prüfungsart ist das Kriterium Galopp – Stutbuchaufnahme jenes Merkmal, welches die höchste genetische Korrelation zum Freispringen aufweist. Nichtsdestotrotz sollten bei Anwendung dieser Merkmalskonstellation die Wichtungsanteile der beiden Einzelzuchtwerte Galopp gering gehalten werden.

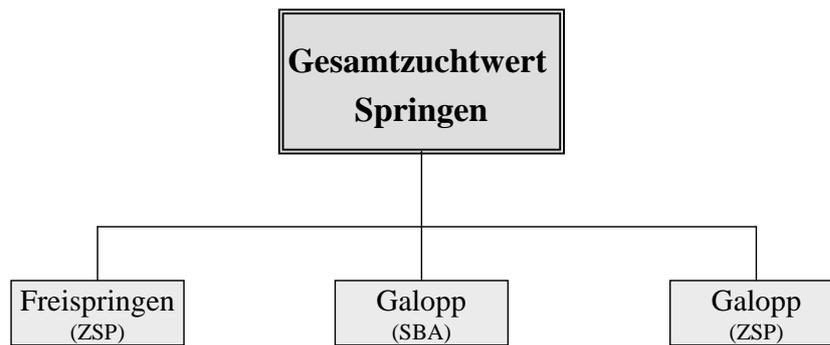


Abbildung 11: Struktur des Gesamtzuchtwerter Springen

Dressur

Die Leistungsveranlagung eines Pferdes für den Bereich Dressur kann als sehr komplex eingeschätzt werden. Die in Abbildung 12 dargestellte Konstellation von acht Einzelschätzungen zum Gesamtzuchtwerter Dressur reflektiert diese Komplexität. Neben den jeweils zweifach vertretenen Grundgangarten sind das Merkmal Bewegung aus dem Bereich Fohlenbeurteilung und das Merkmal Rittigkeit involviert. Letzteres sollte zweifelsohne eine stärkere Beachtung bei der Wichtung erfahren. Belegen doch eine Reihe von Studien die Bedeutung dieses Merkmals und seine Wertschätzung durch Züchter (TEEGEN, 2008), Leistungssportler (PLEWA, 2002) und Freizeitreiter (DOHN, 1995).

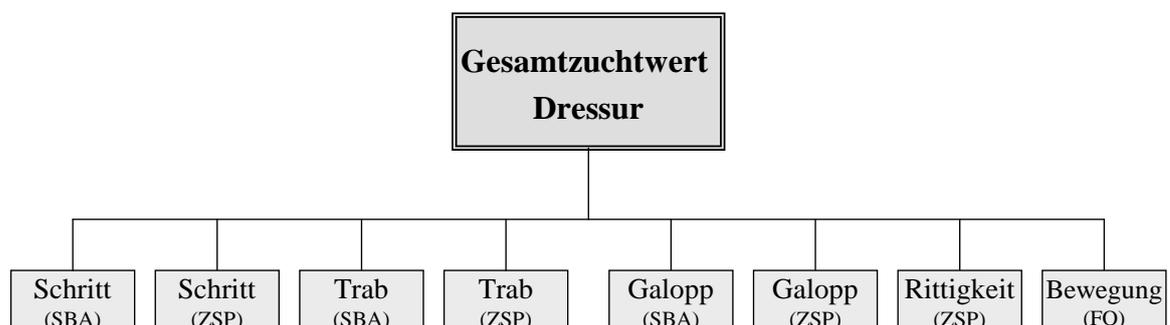


Abbildung 12: Struktur des Gesamtzuchtwerter Dressur

Exterieur

Vergleichbar mit der Differenzierung in funktionelles und ästhetisches Exterieur (VAN VELDHUIZEN, 1998) vereint der Gesamtzuchtwert Exterieur Merkmale des Typs und der äußeren Körperform. Er subsumiert elf Einzelzuchtwerte (Abbildung 13). Neben den sechs Einzel-Exterieurmerkmalen fließen drei weitere Merkmale aus der Stutbuchaufnahme und zwei Einzelzuchtwerte aus der Fohlenbeurteilung ein. Die akkumulierte Bewertung für Qualität des Körperbaus wird nicht explizit berücksichtigt. Resultierend aus der Formulierung dreier übergeordneter Merkmalsgruppen wurden die Teilzuchtwerte Reitpferdepoin, Fundament sowie Typ und Gesamterscheinung abgeleitet. Dabei sind die Zuchtwerte der Einzelmerkmale Kopf, Hals, Schulter und Sattellage sowie Rücken und Kruppe zum Teilzuchtwert Reitpferdepoin konzentriert. Zugleich bilden die Vorder- und Hintergliedmaßen zusammen mit dem Einzelzuchtwert des eng korrelierten Merkmals Gangkorrektheit den Teilzuchtwert Fundament. Der Teilzuchtwert Typ und Gesamterscheinung beinhaltet die Typmerkmale aus der Fohlenbeurteilung und Stutbuchaufnahme sowie die undetailliert beschreibenden Kriterien Exterieur und Gesamteindruck und Entwicklung. Alle vier Merkmale verfügen über eine enge genetische Beziehung.

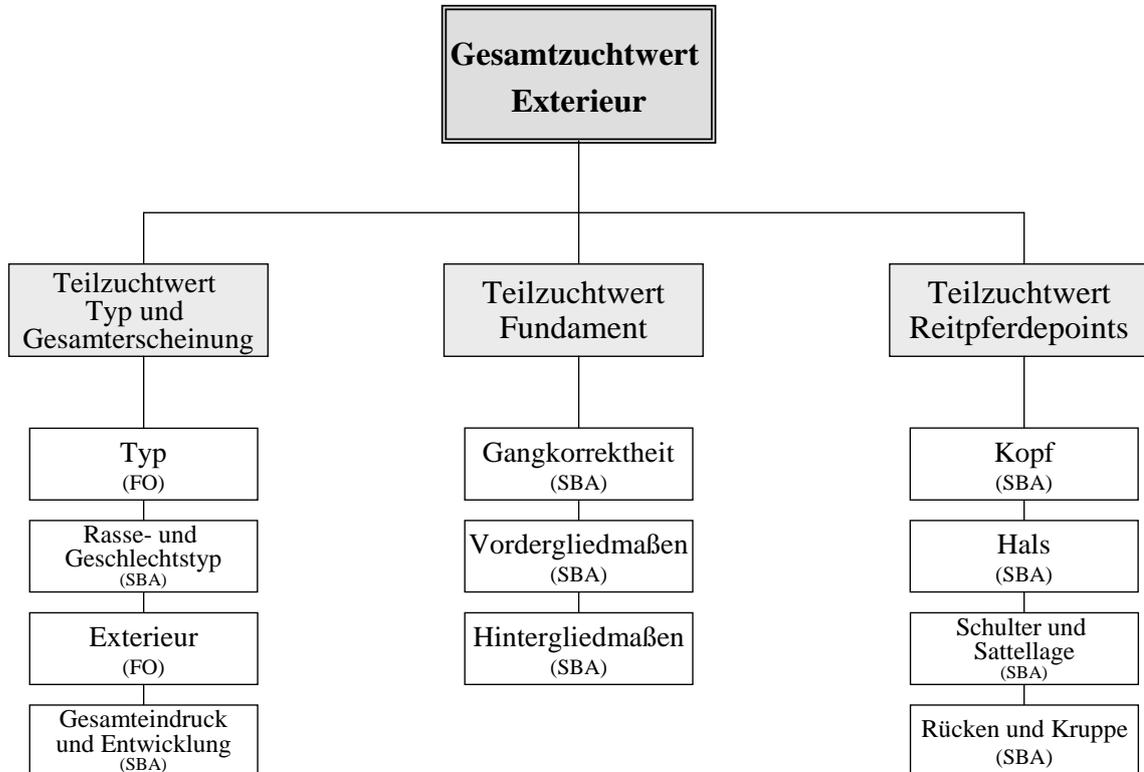


Abbildung 13: Struktur des Gesamtzuchtwertes Exterieur

4.3.3 Ergebnisse der Zuchtwertschätzung

Aus der Integrierten Zuchtwertschätzung und dem vorgestellten Schätzsystem resultieren einzelne Zuchtwerte mit vergleichbaren Schwerpunkten. Als Schnittstelle der zugrunde liegenden Leistungsdaten können die Informationen aus der Zuchtstutenprüfung angesehen werden. Unter Einbeziehung der Ergebnisse für veröffentlichte Hengste aus der Integrierten Zuchtwertschätzung 2007 sind Korrelationen zwischen ausgewählten Zuchtwerten der beiden Schätzsysteme ermittelt worden. Dabei gingen ausschließlich Hengste mit einer repräsentativen Anzahl geprüfter Nachkommen in die Auswertung ein, wobei als Referenzkriterien mindestens 15 Nachkommen in der Fohlenbeurteilung sowie zehn Nachkommen in der Stutbuchaufnahme und fünf Nachkommen in der Zuchtstutenprüfung gefordert wurden. Die Pearson-Korrelationskoeffizienten liegen bei $r_{zw} = 0,69$ für die beiden Gesamtzuchtwerte Dressur und bei $r_{zw} = 0,74$ für den Teilzuchtwert Dressur-Zuchtstutenprüfung und den Gesamtzuchtwert Dressur (Tabelle 22). Die größte Übereinstimmung im Dressurbereich beträgt $r_{zw} = 0,79$ für den Teilzuchtwert Dressur (ZSP) und den Mittelwert der Einzelzuchtwerte Schritt, Trab, Galopp und Rittigkeit aus der Zuchtstutenprüfung. Sie wird durch die Verwendung exakt derselben Merkmale und deren identische Gewichtung bedingt. Der Teilzuchtwert Springen-Zuchtstutenprüfung und der Einzelzuchtwert Freispringen aus der internen Schätzung basieren ebenfalls auf demselben Merkmal und weisen eine Korrelation von $r_{zw} = 0,79$ auf. Die beiden Gesamtzuchtwerte Springen verfügen über einen Koeffizienten von $r_{zw} = 0,62$. Allerdings sind die ermittelten Werte aufgrund der nur anteilig übereinstimmenden Tier- und Leistungsdaten nur bedingt für einen Vergleich der beiden Berechnungsverfahren geeignet.

Tabelle 22: Korrelationen zwischen Hengstzuchtwerten aus der Integrierten (2007) und der internen Zuchtwertschätzung (Stand der Leistungsdaten: 2006) für den Bereich Dressur und Springen

Integrierte Zuchtwertschätzung	Korrelation	Interne Zuchtwertschätzung
Gesamtzuchtwert Dressur	0,69	Gesamtzuchtwert Dressur
Teilzuchtwert Dressur (ZSP)	0,74	Gesamtzuchtwert Dressur
Teilzuchtwert Dressur (ZSP)	0,79	Ø der Einzelzuchtwerte Schritt, Trab, Galopp, Rittigkeit (ZSP)
Gesamtzuchtwert Springen	0,62	Gesamtzuchtwert Springen
Teilzuchtwert Springen (ZSP)	0,79	Einzelzuchtwert Freispringen (ZSP)

Die Turniersport- und Aufbauprüfungen werden als Leistungsdaten in der Integrierten Zuchtwertschätzung berücksichtigt. Sie sind trotz ihrer verhältnismäßig geringen Erblichkeiten von großem züchterischem Interesse, da in ihrem Falle Prüfungsumwelt und Nutzungsumwelt identisch sind.

Ein Vergleich von Zuchtwerten der Integrierten und der internen Zuchtwertschätzung (Tabelle 23) zeigt, dass für den Komplex Dressur tendenziell höhere Korrelationen zwischen den Turniersport- bzw. Aufbauprüfungen und den eigenen Ergebnissen zu finden sind, als dies im Bereich Springen der Fall ist. Die Pearson-Korrelationskoeffizienten bewegen sich in Intervallen von $r_{ZW} = 0,63$ bis $r_{ZW} = 0,67$ für die dressurorientierten Konstellationen. Die Kombinationen im Springbereich weisen Korrelationen von $r_{ZW} = 0,56$ bis $r_{ZW} = 0,60$ auf.

Tabelle 23: Korrelationen zwischen Hengstzuchtwerten aus der Integrierten (2007) und der internen Zuchtwertschätzung (Stand der Leistungsdaten: 2006) über Prüfungsformen hinweg

Integrierte Zuchtwertschätzung	Korrelation	Interne Zuchtwertschätzung
Teilzuchtwert TSP Dressur	0,63	Gesamtzuchtwert Dressur
Teilzuchtwert TSP Dressur	0,67	Einzelzuchtwert Rittigkeit
Teilzuchtwert TSP Dressur	0,63	Ø der Einzelzuchtwerte Schritt, Trab, Galopp (ZSP)
Teilzuchtwert ABP Dressur	0,65	Gesamtzuchtwert Dressur
Teilzuchtwert ABP Dressur	0,67	Einzelzuchtwert Rittigkeit
Teilzuchtwert ABP Dressur	0,65	Ø der Einzelzuchtwerte Schritt, Trab, Galopp (ZSP)
Teilzuchtwert TSP Springen	0,58	Gesamtzuchtwert Springen
Teilzuchtwert TSP Springen	0,60	Einzelzuchtwert Freispringen
Teilzuchtwert ABP Springen	0,56	Gesamtzuchtwert Springen
Teilzuchtwert ABP Springen	0,60	Einzelzuchtwert Freispringen

5 Diskussion

Die noch junge Zuchtpopulation des Deutschen Sportpferdes wurde erstmalig einer derartigen populationsgenetischen Analyse unterzogen.

Ziel dieser Arbeit war die Charakterisierung der Population auf der Basis des auf Verbandsebene zur Verfügung stehenden Datenmaterials und die Entwicklung einer internen Zuchtwertschätzung. Die erhobenen Leistungsparameter aus den Bereichen Fohlenbeurteilung, Stutbuchaufnahme und Zuchtstutenprüfung sollten anhand deskriptiver als auch genetisch-statistischer Auswertungen untersucht und im Sinne der Zuchtwertschätzung erschlossen werden.

Finales Anliegen war es, in Abstimmung zwischen Praxis und Wissenschaft ein Zuchtwertesystem zu etablieren, welches den Anforderungen der praktischen Zuchtarbeit und den Bedürfnissen der wissenschaftlichen Umsetzung gerecht wird.

5.1 Populationsstruktur

Der Struktur der Verwandtschaft kommt bei der Anstellung populationsgenetischer Analysen eine zentrale Stellung zu. Zum einen ist der Grad der Vollständigkeit von Bedeutung, zum anderen wirkt sich die Dichte der verwandtschaftlichen Verknüpfung auf die genetische Verbindung der Daten und damit auf die Sicherheit der geschätzten Zuchtwerte aus.

Die Zuchtmethodik für das Deutsche Sportpferd basiert auf Reinzucht mit offener Population. Diese Strategie spiegelt sich in der Struktur der Elterntiere wider. So stammen ca. 15 % der geprüften Pferde von Hengsten der heimischen Zuchtgebiete (BB, ST, SN, TH) ab. Gleichzeitig ist ein deutlicher Einfluss der Zuchtgebiete Hannover, Holstein, Oldenburg und Westfalen auf die Population zu verzeichnen. Etwa 57 % der Tiere sind von Hengsten dieser vier Verbände abstammend. Insgesamt ist anhand der Anteile des genetischen Materials eine aktive Nutzung von Vererbern anderer, vorrangig deutscher Zuchtgebiete in den alten Bundesländern zu verzeichnen. Dies prägt die aktuellen genetischen Anteile der Deutschen Sportpferdepopulation maßgeblich, nachdem ein Austausch von Zuchtmaterial aufgrund von politischen Gegebenheiten über einen sehr langen Zeitraum nur sehr eingeschränkt möglich war.

Das Deutsche Sportpferd begründet seinen Ursprung in den Warmblutpopulationen Berlin-Brandenburgs, Sachsen-Anhalts, Sachsens und Thüringens. Die genetische Verknüpfung zwischen diesen vier Ausgangsrassen wurde ausschließlich durch den übergreifenden Hengsteinsatz realisiert. Im Datenmaterial konnte eine für die Pferdezucht typische, geschlechtsspezifische Eltern-Nachkommen-Verteilung festgestellt werden (Tabelle 6). Aufgrund der geringen Nachkommenzahlen auf weiblicher Seite (\emptyset Anzahl Nachkommen pro Stute = 2) ist die genetische Verknüpfung über den mütterlichen Pfad nicht von Relevanz. LÜHRS-BEHNKE (2005) verwies in Untersuchungen zu leistungsgeprüften Stuten verschiedener Pferdezuchtverbände bereits auf diesen Aspekt.

Die Anzahl gemeinsamer Vererber über alle Teilzuchtgebiete erscheint mit $N = 64$ relativ gering. Zudem konnten nur wenige klassische „*link-provider*“ detektiert werden, da auch bei sehr stark frequentierten Hengsten zumeist ein Teilzuchtgebiet mit deren Nachkommen unterrepräsentiert ist. Jedoch erweisen sich die Verbindungen zwischen den einzelnen Teilgebieten als sehr stark. Sowohl die Anzahl gemeinsamer Hengste (NSC) als auch die genetische Ähnlichkeit (GS) reflektieren die intensive züchterische Zusammenarbeit in den Bundesländern Berlin-Brandenburg und Sachsen-Anhalt (NSC = 267; GS = 0,67) sowie Sachsen und Thüringen (NSC = 195; GS = 0,61). Diese Konstellation wird sowohl durch die regionale Nähe, als auch durch die Verschmelzung der jeweiligen Zuchtverbände und für die Gebiete Sachsen und Thüringen durch das gemeinsame Landgestüt bedingt. Die weiteren genetischen Ähnlichkeiten belegen darüber hinaus auch für die übrigen Verbandskombinationen eine gute genetische Verknüpfung. Gleichzeitig deuten die recht ausgeglichenen prozentualen Anteile auf eine überwiegend ausbalancierte Verteilung der Hengst-Nachkommenschaften hin. Im zeitlichen Verlauf ist ein stetiger Austausch genetischen Materials zu verzeichnen. Der enorme Anstieg Mitte der achtziger Jahre ist auf die erweiterten reproduktionsbiologischen Möglichkeiten, im Speziellen auf die zunehmende Anwendung der künstlichen Besamung, zurückzuführen. THORÉN HELLSTEN et al. (2008) ermittelten für die Hannoveraner und Holsteiner Population ebenfalls eine steigende Anzahl gemeinsamer Väter im Untersuchungszeitraum sowie eine genetische Ähnlichkeit von GS = 15 %. Im europäischen Vergleich ist Deutschland das Hauptexportland für Hengste bzw. Sperma und die deutsche Reitpferdepopulation gilt, neben der französischen und niederländischen, als am besten verknüpft (RUHLMANN et al. 2009).

Die Verknüpfung von Populationen ist auch in der Rinderzucht für die Schätzung internationaler Zuchtwerte ein zentraler Punkt. So spielt der Grad der *connectedness* für die bei der MACE-Methode implizierte Schätzung genetischer Kovarianzparameter eine entscheidende Rolle. In der Interbull-Schätzung 2009 schwankte die Anzahl gemeinsamer Bullen über verschiedene Länderkombinationen hinweg ($N_{\text{Länder}} = 26$) zwischen Null und 1.200 für die Rasse Holstein. Für die Guernsey (sechs Länder) hingegen bewegte sich die Anzahl gemeinsamer Bullen zwischen zwei und 62 (INTERBULL, 2009). Für die genetische Ähnlichkeit (GS) wurden in Studien von WEIGEL et al. (2000) Werte zwischen 0,00 und 0,35 für Holstein-Kühe ermittelt ($N_{\text{Länder}} = 15$). Aus Untersuchungen von JORJANI (1999) gingen für Ayrshire-Bullen aus sieben verschiedenen Ländern genetische Ähnlichkeiten zwischen 0,0 und 0,37 hervor. Ein Vergleich der genetischen Ähnlichkeit für die genannten Rinderpopulationen mit Studien von THORÉN HELLSTEN et al. (2008) zeigt deutlich höhere GS-Werte für die Reitpferdepopulationen. Diese wiederum zeigen eine erheblich geringere Verknüpfung ($0,07 \leq GS \leq 0,31$) als die Tiere des vorliegenden Datenmaterials ($0,26 \leq GS \leq 0,67$), was aufgrund der Tatsache, dass es sich hier um eine eigenständige Zuchtpopulation handelt, durchaus zu erwarten war.

Zur Untersuchung der *genetic connectedness* (genetischen Verknüpfung) existieren eine Reihe weitere Methoden. Diese basieren mehrheitlich auf wissenschaftlichen Arbeiten aus der Rinderzucht. Alternative Möglichkeiten, die bereits vereinzelt im Pferdezuchtbereich angewandt worden, sind die *country effects' variance* (ÁRNASON und RICARD, 2001; ÁRNASON und SIGURDSSON 2004), die Bestimmung von Korrelationen zwischen Schätzwerten für Ländereffekte (KENNEDY und TRUS 1993; RUHLMANN et al. 2006; THORÉN HELLSTEN et al. 2008) oder die Schätzung von simulierten Differenzen zwischen genetischen Niveaus verschiedener Länder (FOUILLOUX et al. 2006; RUHLMANN et al. 2009). Eine Anwendung der genannten Methoden auf das vorliegende Datenmaterial war nicht Bestandteil der Fragestellung, doch eine weiterführende Bearbeitung wäre von wissenschaftlichem Interesse.

Sollten die derzeitigen Ansätze im Bereich des Embryotransfers einen relevanten Einsatzumfang in der Praxis erreichen, ist zudem die genetische Verknüpfung auf dem mütterlichen Pfad zu überprüfen.

Zusammenfassend wird die genetische Vernetzung innerhalb des Datenmaterials als nicht vollständig ausgewogen eingestuft. Sowohl der Hengsteinsatz als auch die damit einhergehende genetische Ähnlichkeit weisen spezifische regionale Präferenzen auf. Nichtsdestoweniger ist die Verknüpfung des Pedigrees im Hinblick auf die Schätzung von Populationsparametern und Zuchtwerten ausreichend stark und lässt zuverlässige Ergebnisse erwarten.

Das Generationsintervall in der Pferdezucht ist im Vergleich zu anderen Nutztierarten relativ hoch. Gründe dafür liegen in der reproduktionsbiologischen Spezifik des Pferdes, in der Struktur des Leistungsprüfsystems und in der inhomogenen züchterischen Nutzung der Pferde durch die Besitzer. Im vorliegenden Material wurde das Generationsintervall durch die Altersverteilung der Eltern aller zur Stutbuchaufnahme vorgestellten Tiere berechnet und lieferte auf den Übertragungspfaden Vater – Tochter (VT) und Mutter – Tochter (MT) Schätzwerte von 9,49 bzw. 8,97 Jahren. Für beide Bereiche ist in Abhängigkeit vom Geburtsjahr der Eltern ein nahezu stetiger Abwärtstrend zu verzeichnen. EDEL (2006) fand ebenfalls eine klare Reduktion des durchschnittlichen Generationsintervalls für das Süddeutsche Kaltblut. NIEMANN und BRUNS (2008) ermittelten eine sinkende Tendenz einerseits (Vater – Tochter - Pfad), jedoch einen leichten Anstieg auf der Mutter – Tochter - Seite für die Hannoveraner Population. Bezüglich des Generationsintervalls auf den einzelnen Pfaden wurden Werte von 10,72 (VT) und 10,22 (MT) für die Trakehner Population (TEEGEN, 2008) sowie von 6,87 (VT) und 7,93 (MT) für das Süddeutsche Kaltblut (EDEL, 2006) vorgestellt. Letztere werden vom Autor selbst als niedrig beschrieben. Die eigenen Schätzwerte liegen damit in einer zu erwartenden Größenordnung.

5.2 Populationsparameter

Genetische Parameter zur Beschreibung einer Population sind Schätzwerte, die auf Basis der Stichprobe einer Grundgesamtheit ermittelt werden. Ihre Auswertung sollte deshalb stets unter Berücksichtigung der Aspekte einer Populationspezifität, der Behaftung mit Schätzfehlern sowie in Abhängigkeit von Modell und Methode erfolgen.

5.2.1 Fohlenbeurteilung

Mit der Beurteilung eines Fohlens innerhalb der ersten Lebensmonate erhält man sehr frühzeitig eine Eigenleistung des Tieres. Die Erhebung der Merkmale erfolgt an einer nahezu unselektierten Stichprobe und gewährleistet einen alljährlichen, sehr umfangreichen Informationszugewinn. Die Leistungsfeststellung in den Kriterien Typ, Exterieur und Bewegung liefert eine recht allgemeine Beschreibung der Veranlagung des Jungtieres. Auf eine Differenzierung der Grundgattungen oder eine Aufschlüsselung der Einzel-Exterieurmerkmale wird verzichtet. Folglich resultiert aus der Parameterschätzung ein erwartungsgemäß hohes Heritabilitätsniveau für den Typ und die Bewegung ($h^2_{\text{Typ}} = 0,50$, $h^2_{\text{Bewegung}} = 0,41$) sowie ein mittlerer Schätzwert für das Exterieur ($h^2_{\text{Exterieur}} = 0,24$). Die Gegenüberstellung mit Ergebnissen ähnlicher Studien für andere Reitpferderassen zeigt Werte in vergleichbarer Größenordnung. So ermittelten BÖSCH et al. (2000) für die Holsteiner Population Heritabilitäten von 0,42 (Typ & Gebäude) und 0,40 (Gang & Schwung). Anhand von Daten der Trakehner Fohlenbeurteilung schätzten TEEGEN et al. (2006) für den Typ eine Heritabilität von 0,46, für den Körper 0,29 und für das Fundament 0,20. Trotz der nur bedingt über diese Verbände hinweg vergleichbaren Merkmalsdefinitionen können die eigenen Ergebnisse als Bestätigung der Trends der Holsteiner und Trakehner Population eingeordnet werden.

Neben der Möglichkeit einer Rangierung der Pferde im Fohlenalter spielt vor allem die Bedeutung der Fohlenbeurteilung als frühes Selektionsinstrument eine Rolle. VON LENGERKEN und SCHWARK (2002) schätzen diese erste „...am Produkt orientierte Zuchtinformation ...“ zwar als bedeutendes Element des Marktes ein, erachten jedoch gleichzeitig die Aussagekraft auf die spätere Leistung des Tieres in der Stutbuchaufnahme bzw. Hengstkörung als unsicher. Diese Schlussfolgerung stützte sich unter anderem auf Untersuchungen von SCHORM (1983), aus denen niedrige Schätzwerte (0,05 – 0,36) für die entsprechenden Korrelationen resultierten. Jüngere Studien

hingegen unterstreichen die Relevanz der Fohlenbeurteilung im Hinblick auf die Nachzuchtbewertung. TEEGEN (2008) erachtet eine systematische Nutzung dieser Leistungsinformationen als wertvoll für die Selektion von Zuchttieren. Auch BÖSCH et al. (2000) halten die Berücksichtigung der Fohlendaten im Sinne der Auswahl von Zuchtstuten für zweckmäßig.

Die Bedeutsamkeit dieser frühen und flächendeckenden Informationsquelle wird im Folgenden anhand der genetischen Korrelationen zwischen den Merkmalen der Fohlenbeurteilung und Merkmalen späterer Leistungsprüfungen beurteilt (Tabelle 12). Im vorliegenden Datenmaterial zeigen sich die Körperform- und Typeigenschaften mit Werten von $r_g = 0,85$ (Typ: Rasse- und Geschlechtstyp) und $r_g = 0,82$ (Exterieur: Qualität des Körperbaus) als eng korreliert. Ein fast identischer Schätzwert ($r_g = 0,48 : r_g = 0,46$) ist für die genetischen Beziehungen der Merkmale Bewegung (aus der Fohlenbeurteilung) zu Schritt aus der Stutbuchaufnahme bzw. zu Schritt aus der Zuchtstutenprüfung ermittelt worden. Die Korrelationen des Merkmals Bewegung zu den beiden anderen Grundgangarten differieren hingegen erheblich. Sowohl für den Trab als auch für den Galopp ist die genetische Beziehung im Falle der Stutbuchaufnahme deutlich höher als für die Zuchtstutenprüfung. Ein Grund dafür liegt vermutlich in der unterschiedlichen Art der Vorstellung zur Leistungsfeststellung. Während die Präsentation der Tiere im Rahmen der Fohlenbeurteilung und Stutbuchaufnahme (freilaufend oder an der Hand) in ähnlicher Art und Weise erfolgt, wird das Pferd zur Grundgangartenbewertung in der Zuchtstutenprüfung unter dem Sattel vorgestellt und unterliegt somit dem direkten Einfluss des Reiters.

Die eigenen Ergebnisse bestätigen sowohl die teilweise hohen Korrelationen zwischen Merkmalen der Fohlenbeurteilung und Stutbuchaufnahme, als auch das niedrige bis mittlere Niveau der genetischen Beziehungen zwischen Fohlenbeurteilung und Zuchtstutenprüfung aus Studien von BÖSCH et al. (2000). Für die Trakehner Population (TEEGEN, 2008) wurden mit Ausnahme des Fundaments ($r_g = 0,28$) ebenfalls hohe genetische Korrelationen ($r_g = 0,68$ bis $r_g = 0,87$) zwischen adäquaten Merkmalen der Fohlen- und Stutenbeurteilung ermittelt. Gleichzeitig wiesen hier Fohlenbeurteilung und Zuchtstutenprüfung genetische Zusammenhänge von $r_g = 0,36$ bis $r_g = 0,74$ auf. Die genannten Literaturergebnisse sind nur begrenzt mit den eigenen Schätzwerten vergleichbar, da die verbandsspezifischen Bewertungssysteme nicht vollkommen identisch sind und für die populationsgenetischen Analysen unterschiedliche statistische Modellierungen vorgenommen worden.

Ableitend aus den hier dargestellten Ergebnissen wird die Fohlenbeurteilung als zuverlässiger Indikator für die späteren Typ- und Körperformmerkmale angesehen. Im Hinblick auf die adulte Ausprägung der Grundgangarten muss allerdings bezüglich der Art der späteren Leistungsüberprüfung (SBA oder ZSP) differenziert werden. Eine Aussage zur zukünftigen Springeignung des Pferdes kann zum Zeitpunkt der Fohlenbeurteilung jedoch noch nicht getroffen werden.

5.2.2 Stutbuchaufnahme

Für die Merkmale der Stutbuchaufnahme existiert in der Literatur eine Reihe von Untersuchungen zu Parameterschätzwerten für verschiedene Reitpferdepopulationen, doch aufgrund unterschiedlicher Modellierungen und der nur partiell identischen Merkmalsdefinitionen ist lediglich eine begrenzte Vergleichbarkeit gegeben. Im Folgenden soll deshalb eine Einordnung der eigenen Ergebnisse in bestehende, vergleichbare Literaturwerte vorgenommen werden.

Das Niveau der selbst geschätzten Heritabilitäten bewegt sich für fast alle Merkmale im Schwankungsbereich der zum Vergleich herangezogenen Studien (vgl. Tabelle 2). Im Einzelnen können für die Erfassungskriterien Rasse- und Geschlechtstyp, Schritt, Trab sowie Gesamteindruck nahezu identische Werte zu den von TEEGEN (2008) mit einem Sire-Dam-Modell ermittelten Zahlen für Trakehner Stuten festgestellt werden. Die Fundamentmerkmale (Vorder- und Hintergliedmaßen) sowie die Gangkorrektheit bestätigen durchweg die übereinstimmend gering geschätzten Heritabilitäten in diesen beiden Merkmalen (CHRISTMANN 1996, BÖSCH et al. 2000 und DIETL et al. 2004). Die weiteren Einzel-Exterieurmerkmale und Qualität des Körperbaus rangieren leicht über den Werten vergleichbarer Studien. Der verhältnismäßig hohe Schätzwert für den Galopp ($h^2 = 0,49$) muss als unsicher eingestuft werden, da eine Erhebung in diesem Merkmal nur bei Vorhandensein der entsprechenden Gegebenheiten am Prüfungsort erfolgt und daraus ein niedriger Stichprobenumfang und eine ungleiche Verteilung über die Effektstufen resultieren, was sich in den vergleichsweise hohen Standardfehlern der betroffenen Parameter widerspiegelt ($S_{h^2} = 0,04$; $\emptyset Sr_{g(\text{innerhalb SBA})} = 0,05$).

Die genetischen Korrelationen bewegen sich für die meisten Merkmale etwas über den Schätzwerten von CHRISTMANN (1996) und DIETL et al. (2004), bestätigen jedoch fast ausnahmslos den merkmalspezifischen Trend. So können übereinstimmend sehr hohe Korrelationen für die zusammenfassenden Eigenschaften Typ, Qualität des Körperbaus, Gesamteindruck und Entwicklung festgestellt werden. Sie bekräftigen gleichzeitig die

von WILLMS et al. (1999) vermuteten Autokorrelationen zwischen Merkmalskomplexen. Die hohe genetische Beziehung zwischen den Fundamentmerkmalen und der Gangkorrektheit wird durch Korrelationen von $r_g = 0.81$ bzw. $r_g = 0,78$ deutlich. DIETL et al. (2004) ermittelten diesbezüglich sogar genetische Zusammenhänge von $r_g = 0,90$. Für die Hannoveraner wurde hierfür ein mittleres Niveau geschätzt. Bezüglich der Grundgangarten besteht zwischen Trab - Galopp ($r_g = 0.65$) sowie Trab - Schritt ($r_g = 0.61$) eine engere Prädisposition als zwischen Galopp und Schritt ($r_g = 0.50$). Die vereinzelt negativen Merkmalszusammenhänge der Hannoveraner Stutbuchaufnahme (CHRISTMANN, 1996) können für die Mecklenburger Population (DIETL et al. 2004) und die eigenen Ergebnisse nicht bestätigt werden.

Aus dem nahezu durchgehend hohen Niveau der genetischen Korrelationen resultiert der Schluss auf eine zum Teil ungenügende Differenzierbarkeit einzelner Merkmale verbunden mit einer nicht unabhängigen Beurteilung einzelner Komplexe, wie sie bereits bei WILLMS et al. (1999) beobachtet wurde. Die Konstellation der Erfassungskriterien und das Wissen der Prüfkommision um die Abstammung des Pferdes stellen kritische Aspekte des derzeitigen Bewertungssystems dar. Eine Reihe von Autoren fordert eine Reduzierung der Anzahl erfasster Merkmale sowie die Implementierung einer linearen Beurteilung. So befindet bereits HARTMANN (1993) die lineare Exterieurbewertung im Sinne einer Objektivierung für notwendig.

Für eine Umsetzung im Zuchtprogramm sind jedoch neben der Einheitlichkeit auch der Übersichtlichkeit der Bewertungsverfahren hohe Prioritäten beizumessen. So kann eine Umsetzung der linearen Beurteilung nur dann als sinnvoll erachtet werden, wenn sie sich auch für die Erfassung der Leistungsmerkmale als geeignet und als in das bestehende Prüfsystem integrierbar erweist und darüber hinaus eine flächendeckende Umsetzung erfährt.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass das Deutsche Sportpferd bezüglich seiner genetischen Parameter die Ergebnisse verschiedener Studien in weiten Teilen bestätigt und damit eine Reihe von Übereinstimmungen mit anderen deutschen Reitpferdepopulationen aufweist. Im Rückblick auf den jahrzehntelang eingeschränkten Austausch genetischen Materials war dies zwar nicht zwingend zu erwarten, doch die Betrachtung der aktuellen Genanteile von Hengsten fremder Rassen (vgl. Abbildung 5) lässt auf eine intensive Inanspruchnahme von Seiten der Züchter schließen, was sich letztendlich in den Populationsparametern widerspiegelt.

5.2.3 Zuchtstutenprüfung

In Tabelle 3 wurde bereits eine Übersicht der bestehenden Literaturwerte für Merkmale der Zuchtstutenprüfung dargelegt. Zusammenfassend wird nun in Tabelle 24 der Schwankungsbereich für Heritabilitätsschätzwerte von Studien an deutschen Reitpferdepopulationen aus den vergangenen 15 Jahren angegeben. Die Einordnung der eigenen Ergebnisse belegt eine konstante Positionierung innerhalb der dargestellten Intervallgrenzen. Hierbei kann mit Ausnahme des Trabes (obere Intervallgrenze) und der Rittigkeit (untere Intervallgrenze) eine Rangierung im mittleren Bereich der Literaturwerte verzeichnet werden. Das Merkmal Freispringen bestätigt seine hohe Heritabilität mit einem Schätzwert von 0,41. SCHADE (1996), CHRISTMANN (1996) und BÖSCH et al. (2000) ermittelten hierfür Ergebnisse in fast identischer Größenordnung.

Die genetischen Korrelationen zwischen den einzelnen Merkmalen der Zuchtstutenprüfung bewegen sich nahezu durchweg auf mittlerem bis hohem Niveau ($0,37 \leq r_g \leq 0,80$). Lediglich das Freispringen weist mitunter niedrige bis keine genetischen Beziehungen auf. Negative Schätzwerte anderer Studien, z. B. CHRISTMANN, 1996 (Schritt : Freispringen = -0,10) und TEEGEN, 2008 (Schritt : Freispringen = -0,27) wurden nicht bestätigt.

Im Rahmen der Integrierten Zuchtwertschätzung werden für alle involvierten Pferde (Tiere stammen aus den verschiedenen deutschen Reitpferdezuchtpopulationen) identische Parameter unterstellt. Eine Gegenüberstellung der eigenen Ergebnisse mit den vom vit (2008) verwendeten Parametern (Tabelle 24) zeigt einen fast identischen Schätzwert im Merkmal Schritt. Für Trab und Freispringen liegen die eigenen Resultate etwas über denen des vit. Entgegengesetzt verhält es sich für die Merkmale Galopp und Rittigkeit, wobei letzteres Merkmal die größte Differenz aufweist. Ein Vergleich der genetischen Korrelationen bestätigt die individuellen Merkmalsbeziehungen des vit bei weitestgehend analogen Schätzwerten. Mit Ausnahme von Schritt : Rittigkeit ($\Delta = 0,19$) und Trab : Galopp ($\Delta = 0,11$) beträgt die maximale Abweichung 10 %. Somit sind im Hinblick auf die Integrierte Zuchtwertschätzung die dabei verwendeten Parameter auch für die Tiere der Deutschen Sportpferdepopulation weitestgehend repräsentativ und lassen zuverlässige Zuchtwerte erwarten. Lediglich das Merkmal Rittigkeit ist hierbei kritisch zu betrachten.

Bei der Erhebung des Merkmals Freispringen wird häufig eine Differenzierung in die Kriterien Springmanier und Springvermögen vorgenommen. Die angestellten Untersuchungen belegen eine enge genetische Beziehung zwischen diesen beiden

Komplexen. Der in vergleichbaren Studien ermittelte hohe Heritabilitätsschätzwert für Springmanier (CHRISTMANN (1996): $h^2 = 0,44$; SCHADE (1996): $h^2 = 0,45$; DIETL et al. (2005): $h^2 = 0,44$) konnte anhand der eigenen Analysen ($h^2 = 0,43$) bestätigt werden. Das Merkmal Springvermögen kann mit einem Schätzwert von $h^2 = 0,60$ (siehe Tabelle 15) als noch höher heritabel charakterisiert werden. DIETL et al. (2005) ermittelten einen fast identischen Wert für die Mecklenburger Zuchtstutenprüfung. Die von CHRISTMANN (1996) bzw. SCHADE (1996) für den Hannoverschen Verband geschätzten Parameter gestalteten sich etwas niedriger, jedoch ebenfalls als hoch heritabel. Aufgrund der hohen Heritabilitätskoeffizienten der beiden genannten Teilindices ist die Möglichkeit des korrelierten Selektionsfortschritts im Bereich der Springeignung gegeben.

Tabelle 24: Heritabilitätsschätzwerte für Merkmale der Zuchtstutenprüfung

	Schritt	Trab	Galopp	Rittig- keit	Frei- springen
Eigene Ergebnisse	0,29	0,46	0,28	0,18	0,41
vit (2008)	0,30	0,40	0,37	0,32	0,34
Intervallgrenzen Literatur ⁵	[0,23-0,32]	[0,31-0,47]	[0,22-0,40]	[0,14-0,32]	[0,32-0,54]

Das aktuelle Datenmaterial beinhaltet mit 26,5 % einen verhältnismäßig niedrigen Anteil Feldprüfungsdaten am Gesamtbestand der leistungsgeprüften Stuten. Aufgrund der steigenden Frequentierungstendenzen (vgl. Abbildung 1) ist zukünftig mit einer vermehrten Anflutung von Felddaten in den untersuchten Zuchtgebieten zu rechnen. Die Akzeptanz der Feldprüfung als zuverlässiges Beurteilungsinstrument ist bereits anhand einer Reihe von Studien als unumstritten nachgewiesen. Dennoch stehen einige Aspekte zur Diskussion. So sind im Hinblick auf die Heritabilität geringere Schätzwerte als im Rahmen der Stationsprüfung zu erwarten. Eine vergleichende Parameterschätzung konnte diesen Gesichtspunkt bestätigen (siehe Tabelle 16) und resultierte, mit Ausnahme eines identischen Ergebnisses im Merkmal Trab, in tendenziell höheren Schätzwerten zugunsten der Stationsprüfung. Dabei variieren die Abweichungen lediglich zwischen zwei und elf Prozent und nicht, wie in einer Studie von CHRISTMANN (1996), in zum Teil doppelt bis dreifach erhöhten Schätzwerten auf Stationsseite. Die geringeren Differenzen des vorliegenden Materials können unter anderem in der

⁵ Studien an deutschen Reitpferdepopulationen innerhalb der vergangenen 15 Jahre; siehe auch Tabelle 3

vorteilhaften Struktur der Datenerhebung liegen. Da die Besetzung der Prüfkommision nicht durchgehend dokumentiert ist, kann sie auch nicht direkt im Modell berücksichtigt werden. Jedoch existiert innerhalb der Teilzuchtgebiete (BB, ST, SN, TH) eine weitestgehende Konstanz der Kommissionsbesetzung, was die Homogenität der Bewertung erhöht und eine indirekte Korrektur über den Prüfort (enthalten im fixen Effekt Ort-Jahr-Saison) ermöglicht.

Eine wesentliche Ursache der höheren Heritabilitäten der Stationsprüfungsmerkmale liegt zum einen in der Möglichkeit einer erheblich längeren Beobachtungsdauer und wiederholten Leistungsbeurteilung des Pferdes durch den Trainingsleiter begründet. Zum anderen wird dem Prüfer zur Abschlussbeurteilung eine Gruppe weitestgehend homogen vorbereiteter und professionell vorgestellter Pferde präsentiert. Zur Feldprüfung hingegen kann die Einschätzung des tatsächlichen Potentials der Prüfaspiranten beeinträchtigt sein. Von einigen Autoren (u.a. CHRISTMANN 1996) hierfür angeführte Aspekte sind die Erstvorstellung in fremder Umgebung, eine schwankende Tagesform, das ungleiche Vorbereitungslevel der Pferde und das unterschiedliche Ausbildungslevel der Reiter. Zweifelsohne sind die genannten Faktoren in erheblichem Maße für auftretende Unterschiede in den Schätzwerten verantwortlich. Gleichzeitig kann aber eine indirekt herbeigeführte Heritabilitäts-erhöhung nicht vollständig ausgeschlossen werden. So ist die von DIETL et al. (2005) bereits dokumentierte geringere Standardabweichung der Trainernoten bei gleichzeitig erhöhtem mittlerem Notenniveau auch im vorliegenden Datenmaterial festzustellen. CHRISTMANN (1996) wies ebenfalls auf die abnehmende Streuung der Bewertungen im Feld vs. Station-Richter vs. Station-Trainer hin, deren Ursache er in der homogeneren Prüfumwelt im Rahmen der Stationsprüfung vermutete. Sollten jedoch die Trainer zu einer geringeren Ausschöpfung der Notenskala neigen, dürfte sich die dadurch induzierte Verringerung der Variabilität in einem höheren Heritabilitätswert niederschlagen.

Die Gegenüberstellung der genetischen Korrelationen, getrennt nach Prüfformen, resultiert in einer sehr ähnlichen Einschätzung der Merkmalsbeziehungen und in Übereinstimmung mit den Tendenzen aus der kumulierten Auswertung (vgl. Tabelle 14). Eine Diskrepanz tritt bezüglich der Korrelation zwischen Schritt und Freispringen auf, die im Falle der Stationsprüfung leicht positiv ist und für die Feldprüfung als negativ aus der Parameterschätzung hervorgeht. Eine mögliche Ursache hierfür könnte

sein, dass die Feldprüfung, wie bereits erwähnt, oftmals eine Erstvorstellung des Tieres in einer fremden Umgebung darstellt. Mit der dadurch häufig erhöhten Anspannung des Tieres geht zumeist die Gelassenheit in der Grundgangartenvorstellung und folglich das taktmäßige Schreiten verloren. Dadurch fällt die Bewertung des Schrittes voraussichtlich geringer aus. Gleichzeitig kann häufig beobachtet werden, dass beim Freispringen durch die dem Pferd unbekannte Halle und neue Hindernisse eine erhöhte Aufmerksamkeit erreicht wird, die mitunter zu einer verbesserten Gewandtheit, Bascule oder Beintechnik führt und mit einer höheren Bewertung einher geht. Diese gegenläufigen Auswirkungen, hervorgerufen durch den gleichen Umwelteinfluss, mögen ursächlich für die veränderte Merkmalsbeziehung zwischen den Merkmalen Schritt und Freispringen sein.

Die Korrelationen zwischen den adäquaten Merkmalskomplexen aus Stations- und Feldprüfung bestätigen einen sehr engen genetischen Zusammenhang. Sie bewegen sich zwischen $r_g = 0,87$ (Trab) und $r_g = 1,00$ (Galopp). Lediglich für das Merkmal Freispringen ($r_g = 0,73$) wäre ein höherer Schätzwert wünschenswert. Die von CHRISTMANN (1996) ermittelten Korrelationen befinden sich in einem Intervall von $r_g = 0,72$ bis $r_g = 0,92$ und sind somit etwas niedriger angesiedelt. Aufgrund des begrenzten Stichprobenumfangs, insbesondere speziell auf Seite der Feldprüfung, ist an dieser Stelle eine weiterführende Auswertung anzustreben. Neben einem vergrößerten Datenmaterial ist dabei auch eine engere Verknüpfung der Teildatensätze zu erwarten. In Folge dieser beiden Kriterien dürfte eine Verringerung der Standardfehler in Aussicht stehen.

Das Merkmal Rittigkeit war innerhalb der angestellten Untersuchungen durch einige Indifferenzen hervorgetreten. Die Parameterschätzung der Einzelbewertungen erklärt mittels des sehr niedrigen Heritabilitätskoeffizienten für die Richterbenotung zum einen den verhältnismäßig geringen Wert der Gesamtschätzung und zum anderen die elfprozentige Abweichung der Koeffizienten für Station- und Feldprüfung.

Für die Trakehner Zuchtstutenprüfung (TEEGEN, 2008) wurden Differenzen von $\Delta h^2 = 11\%$ (Station) bzw. $\Delta h^2 = 12\%$ (Feldprüfung) für die Bewertungen von Richter und Fremdreiter festgestellt. Zudem sind auch hier Konvergenzprobleme dokumentiert. CHRISTMANN (1996) berechnete im Rahmen der Hannoveraner Stationsprüfung Schätzwerte von $h^2 = 0,26$ (Training), $h^2 = 0,36$ (Fremdreiter) und $h^2 = 0,48$ (Richter). WILLMS et al. (1999) hingegen ermittelte fast übereinstimmende Heritabilitätswerte, jedoch deutlich geringere genetische Korrelationen ($r_g = 0,62$ bis $r_g = 0,86$) zwischen

den Bewertergruppen. VON VELSEN-ZERWECK (1998) schätzt die Bewertung der Rittigkeit bei jungen Pferden in den von ihr betrachteten Leistungsprüfungen als problematisch ein. Auch für das eigene Datenmaterial scheint eine Überprüfung der Bewertungs- und Erfassungskriterien für dieses Merkmal erforderlich. Dabei ist die aktuell in der Praxis verfolgte Entwicklung, auf eine Erhebung der Rittigkeitsnote durch den Richter zu verzichten, aufgrund der Ergebnisse aus den populationsgenetischen Untersuchungen uneingeschränkt zu befürworten. Zudem wird auch unter sachlogischen Gesichtspunkten eine direkte Bewertung durch den Fremdreiter als zweckdienlich erachtet. Wird darüber hinaus die Einheitlichkeit der Bewertung durch den Fremdreiter weiter verbessert, ist bei entsprechenden Auswirkungen auf die Datenstruktur möglicherweise auch eine Verbesserung der Konvergenzproblematik zu erwarten.

Eine bewerterindividuelle Untersuchung der weiteren Zuchtstutenprüfungsmerkmale lieferte genetische Korrelationen zwischen $r_g = 0,90$ (Schritt) und $r_g = 0,99$ (Galopp) und demonstriert damit die Zuverlässigkeit der Leistungserfassung in diesen Merkmalen (Tabelle 20). DIETL et al. (2005) ermittelten für das Mecklenburger Warmblut entsprechende Schätzwerte.

Abschließend sei noch einmal auf die im Rahmen der Stationsprüfung leicht erhöhten Heritabilitätskoeffizienten bei gleichzeitig konformer Tendenz der Erblichkeitsniveaus in beiden Prüfungsformen hingewiesen. Verbunden mit den sehr engen genetischen Beziehungen der adäquaten Merkmale ist an dieser Stelle eine gemeinsame Auswertung von Stations- und Felddaten aus populationsgenetischer Sicht legitim und aus Praktikabilitätsgründen sogar dringend anzuraten. Die von UPHAUS et al. (1994) befürwortete alternative Verwendung beider Prüfungsformen im Zuchtprogramm kann anhand der vorliegenden Ergebnisse nur unterstützt werden.

5.2.4 Genetische Beziehungen zwischen Merkmalen verschiedener Prüfungsformen

Bei der Beurteilung von Reitpferden spielen der Aspekt der Reit- bzw. Springeignung und die Aussicht auf einen zukünftig erfolgreichen Einsatz im Turniersport eine wesentliche Rolle. Abgesehen von den Turnier- und Aufbauprüfungen selbst bietet die Zuchtstutenprüfung die Möglichkeit, eine Einschätzung der Dressur und Springveranlagung des Pferdes vorzunehmen. Die erfassten Leistungen in den Bereichen Rittigkeit,

Freispringen und Grundgangarten stehen in engem Zusammenhang zu den im Zuchtziel formulierten Leistungskriterien. Die Beurteilung im Rahmen der Stutbuchaufnahme ist sehr exterieurbetont. Sie liefert jedoch auch Informationen bezüglich der Korrektheit des Ganges und der Grundgangarten. Zudem wird in dieser Prüfungsform eine erheblich höhere Anzahl an Stuten einer Leistungsfeststellung unterzogen als dies im Rahmen der Zuchtstutenprüfung der Fall ist.

Die Betrachtung der genetischen Zusammenhänge zwischen den Merkmalen dieser beiden Komplexe zeigt, dass, mit Ausnahme des Freispringens, ein mittleres bis hohes Niveau der Korrelationen vorliegt. Die drei Grundgangarten sind mit Koeffizienten von $r_g = 0,69$ (Trab) bis $r_g = 0,95$ (Schritt) mit dem jeweiligen Pendant der anderen Prüfungsform korreliert. TEEGEN (2008) führte eine Gegenüberstellung der Merkmalszusammenhänge zwischen Stutbuchaufnahme und Feldprüfung durch. Sie ermittelte mit genetischen Korrelationen von $r_g = 0,84$ (Schritt), $r_g = 0,63$ (Galopp) und $r_g = 0,59$ (Trab) eine identische Rangierung der Koeffizienten. CHRISTMANN (1996) berechnete tendenziell höhere Werte von $r_g = 1,00$ für den Schritt und $r_g = 0,81$ für den Trab.

Bezüglich des Merkmals Freispringen fällt auf, dass die genetischen Korrelationen zu den Grundgangarten der Stutbuchaufnahme tendenziell höher sind als jene innerhalb der Prüfungsform. Diese Tatsache liegt möglicherweise in der unterschiedlichen Art der Vorstellung begründet. So erfolgt die Grundgangartenbewertung zur Zuchtstutenprüfung unter dem Sattel. Während des Freispringens und zur Stutbuchaufnahme bewegen sich die Pferde freilaufend oder an der Hand, so dass in diesen Fällen kein Reitereffekt wirkt.

Die Untersuchung der prüfungsübergreifenden Merkmalszusammenhänge beweist die enge funktionelle Vernetzung der beiden Prüfungsformen Stutbuchaufnahme und Zuchtstutenprüfung. Die hohen Korrelationen innerhalb der Grundgangarten und zum Merkmal Rittigkeit gestatten eine gemeinsame züchterische Bearbeitbarkeit dieser Komplexe. Eine separate Betrachtung der Merkmale Schritt, Trab und Galopp entsprechend ihrer Prüfungsform ist jedoch unerlässlich, da eine Merkmalsidentität aus genetischer Sicht erwartungsgemäß nicht gegeben ist.

5.3 Zuchtwertschätzung

Die Integration einer verbandsinternen Zuchtwertschätzung in das Zuchtprogramm eines Pferdezuchtverbandes ist in verschiedener Hinsicht als sinnvoll zu erachten.

So sind zwar die deutschen Pferdezuchtverbände in das System der Integrierten Zuchtwertschätzung der FN integriert, jedoch kann durch eine eigenständige Zuchtwertschätzung ein Zugewinn erlangt werden. Dieser Zugewinn bezieht sich zum einen auf die Einbeziehung alternativer Datenquellen. Neben den sportorientierten Zuchtwerten aus dem integrierten System können so beispielsweise durch die Hinzunahme von Exterieurdaten weitere, aus züchterischer Sicht wertvolle, Informationen geliefert werden. Die Erschließung neuer Datenquellen geht sodann mit der Vergrößerung der Stichprobe einher und erhöht damit die Repräsentanz der jeweiligen Population. Zum anderen ist durch die verbandspezifische Parameterschätzung eine exakte Erfassung der Varianzkomponenten möglich. LÜHRS-BEHNKE (2005) empfiehlt sogar eine eigene Zuchtwertschätzung für jene Verbände, die über eine entsprechend große Anzahl geprüfter Tiere verfügen.

Einige deutsche Reitpferdezuchtverbände führen bereits eine interne Zuchtwertschätzung durch. So existieren beispielsweise für die Hannoveraner, Holsteiner und Mecklenburger Populationen individuelle Schätzsysteme. Als Datengrundlage dienen in diesen Verbänden die Leistungserhebungen aus der Fohlenbeurteilung (Holstein), der Stutbuchaufnahme (alle drei Verbände), der Zuchtstutenprüfung (alle drei Verbände) und der Auktionssichtung (Hannover). Für die Trakehner erfolgt ebenfalls eine Ausgabe von Exterieur-Zuchtwerten auf Basis der Stutbuchaufnahme.

Ein weiterer Zugewinn des internen Schätzsystems liegt in dessen strategischer Nutzung. Es bietet ein Instrument, welches die Umsetzung der verbandspezifischen Orientierung und damit die indirekte Einflussnahme auf die Zuchtarbeit ermöglicht. Die Verbände erhalten die Möglichkeit, im Zuchtprogramm aktiv Schwerpunkte zu setzen und mittels dieser Eigenständigkeit eine Abgrenzung von der Konkurrenz zu realisieren. Auch für das Deutsche Sportpferd stellt die Implementierung der internen Zuchtwertschätzung ein Herausstellungsmerkmal dar.

Die drei Prüfungsformen Fohlenbeurteilung, Stutbuchaufnahme und Zuchtstutenprüfung wurden hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit im Rahmen einer internen Zuchtwertschätzung für das Deutsche Sportpferd analysiert. Folgende Aspekte sprechen für eine Einbeziehung der genannten Informationsquellen:

1. Für alle drei Leistungsprüfungen sind die Daten auf Verbandsebene verfügbar. Die Erhebung erfolgt über die Prüfungsformen hinweg durch einen sehr engen Kreis von Sachverständigen.
2. Von den drei Datenquellen geht lediglich die Zuchtstutenprüfung in die Integrierte Zuchtwertschätzung ein, so dass die Fohlenbeurteilung und Stutbuchaufnahme eine Mehrinformation darstellen. Gleichzeitig bieten diese beiden Prüfungsformen eine sehr umfangreiche und wenig selektierte Stichprobe.
3. Die Fohlenbeurteilung impliziert die Erhebungen an männlichen und weiblichen Tieren. Die dabei erhobenen Merkmale sind zwar wenig detailliert, zeichnen sich jedoch durch mittlere bis hohe Heritabilitäten und hohe genetische Korrelationen zu späteren Leistungserhebungen aus.
4. Die Merkmale der Zuchtstutenprüfung und Stutbuchaufnahme verfügen mehrheitlich über mittlere bis hohe Heritabilitäten bei gleichzeitiger Abwesenheit von Merkmalsantagonismen. Dies lässt auf eine gute züchterische Bearbeitbarkeit schließen. Der zeitlich nahezu identische Anfall dieser Daten vermittelt eine ideale Schätzbarkeit der Korrelationen zwischen Merkmalen beider Prüfungsformen.
5. Die genannten Leistungsinformationen basieren vorrangig auf Stutendaten und lassen, ergänzend zur Integrierten Zuchtwertschätzung, eine Anflutung von Stutenzuchtwerten erwarten. Die parallele Nutzung der Stuten im Sport und in der Zucht ist verhältnismäßig selten, so dass mit der internen Schätzung auch Tiere einen Zuchtwert erhalten können, die das Integrierte System aufgrund nicht-vorhandener Sport- und bzw. oder Leistungsprüfdaten gegebenenfalls nicht berücksichtigt. Gleichzeitig ergeben sich durch die simultane Schätzung männlicher und weiblicher Tiere automatisch Zuchtwerte für Hengste und Stuten.

Eine Erweiterung des entwickelten Schätzsystems um weitere Informationsquellen wird als realisierbar und für einzelne Bereiche sogar als sinnvoll erachtet. So sind die Daten der Auktionssichtung bereits etabliertes Element in der internen Zuchtwertschätzung anderer Verbände (z. B. Hannoveraner Verband e. V.). Ebenso werden spezielle Informationen aus den Freispringwettbewerben und der Hengstvorauswahl als integrierbar eingestuft. Die genannten Leistungsfeststellungen haben den Vorteil, dass sie mehrheitlich von denselben Kommissionen erhoben werden. Die dabei beurteilten Merkmale sind teilweise vergleichbar mit denen aus der Zuchtstutenprüfung. Ihre Erhebung erfolgt jedoch an Stichproben, die einer weniger starken beziehungsweise einer anders gerichteten Selektion unterliegen. Folglich bestünde eine derartige Erweiterung der bestehenden Zuchtwertschätzung vornehmlich aus der Vergrößerung der Stichprobe. Eine Ergänzung neuer Merkmale wird dabei zunächst nicht umgesetzt.

Als Kritikpunkt des vorgestellten Systems bleibt die Nichtbeachtung von Interieureigenschaften. Doch die im Rahmen der Stationsprüfung erhobenen Kriterien aus dem vorliegenden Datenmaterial stellen hierfür keine für populationsgenetische Analysen geeignete, Datengrundlage dar. Die Merkmale selbst und deren Bewertungsaspekte scheinen nur bedingt einheitlich definiert, so dass die stationsübergreifende Vergleichbarkeit nicht gegeben ist. Die von TEEGEN (2008) geforderte stärkere Einbindung verbesserter Interieurtests ist unbedingt zu unterstützen.

Die Konstellation der Einzel-, Teil- und Gesamtzuchtwerte kann unter verschiedenen Gesichtspunkten erfolgen. Für das eigens entwickelte Schätzsystem wurden die Einzelmerkmale gemäß den Schwerpunkten Springen, Dressur und Exterieur systematisiert. Eine ähnliche Variante empfahl CHRISTMANN (1996) für die Zuchtwertschätzung im Zuchtgebiet Hannover. Hier wurden allerdings neben den Gesamtzuchtwerten Freispringen und Dressur die Merkmalsgruppen Typ/Reitpferdepunkte und Fundament gebildet. Die Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein hingegen akkumuliert die Einzelwerte prüfungsbezogen zu den Zuchtwerten Fohlenbeurteilung, Stutbuchaufnahme und Zuchtstutenprüfung. Für das Deutsche Sportpferd empfiehlt sich ebenfalls ein anhand der frühen Nachzuchtbewertung ermittelter zusätzlicher Zuchtwert für die Fohlenbeurteilung, zumal der Trend der intensiven Junghengstvermarktung auch an den Züchtern dieser Rasse nicht vorbeigeht. SWALVE (2002) rät sogar ausdrücklich zu einem breiten Einsatz leistungsgeprüfter Junghengste,

um nach Ablauf einer definierten Wartezeit sowie nach erfolgter Nachkommenprüfung gezielt Elit hengste selektieren zu können und somit eine Intensivierung des Zuchtprogramms zu erreichen. Die Schätzung eines frühen Zuchtwertes (beispielsweise für die Fohlenbeurteilung) wäre hierfür ein wichtiges Element.

Mit Implementierung der internen Zuchtwertschätzung für das Deutsche Sportpferd existiert parallel zur Integrierten Zuchtwertschätzung ein weiteres System, welches regelmäßig aktuelle Werte liefert.

Eine Gegenüberstellung von Zuchtwerten für in beiden Schätzverfahren vertretenen Hengste (Tabelle 22) lieferte Korrelationskoeffizienten von $r_{zw} = 0,69$ bis $r_{zw} = 0,79$ bei Untersuchungen für die Gesamtzuchtwerte Dressur und Springen sowie deren Teilzuchtwerte aus der Zuchtstutenprüfung. Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Anteile konformer Tier- und Leistungsinformationen in den zwei Berechnungsverfahren befinden sich die ermittelten Korrelationen in erwarteter Größenordnung.

Prüfungsübergreifende Zusammenhänge sind auch zu den Teilzuchtwerten der Turniersport- und Aufbauprüfung aus der Integrierten Schätzung erkennbar (vgl. Tabelle 23). Die in dieser Studie ermittelten Gesamt- und Einzelzuchtwerte zeigen hier trotz komplett verschiedener Bezugsdaten (Leistungsdaten) eine klare Tendenz für die Leistungsveranlagung eines Pferdes.

Für die entsprechenden Merkmale liegen in der Literatur zum Teil genetische Korrelationen in ähnlicher Größenordnung vor. Die von BROCKMANN (1998) ermittelten Werte (Tabelle 25) werden von den vorliegenden Ergebnissen bestätigt, die für die entsprechenden Zuchtwerte ebenfalls die tendenziell engere Beziehung im Bereich Dressur erkennen lassen. Bei LÜHRS-BEHNKE (2005) ist dieser Trend sehr deutlich ausgeprägt und führt demzufolge zu Merkmalskorrelationen auf höherem (Dressur) bzw. niedrigerem Niveau (Springen).

Die der Integrierten Zuchtwertschätzung zugrunde gelegten Parameter sind im Hinblick auf das Springen deutlich niedriger angesetzt (Tabelle 25). Sie spiegeln somit zwar die eigens ermittelten Korrelationen der Zuchtwerte für den Dressurzweig, nicht jedoch im Springen wider.

Tabelle 25: Genetische Korrelationen (r_g) zwischen Merkmalen der Zuchtstutenprüfung (ZSP), Aufbauprüfung (ABP) und Turniersportprüfung (TSP) von BROCKMANN, 1998 (1) und JAITNER und REINHARDT, 2008 (2) sowie entsprechende Pearson-Korrelationskoeffizienten (r_{zw}) zwischen Zuchtwerten der eigenen internen und der Integrierten Schätzung (3)

Merkmale	r_g	r_g	r_{zw}
	(1)	(2)	(3)
Rittigkeit (ZSP) : ABP-Dressur	0,75	0,66	0,67
Rittigkeit (ZSP) : TSP-Dressur	0,68	0,64	0,67
Freispringen (ZSP) : ABP-Springen	0,69	0,42	0,60
Freispringen (ZSP) : TSP-Springen	0,64	0,26	0,60

Wichtung

Für die Berechnung der Gesamtzuchtwerte ist eine Wichtung der Einzel- bzw. Teilzuchtwerte erforderlich. Wie bereits im Abschnitt 2.2.2 erläutert stellt jedoch die Bestimmung ökonomischer Gewichte in der Reitpferdezucht ein spezielles Problem dar, so dass bei der Konstruktion der Indexgewichte der Grenznutzen als Multiplikatorgröße entfällt. Eine Wichtung kann auch im Hinblick auf das Erreichen des optimalen naturalen Selektionsfortschritts vorgenommen werden. Für entsprechende Zuchtplanungsrechnungen können Computerprogramme wie ZPLAN oder das von CHRISTMANN (1996) verwendete SELINDEVH von Cunningham und Bruns (1971) eingesetzt werden. Allerdings ist auch hier eine Reihe von Input-Information erforderlich, die sich für den Pferdezüchtbereich zum Teil nur schwer definieren lassen. Eine Einbeziehung dieser oder ähnlicher Programme in die praktische Zuchtarbeit erfolgte bisher nicht und ist auch in Kürze nicht zu erwarten. Darüber hinaus belegen Kalkulationen von CHRISTMANN (1996), dass aufgrund der hohen genetischen Korrelationen der Einzelmerkmale untereinander selbst bei gravierenden Veränderungen der Wichtungsanteile lediglich marginale Unterschiede in den Zuchtfortschritten erreicht werden.

Eine für die Zuchtverbände attraktive Variante ist die Wichtung von Einzelzuchtwerten entsprechend der Schwerpunkte des Zuchtprogramms. Auch in den vom vit vorgenommenen verbandsinternen Schätzungen für die Hannoveraner und Mecklenburger Population bestimmen die jeweiligen Zuchtzielkriterien die verwendeten Indexgewichte (vit, 2008). Vorteil dieser Wichtungsform ist, dass bei Zuhilfenahme der Zuchtwerte für die Selektionsentscheidung ein Instrument für die Umsetzung der verbandsindividuellen Fokussierung in die praktische Zuchtarbeit entsteht.

6 Zusammenfassung

Für die Züchtung von Reitpferden unter populationsgenetischen Grundsätzen ist die Zuchtwertschätzung ein zentrales Schlüsselement. Mit der Integrierten Zuchtwertschätzung besitzt die deutsche Reitpferdezucht bereits ein aussagefähiges Instrument zur Bewertung der Dressur- und Springeignung von Pferden.

Anliegen dieser Arbeit waren die Entwicklung und Implementierung eines internen Schätzsystems für das Deutsche Sportpferd, welches unter Berücksichtigung neuer Datenquellen und Merkmalskomplexe parallel zum Integrierten Verfahren von den Pferdezuchtverbänden Brandenburg-Anhalt e. V. und Sachsen-Thüringen e. V. in die Zuchtarbeit einbezogen werden kann.

Grundvoraussetzungen für die Durchführung einer Zuchtwertschätzung sind gut dokumentierte Pedigreeinformationen und systematisch erhobene Leistungsdaten. Das Analysematerial der vorliegenden Arbeit wurde von den oben genannten Zuchtverbänden zur Verfügung gestellt. Die Datenbasis bilden Leistungserhebungen der Fohlenbeurteilung, Stutbuchaufnahme und Zuchtstutenprüfung aus den Jahren 1990 bis 2006. Insgesamt 26.490 Tiere verfügen über eine dokumentierte Eigenleistung in mindestens einer dieser Prüfungsformen. Das Gesamtpedigree beläuft sich auf 87.199 Pferde bei maximal 23 Generationen.

Untersuchung der Populationsstruktur

Ausgehend von den Leistungstieren wurde eine Analyse der Pedigreestruktur vorgenommen. Es zeigte sich eine für die Pferdezucht typische Eltern-Nachkommen-Verteilung. Das durchschnittliche Generationsintervall beträgt 9,5 (Vater – Tochter) bzw. 9,0 Jahre (Mutter – Tochter), wobei ein erkennbarer Trend zur Verkürzung zu verzeichnen ist.

In Bezug auf die rassebezogene Abstammungsstruktur konnte ein substantieller Zufluss von genetischem Material festgestellt werden. Die Population weist genetische Anteile verschiedener deutscher Reitpferdepopulationen und typischer Veredlerrassen auf. Etwa 15 % der Pferde gehen auf Vererber aus dem Kernzuchtgebiet des Deutschen Sportpferdes (BB, ST, SN, TH) zurück. Weiterhin dominieren in erster Generation Hengste der Zuchtgebiete Hannover, Holstein, Oldenburg und Westfalen.

Anhand der Kriterien *Number of stallions in common* (Anzahl gemeinsamer Väter) und *Genetic similarity* (Genetische Ähnlichkeit) wurde die genetische Verknüpfung innerhalb der Population untersucht. Sie weist regionalspezifische Schwankungen auf, kann jedoch im Hinblick auf die populationsgenetischen Analysen als ausreichend stark charakterisiert werden.

Erschließung und deskriptive Analyse der Leistungsdaten

Die Informationen der Fohlenbeurteilung, Stutbuchaufnahme und Zuchtstutenprüfung wurden bisher nur bedingt für populationsgenetische Auswertungen verwendet. Die Daten wurden zunächst einer umfangreichen Aufbereitung und Systematisierung unterzogen. Für den überwiegenden Teil des Materials konnte eine einheitliche Erhebung und systematische Dokumentation festgestellt werden. Die deskriptiven Kennzahlen liegen in erwarteter Größenordnung, was für alle Merkmale einen nach rechts verschobenen Mittelwert und eine verhältnismäßig geringe Standardabweichung impliziert. Die Leistungs- und Exterieurmerkmale erwiesen sich als geeignet für die genetisch-statistischen Auswertungen. Die Interieurmerkmale konnten aufgrund von Differenzen in der Merkmalerhebung und -definitionen nicht in die weiteren Analysen einbezogen werden.

Es erfolgte eine Identifizierung der fixen Effekte in den verschiedenen Merkmalskomplexen. Für die Schätzung der genetischen Parameter und der Zuchtwerte wurden, getrennt nach Prüfungsart, drei gemischte lineare Tiermodelle formuliert. Hinsichtlich der mitunter geringen Prüfgruppengröße besteht Optimierungsbedarf.

Schätzung der Populationsparameter

Aus einer umfangreichen Analyse resultieren genetische Parameter für 21 verschiedene Merkmale. Die Fohlenbeurteilung liefert eine Beschreibung der Veranlagung des jeweiligen Tieres in den Eigenschaften Typ, Exterieur und Bewegung. Die Heritabilitäten dieser drei Merkmale bewegen sich zwischen $h^2_{\text{Exterieur}} = 0,24$ und $h^2_{\text{Typ}} = 0,50$. Die genetischen Korrelationen dieser Merkmale zu Merkmalen der Stutbuchaufnahme und Zuchtstutenprüfung sind schwach positiv bis sehr hoch korreliert. Die Einschätzung der Fohlenbeurteilung als frühes Selektionsinstrument erforderte eine differenzierte Betrachtung der Merkmalskomplexe, wobei für die Typ- und Körperformmerkmale aufgrund der hohen genetischen Korrelationen eine zuverlässige Vorhersage getroffen werden kann. Auch die zur Stutbuchaufnahme

erfassten Grundgangarten sind eng mit der Bewegungsbewertung zur Fohlenbeurteilung korreliert. Für die spätere Qualität der Grundgangarten unter dem Sattel und das Freispringen kann zum Zeitpunkt der Fohlenbewertung jedoch keine sichere (Grundgangarten) beziehungsweise gar keine Aussage (Freispringen) getroffen werden.

Die Merkmale der Stutbuchaufnahme schwanken von gering bis hoch heritabel und bewegen sich überwiegend in erwarteter Größenordnung. Innerhalb dieser Prüfungsform existieren nahezu durchgehend hohe genetische Korrelationen zwischen den Merkmalen. Mögliche nicht-genetische Ursachen können nicht vollständig ausgeschlossen werden.

Aus der Parameterschätzung für Merkmale der Zuchtstutenprüfung resultieren Schätzwerte zwischen $h^2_{\text{Galopp}} = 0,28$ und $h^2_{\text{Trab}} = 0,46$. Einzig das Merkmal Rittigkeit bleibt mit $h^2 = 0,18$ unter dem erwarteten Wert zurück. Die genetischen Korrelationen innerhalb der Zuchtstutenprüfung liegen zwischen $r_g = 0,03$ und $r_g = 0,80$. Merkmalsbeziehungen zwischen Merkmalen der Zuchtstutenprüfung und der Grundgangartenbewertung zur Stutbuchaufnahme bewegen sich mit Ausnahme der Korrelationen des Merkmals Freispringen im mittleren bis hohen Bereich.

Zuchtwertschätzung

Unter Einbeziehung der Ergebnisse aus der Grundlagenanalyse und der Parameterschätzung wird das vorliegende Datenmaterial für eine Zuchtwertschätzung als geeignet erachtet.

Es erfolgte eine Systematisierung der Merkmalskomplexe in die Gesamtzuchtwerte Springen, Dressur und Exterieur. Die Schätzung von insgesamt 22 Einzelzuchtwerten wurde durchgeführt. Die Schätzung eines Gesamtzuchtwertes Fohlenbeurteilung wird speziell im Hinblick auf eine frühe Einschätzung junger Hengste als sinnvoll beurteilt. Der Bezug der vorgelegten Ergebnisse zu ausgewählten Zuchtwerten des Integrierten Schätzsystems wurde nachgewiesen. Die Vorbereitung und Realisierung der Überführung in die Praxis wurde vorgenommen.

Mit der Entwicklung und erfolgreichen Implementierung der internen Zuchtwertschätzung wurde den Zuchtverbänden ein Werkzeug für die Zuchtarbeit zur Verfügung gestellt. Eine Überprüfung der Populationsparameter sollte regelmäßig vorgenommen werden. Ebenso sind die jeweils aktuellen Ergebnisse der Zuchtwertschätzung einer gründlichen Analyse zu unterziehen, um mögliche Entwicklungstendenzen frühzeitig zu erkennen und entsprechend reagieren zu können.

7 Summary

The estimation of breeding values is a key element for breeding sport horses based on the principles of population genetics. The German evaluation system is a useful tool to evaluate a horse's dressage and show jumping potential. The aim of this study was the development and implementation of an internal evaluation system for German sport horses that considers new data and traits and can be used alongside the national system by the breeders' organisations in Brandenburg-Anhalt and Saxony-Thuringia.

The thorough documentation of pedigree information and the systematic collection of performance data are prerequisites for running an estimation of breeding values. The data for the analysis was provided by the above organisations and is based on performance information from foal and mare evaluations as well as mare performance tests from 1990 to 2006. The individual performance for at least one of the three test methods has been documented for 26,490 animals in total. The complete pedigree consists of 87,199 horses. The maximum number of generations is 23.

Investigation of the population structure

The pedigree structure was analysed based on horses with individual performance data. The parent-offspring-distribution proved to be characteristic for horse breeding. The average generation interval was 9.5 (sire – daughter) and 9.0 (dam – daughter). It was noted however that intervals are getting shorter.

A substantial inflow of genetic material was observed for the breed related structure of ancestry. The population comprises genetic material of several German sport horse populations, thoroughbred and Trakehner. About 15% of the horses are descendants of sires from the core breeding region for German sport horses (Berlin-Brandenburg, Saxony-Anhalt, Saxony, Thuringia). Furthermore stallions from Hannover, Holstein, Oldenburg and Westphalia are dominating the first parental generation.

The genetic correlation within the population was determined by using the criteria *Number of stallions in common* and *Genetic similarity*. The genetic link varies depending on region but it is at a level that allows for population-genetic analysis.

Preparation and descriptive analysis of the performance data

Only parts of the information from foal evaluations, mare evaluations and mare performance tests have been used for the population-genetic analysis so far. Initially the data was processed and systematized extensively. It was established that the major part of the data had been collected consistently and documented systematically.

The descriptive values showed the expected order of magnitude which results in a mean value that is shifted to the right as well as a rather small standard deviation for all traits. The performance and conformation traits proved to be suitable for genetic-statistical evaluation. The interior traits could not be used for further analysis because of differences concerning data collection and definition of the traits.

The identification of the fixed effects was carried out for the different trait complexes. Based on test method, three linear mixed models were introduced for the estimation of the genetic parameters and the breeding values. The sometimes small number of participant horses in a tested group leaves room for improvement.

Estimation of the genetic parameters

The genetic parameters were estimated for 21 different traits. The foal evaluation gives a description of the particular animal for the characteristics Type, Conformation and Gait. The heritabilities of these three traits range between $h^2_{\text{Conformation}} = 0.24$ and $h^2_{\text{Type}} = 0.50$. The genetic correlations of these traits with traits of mare evaluation and mare performance test range from low positive to very high. The assessment of the foal inspection as a tool for early selection and prediction has to be viewed differently. The genetic correlations for type traits and conformation traits are very high and allow a firm conclusion. The basic gaits of the mare evaluation are also correlated closely. A prognosis for free jumping based on the foal inspection is not possible.

The traits of the mare evaluation fluctuate from marginal to highly heritable and are of expected magnitude. High genetic correlations between the traits exist nearly constantly within this test method. Possible non-genetic causes cannot be ruled out completely.

The estimation of parameters for traits from mare performance tests resulted in values between $h^2_{\text{Canter}} = 0.28$ and $h^2_{\text{Trot}} = 0.46$. Only the trait Rideability, with a heritability of $h^2 = 0.18$, is lower than the expected value. The genetic correlations within the mare performance test range from $r_g = 0.03$ to $r_g = 0.80$. The relations between traits of the mare performance test and the grading of the basic gaits in mare evaluation are ranging from moderate to high apart from free jumping.

Estimation of breeding values

Taking into account the results of the basic analysis and the estimation of the genetic parameters the present data is considered suitable for the estimation of breeding values. The different categories of traits were arranged in the total indices Show jumping, Dressage and Conformation. The estimation of a total of 22 single breeding values was conducted. The computation of a total index foal evaluation is recommended; especially for the early evaluation of young stallions. The relation between own results and selective breeding values of the national evaluation system was analysed. The preparation and implementation into practice was realised.

The development and successful implementation of the internal estimation system for breeding values supplied the breeding organisations with a useful instrument for their breed assignment. The population parameters should be updated regularly. Furthermore the current breeding values should be analysed thoroughly to guarantee an early detection of developmental tendencies and the possibility to respond accordingly.

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Heritabilitäten für Merkmale der Fohlenbeurteilung (geschätzt mit einem Tiermodell, Ausnahme PREISINGER et al.: Vatermodell).....	11
Tabelle 2:	Heritabilitäten für Merkmale der Stutbuchaufnahme.....	13
Tabelle 3:	Studien aus den vergangenen 15 Jahren zur Parameterschätzung für Merkmale der Zuchtstutenprüfung an Deutschen Reitpferdepopulationen, Stichprobenumfang (N)	15
Tabelle 4:	Heritabilitäten für Merkmale der Zuchtstutenprüfung (FR=Fremdreiter; P=Prüfer).....	15
Tabelle 5:	Intervallgrenzen für Schätzwerte der genetischen Korrelationen von Merkmalen der Zuchtstutenprüfung.....	17
Tabelle 6:	Verwandtschaftsstruktur der geprüften Tiere, deren Verteilung auf Vater- und Muttertiere, durchschnittliche, minimale und maximale Anzahl Nachkommen (NK) pro Vater bzw. Mutter sowie Anzahl Eltern mit jeweiliger Mindestnachkommenzahl (* ¹ bei 199 Tieren Vater = unbekannt; * ² bei 119 Tieren Mutter = unbekannt; das Material enthält keine Tiere mit beidseitig unbekannter Abstammung)	34
Tabelle 7:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen (s), Minima und Maxima für die Merkmale der Fohlenbeurteilung (FO), Stutbuchaufnahme (SBA) und Zuchtstutenprüfung (ZSP).....	37
Tabelle 8:	Relative Häufigkeiten der Stuten mit Stutbuchaufnahme bzw. Zuchtstutenprüfung in verschiedenen Altersklassen, absolute Häufigkeiten in Klammern	41
Tabelle 9:	Anzahl gemeinsamer Väter, relative Häufigkeit der gemeinsamen Väter an allen Vätern des jeweiligen Verbandes sowie Anzahl Nachkommen aus den gemeinsamen Vätern für die Fohlenbeurteilung (N = 17.881); mit BB = Berlin-Brandenburg, SN = Sachsen, ST = Sachsen-Anhalt und TH = Thüringen	50
Tabelle 10:	Genetische Ähnlichkeit (GS; nach REKAYA et al. (1999)) zwischen den vier Teilzuchtgebieten und Beitrag zur GS in % [Zeilen : Spalten] für die Fohlenbeurteilung (N = 17.881); mit BB = Berlin-Brandenburg, SN = Sachsen, ST = Sachsen-Anhalt und TH = Thüringen.....	51
Tabelle 11:	Schätzwerte der Heritabilitäten (Diagonale), genetische (oberhalb der Diagonalen) und phäno-typische Korrelationen (unterhalb der Diagonalen) für die Merkmale der Fohlenbeurteilung mit Standardfehlern in Klammern	53
Tabelle 12:	Schätzwerte (bivariat ermittelt) für die genetischen Korrelationen zwischen ausgewählten Merkmalen der Fohlenbeurteilung und Stutbuchaufnahme bzw. Fohlenbeurteilung und Zuchtstutenprüfung, (Standardfehler von 0,015 bis 0,049).....	54

Tabelle 13:	Schätzwerte der Heritabilitäten (Diagonale), genetische (oberhalb der Diagonalen) und phänotypische Korrelationen (unterhalb der Diagonalen) für Merkmale der Stutbuchaufnahme mit Standardfehlern in Klammern	55
Tabelle 14:	Schätzwerte der Heritabilitäten (Diagonale), genetische (oberhalb der Diagonalen) und phänotypische Korrelationen (unterhalb der Diagonalen) für Merkmale der Zuchtstutenprüfung mit Standardfehlern in Klammern	56
Tabelle 15:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen (s), Schätzwerte für Heritabilitäten (h^2) und Standardfehler (S_{h^2}) in den Merkmalen Springmanier und Springvermögen.....	57
Tabelle 16:	Schätzwerte der Heritabilitäten (Diagonale) und genetische Korrelationen (oberhalb der Diagonalen) für Merkmale der Stationsprüfung (oberer Eintrag) und Feldprüfung (unterer Eintrag) mit Standardfehlern in Klammern.....	58
Tabelle 17:	Schätzwerte der Heritabilitäten für Merkmale der Zuchtstutenprüfung auf Station und im Feld sowie Schätzwerte der genetischen Korrelationen zwischen gleichen Merkmalen	58
Tabelle 18:	Deskriptive Statistik für das Merkmal Rittigkeit, gesamt und getrennt nach Bewertern (mit N = Anzahl Beobachtungen, \bar{x} = Mittelwert, s = Standardabweichung, Min = Minima, Max = Maxima).....	59
Tabelle 19:	Schätzwerte der Heritabilitäten und genetischen Korrelationen zwischen Bewertungen durch Trainer, Prüfer und Fremdreiter im Merkmal Rittigkeit	59
Tabelle 20:	Schätzwerte der genetischen Korrelationen zwischen Bewertungen von Trainer und Richter aus der Zuchtstutenprüfung.....	60
Tabelle 21:	Schätzwerte für Heritabilitäten (Diagonale), genetische (oberhalb der Diagonalen) und phäno-typische Korrelationen (unterhalb der Diagonalen) für die Merkmale der Stutbuchaufnahme (SBA) und Zuchtstutenprüfung (ZSP); Standardfehler jeweils in Klammern; Standardfehler (S_{h^2}) der genetischen Korrelationen: $0,029 \leq S_{h^2} \leq 0,087$).....	61
Tabelle 22:	Korrelationen zwischen Hengstzuchtwerten aus der Integrierten (2007) und der internen Zuchtwertschätzung (Stand der Leistungsdaten: 2006) für den Bereich Dressur und Springen.....	67
Tabelle 23:	Korrelationen zwischen Hengstzuchtwerten aus der Integrierten (2007) und der internen Zuchtwertschätzung (Stand der Leistungsdaten: 2006) über Prüfungsformen hinweg.....	68
Tabelle 24:	Heritabilitätsschätzwerte für Merkmale der Zuchtstutenprüfung.....	78
Tabelle 25:	Genetische Korrelationen (r_g) zwischen Merkmalen der Zuchtstutenprüfung (ZSP), Aufbauprüfung (ABP) und Turniersportprüfung (TSP) von BROCKMANN, 1998 (1) und JAITNER und REINHARDT, 2008 (2) sowie entsprechende Pearson-Korrelationskoeffizienten (r_{ZW}) zwischen Zuchtwerten der eigenen internen und der Integrierten Schätzung (3).....	87

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Allgemeines Modell der Zuchtplanung (nach FEWSON, 1994)	4
Abbildung 2:	Zuchtplanung beim Deutschen Reitpferd (FN, 2002)	8
Abbildung 3:	Struktur der Einzel-, Teil- und Gesamtzuchtwerte in der Integrierten Zuchtwertschätzung (nach Jaitner und Reinhardt, 2008).....	21
Abbildung 4:	Schema der wesentlichen Bearbeitungsabschnitte	32
Abbildung 5:	Häufigkeit der Nachkommen entsprechend der Rassezugehörigkeit der Vatertiere	34
Abbildung 6:	Absolute Häufigkeiten geprüfter Tiere in den Prüfungsarten Fohlenbeurteilung (Fo), Stutbuchaufnahme (SBA) und Zuchtstutenprüfung (ZSP) über die Prüffahre 1990 bis 2006	38
Abbildung 7:	Absolute Häufigkeiten geprüfter Tiere für Stations- und Feldprüfung über die Prüffahre 1990 bis 2006.....	39
Abbildung 8:	Anzahl gemeinsamer Väter (NSC) zwischen den Teilzuchtgebieten für verschiedene Geburtsjahrguppen dieser Hengste aus der Fohlenbeurteilung (N = 17.881); mit BB = Berlin-Brandenburg, SN = Sachsen, ST = Sachsen-Anhalt und TH = Thüringen	51
Abbildung 9:	Entwicklung des durchschnittlichen Generationsintervalls in Abhängigkeit vom Geburtsjahr der Väter bzw. Mütter auf den Genpfaden Vater – Tochter und Mutter – Tochter	52
Abbildung 10:	Wesentliche Prozessabschnitte für die Erstellung der Zuchtwertschätzung.....	63
Abbildung 11:	Struktur des Gesamtzuchtwertes Springen.....	65
Abbildung 12:	Struktur des Gesamtzuchtwertes Dressur.....	65
Abbildung 13:	Struktur des Gesamtzuchtwertes Exterieur	66

10 Literaturverzeichnis

- AKAIKE, H. (1973): Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. S. 267-281 in PETROV, B. N. und F. CSAKSI. 2nd International Symposium on Information Theory. Akademiai Kiado, Budapest, Ungarn, 1971.
- ÁRNASON, T. (1980): Genetic studies on Icelandic toelter horses (estimation of breeding values). 31st Annual Meeting of the EAAP, Munich, Germany, 01.-04. September 1980. zitiert nach ÁRNASON T. und VAN VLECK, L. D. (2000): Genetic Improvement of the horse. in BOWLING, A. T., RUVINSKY, A. (Hrsg.): The genetics of the horse, 473-497. CABI Publishing, New York.
- ÁRNASON, T. (1984): Prediction of breeding values in horses by the BLUP-method. 35th Annual Meeting of the EAAP, The Hague, Netherlands, 06.-09. August 1984. zitiert nach VON VELSEN-ZERWECK, A. (1998): Integrierte Zuchtwertschätzung für Zuchtpferde. Dissertationsschrift Univ. Göttingen.
- ÁRNASON, T. und SIGURDSSON, A. (1997): Genetic analysis of performance test traits in Icelandic toelter horses in Iceland and Sweden. 48th Annual Meeting of the EAAP, Vienna, Austria, 25.-28. August 1997.
- ÁRNASON, T. und SIGURDSSON, A. (2004): International genetic evaluation of the Icelandic horse. 55th Annual Meeting of the EAAP, Bled, Slovenia, 05–09 September 2004. zitiert von THORÉN HELLSTEN ET AL. (2008).
- ÁRNASON T. und VAN VLECK, L. D. (2000): Genetic Improvement of the horse. in BOWLING, A. T., RUVINSKY, A. (Hrsg.): The genetics of the horse, 473-497. CABI Publishing, New York.
- ÁRNASON T. und RICARD, A. (2001): Method for international genetic evaluation of sport horses. 52nd Annual Meeting of the EAAP, Budapest, Hungary, 26.–29. August 2001.
- BEUING, R., PRACT, P. und ERHARDT, G. (1997a): Strategic Mating: Theory, experiences and the application in horse breeding plans. 48th Annual Meeting of the EAAP, Vienna, Austria, 25.-28. August 1997.
- BEUING, R., PRACT, P. und ERHARDT, G. (1997b): Simulation einer Strategischen Planung an realen Daten unter Annahme eines pluralistischen Zuchtziels in der Pferdezucht. 74. Sitzung des Ausschusses für Genetisch-Statistische Methoden der DGfZ, Iden, 07.-09. Oktober 1997.
- BÖSCH, M.; REINECKE, S.; RÖHE, R. und KALM, E. (2000): Genetische Analyse von Merkmalen der Reitpferdezucht. Züchtungskunde 72: 161-171.
- BRADE, W. (1984): Aktuelle Methoden der Auswertung der Nachkommenprüfergebnisse für Vartiere – genetische Grundlagen und Berechnungsmöglichkeiten. Archiv für Tierzucht 27: 491-511.

- BRAAM, Å., NÄSHOLM, A., ROEPSTORFF, L. und PHILIPSSON, J. (2009): Use of competition results for genetic evaluation of longevity in Swedish warmblood horses. 60th Annual Meeting of the EAAP, Barcelona, Spain, 24–27 August 2009.
- BRENIG, B. (1998): Zukünftige Verfahren der Abstammungssicherung. 2. Pferde-Workshop, Uelzen, 17.–18. Februar 1998.
- BROCKMANN, A. (1998): Entwicklung einer Eigenleistung im Feld für Hengste unter Berücksichtigung der Turniersportprüfung. Dissertationsschrift Univ. Göttingen. Warendorf: FN-Verlag der Deutschen Reiterlichen Vereinigung.
- BRÜNING, H. -H. (2008): Ökonomische und Organisatorische Entwicklungen – Anpassung an zukünftige Entwicklungen aus der Sicht eines Praktikers. 5. Pferde-Workshop, Uelzen, 19.–20. Februar 2008.
- BRUNS, E. (2001): Berücksichtigung von Merkmalen der Gesundheit in der Züchtung von Sportpferden. Archiv für Tierzucht 44: 119-127.
- BRUNS, E. (2003.): „Integrierte Zuchtwertschätzung – ein neues System der Zuchtwertschätzung in der Deutschen Reitpferdezucht“. Internationaler Pferdetag in Weinböhla/Moritzburg, 14.-15. März 2003.
- BRUNS, E., BIERBAUM, M., FRESE, D. und HARING, H. J. F. (1978): Die Entwicklung von Selektionskriterien für die Reitpferdezucht. IV. Schätzung relativer ökonomischer Gewichte anhand von Auktionsergebnissen. Züchtungskunde 50: 93-100.
- BRUNS, E., RICARD, A. und KOENEN, E. P. C. (2004): Interstallion – on the way to an international genetic evaluation of sport horses. 55th Annual Meeting of the EAAP, Bled, Slovenia, 05.–09. September 2004.
- BUSCHE, S.-M. (2005): Die Implementierung der Selektion gegen Osteochondrose in ein Zuchtprogramm beim Warmblutpferd. Dissertationsschrift Univ. Göttingen.
- CHRISTMANN, L. (1996): Zuchtwertschätzung für Merkmale der Stutbuchaufnahme und der Zuchtstutenprüfung im Zuchtgebiet Hannover. Dissertationsschrift Univ. Göttingen.. Göttingen: Cuvillier Verlag.
- CHRISTMANN, L. (2002): Exterieurbeurteilung des Reitpferdes – von der Genetik für die Praxis. 18. FFP-Fortbildungsveranstaltung zur Pferdegesundheit: Exterieurbeurteilung des Reitsportpferdes. URL http://www.ffp-ev.de/live/pdf/Sonderdruck-Tagung-18_Exterieur.pdf, 27.04.2010.
- CHRISTMANN, L. (2005): Zur Berücksichtigung von röntgenologischen Befunden in der Arbeit der Zuchtverbände. 4. Pferde-Workshop, Uelzen, 22.–23. Februar 2005.
- CHRISTMANN, L. (2008): Sicherung der Gesundheit – Ansätze in Deutschland. 5. Pferde-Workshop, Uelzen, 19.–20. Februar 2008.

- DIERKS, C. (2006): Molecular genetic analysis of quantitative trait loci (QTL) for osteochondrosis in Hanoverian warmblood horses. Dissertationsschrift TiHo Hannover.
- DIETL, G.; HOFFMANN, S. und ALBRECHT, S. (2004): Parameter und Trends der Stutbuchaufnahme des Mecklenburger Warmblut Pferdes. Archiv für Tierzucht 47: 107-117.
- DIETL, G.; HOFFMANN, S. und REINSCH, N. (2005): Impact of trainer and judges in the mare performance test of Warmblood Horses. Archiv für Tierzucht 48: 113-120.
- DISTL, O. (2006): Aufklärung des Pferdegenoms und Konsequenzen für die Erforschung von Zuchtmerkmalen beim Pferd. Züchtungskunde 78: 451-463.
- DISTL, O. (2009): Das Pferdegenomprojekt. Göttinger Pferdetage, 25.-26. Februar 2009. Warendorf: FN-Verlag der Deutschen Reiterlichen Vereinigung.
- DISTL, O., KATONA, Ö. und KRÄUSSLICH, H. (1982): Vergleich der Zuchtwertschätzmethoden BLUP und CC beim Traber. Züchtungskunde 54: 157-164.
- DOHMS; T. (2002): Ansätze zur Verbesserung der Stutenfruchtbarkeit. 3. Pferde-Workshop, Uelzen, 19.-20. Februar 2002.
- DOHMS; T. (2009): Integrierte Zuchtwertschätzung 2009. Offizielle Pressemitteilung der Deutschen reiterlichen Vereinigung e.V.; www.pferd-aktuell.de/Anlage83377/-ErlauterungenzurIntegriertenZuchtwertschaetzung.pdf, 08.04.2010.
- DOHMS; T. (2010): Persönliche Mitteilung.
- DOHN, H. (1995): Zuchtziel aus Sicht des Freizeitsportlers. Göttinger Pferdetage `95. Warendorf: FN-Verlag der Deutschen Reiterlichen Vereinigung.
- EDEL, C. K. L. (2006): Zuchtzielbestimmung, populationsgenetische Analysen und Optimierung der Zuchtprogramme für die Pferderassen Süddeutsches Kaltblut und Haflinger. Dissertationsschrift TU München. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft. URL http://www.lfl.bayern.de/publikationen/-daten/schriftenreihe_url_1_41.pdf, 27.04.2010.
- ESSL, A. (1991): Choice of an appropriate bending factor using prior knowledge of the parameters. Journal of Animal Breeding and Genetics 108: 89-101.
- ESSL, A. (1996): BENDOPT and BENDPDF V1.1 User's Manual. URL http://www.nas.boku.ac.at/fileadmin/_/H93/H932-NUWI/Software/Bending/-bendman.asc, 27.04.2010.
- FEWSON, D. (1994): Zuchtplanung. in: KRÄUSSLICH, H. (Hrsg.): Tierzüchtungslehre. Stuttgart: Eugen Ulmer GmbH & Co, 380-396.
- FN – DEUTSCHE REITERLICHE VEREINIGUNG E.V. (1991-2009): Jahresberichte.

- FN – DEUTSCHE REITERLICHE VEREINIGUNG E.V. (2002): Zuchtplanung beim Deutschen Reitpferd.
- FN – DEUTSCHE REITERLICHE VEREINIGUNG E.V. (2010): Konzeption der Hengstleistungsprüfung. Offizielle Pressemitteilung der Deutschen reiterlichen Vereinigung e.V.; http://www.pferdezuchtverband-mv.de/news2010/Konzeption_HLP.pdf, 26.01.2010.
- FOUILLOUX, M.-N., MINERY, S., MATTALIA, S. und LALOË, D. (2006): Assessment of Connectedness in the International Genetic Evaluation of Simmental and Montbéliard Breeds. Proceeding of the 2006 Interbull Meeting. Kuopio, Finland, 04–06 Juni 2006. Interbull Bulletin 35: 129–135.
- GAULY, M. und MÜNCH, C. (2008): Sicherung der Gesundheit – Zukünftiges Konzept beim Pferd. 5. Pferde-Workshop, Uelzen, 19.–20. Februar 2008.
- GEHRMANN, L. (2008): Informationen aus dem GP-Programm. Der Trakehner, Ausgabe: 05/2008. Kiel: RathmannVerlag GmbH Co. KG.
- GROENEVELD, E., KOVAČ, M. und WANG, T. (1990): PEST, a general purpose BLUP package for multivariate prediction and estimation. Proceedings, 4th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Edinburgh, 13: 488-491.
- GROENEVELD, E., KOVAČ, M. und MIELENZ, N. (2008): VCE User's Guide and Reference Manual Version 6.0. URL ftp://ftp.tzv.fal.de/pub/latest_vce/doc/vce6-manual-3.1-A4.pdf, 27.04.2010.
- HANOCQ, E., BOICHARD, D. und FOULLEY, J. L. (1996): A simulation study of the effect of connectedness on genetic trend. Genetics Selection Evolution 28: 67-82.
- HANNOVERANER VERBAND (2007): Die Entwicklung der Reitpferdezucht in Hessen. URL <http://www.hannoveraner.com/605.html>. 24.04.2010.
- HARTMANN, O. (1993): Untersuchungen zur Anwendung der linearen Beschreibung in der Reitpferdezucht. Dissertationsschrift Univ. Halle-Wittenberg.
- HASCHER, H. (1998): Schätzung von Populationsparametern mittels Exterieur- und Leistungsdaten für Haflinger, Freiberger und CH Warmblut. Dissertationsschrift ETH Zürich.
- HASSENSTEIN C. (1998): Genetisch-statistische Analyse von neuentwickelten Merkmalen aus Turniersportprüfungen für Reitpferde. Dissertationsschrift Univ. Kiel. Selbstverlag des Instituts für Tierzucht und Tierhaltung.
- HAYES, J. F. und HILL W. G. (1981): Modification of Estimates of Parameters in the Construction of Genetic Selection Indices ('Bending'). Biometrics 37: 483-493.
- HENDERSON, C. R. (1973): Sire evaluation and genetic trends. Proceeding Animal Breeding and Genetic Symposium in honor Dr. J. L. Lush. ASAS and ADSA, Champaign, Illinois, 10-41.

- ICKEN W., BENNEWITZ, J. und KALM, E. (2007): Analyse von Auktionsdaten der Pferdezucht und Einflussfaktoren auf die Preisbildung. *Züchtungskunde* 79 (2): 111-118.
- INTERBULL (2009): Interbull Routine Genetic Evaluation for Dairy Production Traits. URL <http://www-interbull.slu.se/eval/apr09.html>, 27.04.2010.
- IPPOSSTUDIE (2001): Faszination Zukunft: Neue Perspektiven im Pferdesport. FN-Marktanalyse, Deutsche Reiterliche Vereinigung e.V.; zitiert nach Württembergischer Pferdesportverband e.V. (2002), URL <http://www.wpsv.de/-ippos.html>, 06.05.2010.
- JAITNER, J. und REINHARDT, F. (2008): Integrierte Zuchtwertschätzung Pferde. Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung w.V. URL http://www.vit.de/-fileadmin/user_upload/vitfuerspferd/zuchtwertschaetzung/Beschreibung_-integrierte_ZWS_Pferd_2008.pdf, 27.04.2010.
- JORJANI, H. (1999): Connectedness in Dairy Cattle Populations. Proceeding of the Interbull Open Meeting. Zurich, Switzerland, 26.–27. August, 1999. *Interbull Bulletin* 22: 21–24.
- KALM, E. (1995): Zucht auf Exterieur. Göttinger Pferdetage 1995, Warendorf: FN-Verlag der Deutschen Reiterlichen Vereinigung.
- KANITZ, W. (2008): In-vitro-Embryonenerzeugung bei Pferden: Stand und Perspektiven. *Züchtungskunde* 80 (6): 485-490.
- KATONA, Ö., DISTL, O. und KRÄUBLICH H. (1983): Zuchtwertschätzung mittels der BLUP-Methode in der Pferdezucht. IV. Internationales Wissenschaftliches Symposium. Leipzig, 01.-03.11.1983
- KAUFMANN A. und BRUNS, E. (2005): Erfahrungen mit Verhaltenstests zur Interieurbewertung. 4. Pferde-Workshop, Uelzen, 22.–23. Februar 2005.
- KENNEDY, B. W. und TRUS, D. (1993): Considerations on genetic connectedness between management units under an animal model. *Journal of Animal Science* 71: 2341–2352.
- KINGHORN, B. und KINGHORN, S. (2006): Pedigree Viewer. URL <http://www-personal.une.edu.au/~bkinghor/pedigree.htm>. 24.10.2006.
- KLEMETSDAL, G. (1986): Genetic evaluation for speed in Norwegian trotter using an individual animal model. 37th Annual Meeting of the EAAP, Budapest, Hungary, 01.–04. September 1986. zitiert nach VON VELSEN-ZERWECK, A. (1998): Integrierte Zuchtwertschätzung für Zuchtpferde. Dissertationsschrift Univ. Göttingen.
- KÖLLE, N. (2003): Assistierte Reproduktion beim Pferd – Eine Literaturstudie. Dissertationsschrift Univ. München.

- KOENEN, E. P. C. (2002): Prüfungsverfahren und Zuchtwertschätzung für Sportpferde im internationalen Vergleich. *Archiv für Tierzucht* 45: 38-44.
- KOENEN, E. P. C. und ALDRIDGE, L. I. (2002): Testing and genetic evaluation of sport horses in an international perspective. 7th World Congress Applied to Livestock Production, Montpellier, 19.-23. August 2002. URL <http://www.biw.kuleuven.be/genlog/livgen/docs/wcgalp-paper.pdf>, 20.10.2006.
- KOENEN, E. P. C., ALDRIDGE, L. I. und PHILIPSSON, J. (2004): An overview of breeding objectives for warmblood sport horses. *Livestock Production Science* 88: 77–84.
- KÖNIG, S., SIMIANER, H. und WILLAM, A. (2009): Economic evaluation of genomic breeding programs. *Journal of Dairy Science* 92: 382-391.
- KOVAČ, M. und GROENEVELD, E. (2003): VCE User's Guide and Reference Manual Version 5.1.
- KÜHL, K. (1991): Analyse von Leistungsprüfungen und Entwicklung eines Gesamtzuchtwertes für die Reitpferdezucht. Dissertationsschrift Univ. Kiel. Selbstverlag des Instituts für Tierzucht und Tierhaltung.
- KWPN (2010): Radiographic Exams/PROK. URL: <http://www.kwpn.org/site/main/article?guid=7322e50a-a6b7-11de-af7a-000c299e1a48>. 02.07.2010.
- LANGHOLZ H.-J., SCHMITTEN, F. und SCHWARK, H.-J. (1994): Leistungsprüfungen. in: KRÄUSSLICH, H. (Hrsg.): *Tierzüchtungslehre*. Stuttgart: Eugen Ulmer GmbH & Co, 249-265.
- LÖWE, H., HARTWIG, W. und BRUNS, E. (1988): *Pferdezucht*. Stuttgart: Eugen Ulmer GmbH & Co.
- LÜHRS-BEHNKE, H. (2005): Genetisch statistische Analysen von Merkmalen der Leistungsprüfungen der Deutschen Reitpferdezucht. Dissertationsschrift Univ. Kiel. Selbstverlag des Instituts für Tierzucht und Tierhaltung.
- MALTECCA, C., BAGNATO, A. und WEIGEL, K. A. (2004): Comparison of International Dairy Sire Evaluations from Meta-Analysis of International Estimated Breeding Values and Direct Analysis of Individual Animal Performance Records. *Journal of Dairy Science* 87 (8): 2599-2605.
- MARK, T., MADSEN, P., JENSEN, J. und FIKSE, W. F. (2005): Short Communications; Difficulties in Estimating Across-Country Correlations for Weakly Linked Bull Populations. *Journal of Dairy Science* 88 (9): 3303-3305.
- MCCUE, M. E., VALBERG, S. J., MILLER, M. B., WADE, C., DIMAURO, S., AKMAN, H. O. und MICKELSON, J. R. (2008): Glycogen synthase (GYS1) mutation causes a novel skeletal muscle glycogenesis. *Genomics* 91 (5): 458-466.
- MEINARDUS, K. (1988): Züchterische Nutzung der Turniersportnutzung für Reitpferde: genetische Parameter und Zuchtwerteinschätzung nach einem BLUP-

- Tiermodell. Dissertationsschrift Univ. Göttingen. Warendorf: FN-Verlag der Deutschen Reiterlichen Vereinigung.
- MEINARDUS, H. (1995): Zuchtziel aus Sicht des praktischen Pferdezüchters. Göttinger Pferdetage 1995, Warendorf: FN-Verlag der Deutschen Reiterlichen Vereinigung.
- NIEMANN, B. und BRUNS, E. (2008): Analyse des Hengsteinsatzes beim Hannoveraner Zuchtverband. 5. Pferde-Workshop, Uelzen, 19.–20. Februar 2008.
- NISSEN, T. (2002): Erfahrungen mit der Stutenprüfung und zukünftige Ausrichtung. 3. Pferde-Workshop, Uelzen, 19.–20. Februar 2002.
- NISSEN, T. (2008): Zukünftige Entwicklung der Zuchtorganisationen. 5. Pferde-Workshop, Uelzen, 19.–20. Februar 2008.
- OLSSON, E., NÄSHOLM, A., STRANDBERG, E. und PHILIPSSON, J. (2008): Use of field records and competition results in genetic evaluation of station performance tested Swedish Warmblood stallions. *Livestock Science* 117: 287-297.
- PATTERSON H. D. und THOMPSON, R. (1971) Recovery of inter-block information when block sizes are unequal. *Biometrika* 58: 545–554.
- PLEWA, M. (2002): Exterieurbeurteilung des Reitpferdes – vom Reiter für die Praxis. 18. FFP-Fortbildungsveranstaltung zur Pferdegesundheit: Exterieurbeurteilung des Reitsportpferdes. URL http://www.ffp-ev.de/live/pdf/Sonderdruck-Tagung-18_Exterieur.pdf, 27.04.2020.
- POSTA, J. (2008): Principal component analysis of performance test traits in Hungarian Sporthorse mares. *Archiv für Tierzucht* 50: 125-135.
- PREISINGER, R., WILKENS, J. und KALM, E. (1991): Estimation of genetic parameter and breeding values für conformation traits for foals and mares in the Trakehner population and their practical implications. *Livestock Production Science* 29: 77-86.
- PROJEKTBEGLEITENDE STEUERUNGSGRUPPE des Mehrländerprojektes „Entwicklung einer verbandsinternen Zuchtwertschätzung für Stuten der Rasse Deutsches Sportpferd“ (2007): Persönliche Mitteilung.
- PZV SACHSEN-THÜRINGEN E.V. 2010: Zuchtwertinformationssystem Schweres Warmblut. URL <http://www.pferde-sachsen-thueringen.de/pferdezucht/zuchtwertschaetzung/>, 27.04.2010.
- REINECKE, S. (1998): Stand der Zuchtwertschätzung bei Stuten. 2. Pferde-Workshop, Uelzen, 17.– 18. Februar 1998.
- REINECKE, S. (2008): Zuchtwertschätzung in der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein. *Pferd und Sport in Schleswig-Holstein und Hamburg*, 02/2008: 11-21, Kiel: Rathmann Verlag GmbH & Co. KG,.

- REKAYA, R., WEIGEL, K. A. und GIANOLA, D. (1999): Bayesian estimation of a structural model for genetic covariances for milk yield in five regions of the USA. 50th Annual Meeting of the EAAP, Zurich, Switzerland, 22–26 August 1999.
- RICARD, A. und FOURNET-HANOCQ, F. (1997): Analysis of factors affecting length of competitive life of jumping horses. *Genetics Selection Evolution* 29: 251-267.
- RUDOLF, J. A., SPIER, S. J., BYRNS G., ROJAS, C. V., BERNOCO, D. und HOFFMAN E. P. (1992): Periodic paralysis in Quarter Horses: a sodium channel mutation disseminated by selective breeding. *Nature Genetics* 2: 144-147.
- RUHLMANN, C., BRUNS, E., FRAEHR, E., KOENEN, E.P.C., PHILIPSSON, J., JANSSENS, S., QUINN, K., THORÉN HELLSTEN, E. und RICARD, A. (2006): Connectedness between 7 European countries for horse jumping competition, the Interstallion pilot project II. 57th Annual Meeting of the EAAP, Antalya, Turkey, 17–20 September 2006.
- RUHLMANN, C., BRUNS, E., FRAEHR, E., PHILIPSSON, J., JANSSENS, S., QUINN, K., THORÉN HELLSTEN, E. und RICARD, A. (2009): Genetic connectedness between seven European countries for performance in jumping competitions of warmblood riding horses. *Livestock Science* 120: 75-86.
- SAS Institute (2003): SAS/STAT User's Guide. Version 9.1. SAS Institute Inc., SAS Campus Drive, Cary, North Carolina 27513, USA.
- SCHADE, W. (1996): Entwicklung eines Besamungszuchtprogramms für die Hannoversche Warmblutzucht. Dissertationsschrift Univ. Göttingen.
- SCHADE, W.(2008): Zukünftige Entwicklungen der Zuchtorganisationen am Beispiel des Hannoveraner Verbandes. 5. Pferde-Workshop, Uelzen, 19.–20. Februar 2008.
- SCHAEFFER, L. R. (1994): Multiple-Country Comparison of Dairy Sires. *J. Dairy Sci.* 77 (9): 2671-2678.
- SCHORM, G. (1983): Analyse der phänotypischen Entwicklung des Warmblutpferdes von der Geburt bis zum 3jährigen Pferd und Einfluss von genetischen und umweltbedingten Faktoren. Dissertationsschrift Univ. Leipzig.
- SCHÜLER, L., SWALVE H. H. und GÖTZ K.-U. (2001): Grundlagen der quantitativen Genetik. Stuttgart: Eugen Ulmer GmbH & Co.
- SCHULTE-COERNE, H. und ROSE, M. (2008): Ökonomische und Organisatorische Entwicklungen – Ein Jahr nach Neuausrichtung des Tierzuchtgesetzes. 5. Pferde-Workshop, Uelzen, 19.–20. Februar 2008.
- SHIN E. K., PERRYMAN, L. E. und MEEK, K., (1997): Evaluation of a test for identification of Arabian horses heterozygous for the severe combined immunodeficiency trait. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 211 (19): 1268-1270.

- SPIRITO F., CHARLESWORTH, A., LINDER, K., ORTONNE, J.-P., BAIRD, J. und MENEGUZZI, G. (2002): Animal Models for Skin Blistering Conditions: Absence of Laminin 5 Causes Hereditary Junctional Mechanobullous Disease in Belgian Horse. *J. Invest. Dermatol.* 119: 684-691.
- STOCK, K. F. UND DISTL, O. (2005): Prediction of breeding values for osseous fragments in fetlock and hock joints, deforming arthropathy in hock joints, and pathologic changes in the navicular bones of Hanoverian Warmblood horses. *Livestock Production Science* 92: 77-94.
- STÜBS, D. und DISTL, O. (2007): Mapping the horse genome and its impact on equine genomics for identification of genes for monogenic and complex traits – a review. *Archiv für Tierzucht* 50: 07-24.
- SWALVE, H. H. (2002): Aktuelle Aspekte der Rinder- und Pferdezucht. *Archiv für Tierzucht* 45: 05-19.
- SWALVE, H. H. (2010): Zuchtprogramme für quantitative Merkmale auf der Basis molekulargenetischer Analysen. Gemeinsames Symposium der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, 10.-12. März 2010.
- TAVERNIER, A. (1988): Advantages of BLUP Animal Model for Breeding Value Estimation in Horses. *Livestock Production Science* 20: 149-160.
- TEEGEN, R. (2008): Analysen eines Zuchtprogrammes am Beispiel des Trakehner Zuchtverbandes. *Dissertationsschrift Univ. Kiel. Selbstverlag des Instituts für Tierzucht und Tierhaltung.*
- TEEGEN, R., JEDRUCH, A., EDEL, C., THALLER, G. und KALM, E. (2006): Genetic associations among traits from foals' and mares' evaluations with regard to optimizing the breeding program in the Trakehner Population. 57th Annual Meeting of the EAAP, Antalya, Turkey, 17-20 September 2006.
- THIRUVENKADAN, A. K., KANDASAMY, N. und PANNEERSELVAM, S. (2009): Inheritance of racing performance of trotter horses: An overview. *Livestock Science* 124: 163-181.
- THORÉN-HELLSTEN, E. (2008): International Sport Horse Data for Genetic Evaluation. *Dissertationsschrift Univ. Uppsala.*
- THORÉN HELLSTEN, E., JORJANI, H. und PHILLIPSON, J. (2008): Connectedness among five European sport horse populations. *Livestock Science* 118: 147-156.
- UPHAUS, H., PREISINGER, R. und KALM, E. (1994): Feld- und Stationsprüfung für Stuten, 1. Mitteilung: Populationsgenetische Analysen. *Züchtungskunde* 66: 255-267.
- vit (2008): Verbandsinterne Zuchtwertschätzung Pferde für Merkmale der Stutbuchaufnahme und Zuchtstutenprüfung. URL http://www.vit.de/fileadmin/user_upload/vitfuerspferd/zuchtwertschaetzung/Beschreibung_Verbandsinterne_ZWS_Pferd_2008.pdf, 27.04.2010.

- VON BORELL, E. (2002): Haltungsansprüche von Rindern und Pferden. *Archiv für Tierzucht* 45: 80-94.
- VON BORSTEL, U. U. (2009): Verhaltenstests beim Pferd. *Göttinger Pferdetage*, 25.-26. Februar 2009. Warendorf: FN-Verlag der Deutschen Reiterlichen Vereinigung.
- VON LENGERKEN, G. und SCHWARK, H. -J. (2002): Exterieur und Leistungen in der Pferdezucht – Alleskönner oder Spezialisten. *Archiv für Tierzucht* 45: 68-79.
- VAN VELDHUIZEN, A. E. (1995): Reitpferdezucht in Holland. *Göttinger Pferdetage '95*. Warendorf: FN-Verlag der Deutschen Reiterlichen Vereinigung.
- VAN VELDHUIZEN, A. E. (1998): Züchterischer Fortschritt durch Leistungswerte. In LINDNER, A.: *Zucht und Leistung*. Dortmund: Lensing Druck. S. 29-35.
- VOLKMANN, N. (2007): Analyse der ersten beiden Fohlenjahrgänge des GP-Programms zur züchterischen Verbesserung der Trakehnerpopulation in Deutschland. Diplomarbeit Univ. Halle-Wittenberg.
- VON VELSEN-ZERWECK, A. (1998): Integrierte Zuchtwertschätzung für Zuchtpferde. Dissertationsschrift Univ. Göttingen. Warendorf: FN-Verlag der Deutschen Reiterlichen Vereinigung.
- WADE, C. M., GIULOTTO, E., SIGURDSSON, S., ZOLI, M., GNERRE, S., IMSLAND, F., LEAR, T. L., ADELSON, D. L., BAILEY, E., BELLONE, R. R., BLÖCKER, H., DISTL, O., EDGAR, R.C., GARBER, M., LEEB, T., MAUCELI, E., MACLEOD, J. N., PENEDO, M. C. T., RAISON, J. M., SHARPE, T., VOGEL, J., ANDERSSON, L., ANTCZAK, D. F., BIAGI, T., BINNS, M. M., CHOWDHARY, B.P., COLEMAN, S. J., DELLA VALLE, G., FRYC, S., GUÉRIN, G., HASEGAWA, T., HILL, E. W., JURKA, J., KIHALAINEN, A., LINDGREN, G., LIU, J., MAGNANI, E., MICKELSON, J. R., MURRAY, J., NERGADZE, S. G., ONOFRIO, R., PEDRONI, S., PIRAS, M. F., RAUDSEEP, T., ROCCHI, M., RØED, K. H., RYDER, O. A., SEARLE, S., SKOW, L., SWINBURNE, J. E., SYVÄNEN, A. C., TOZAKI, T., VALBERG, S. J., VAUDIN, M., WHITE, J. R., ZODY, M. C., LANDER, E. S., und LINDBLAD-TOH, K. (2009): Genome Sequence, Comparative Analysis, and Population Genetics of the Domestic Horse. *Science* 326: 865-867.
- WALLIN, L., Strandberg, E., Philipsson, J. und Dalin, G. (2000): Estimates of longevity and causes of culling and death in Swedish warmblood and coldblood horses. *Livestock Production Science* 63: 275-289.
- WARD T. L., VALBERG, S. J., ADELSON, D. L., ABBEY, C. A., BINNS, M. M. und MICKELSON, J. R. (2004): Glycogen branching enzyme (GBE1) mutation causing equine glycogen storage disease IV. *Mamm. Genome* 15: 570-577.
- WEIGEL, K., REKAYA, R., FIKSE, F., ZWALD, N. und GIANOLA, D. (2000): Data structure and connectedness issues in international dairy sire evaluations. *Proceeding of the 2000 Interbull Meeting*. Bled, Slovenia, 14.-15. Mai, 2000. *Interbull Bulletin* 25: 26-30.
- WENSCH-DORENDORF, M. (2006): Persönliche Mitteilung.

- WEYMANN, W. (1992): Zuchtwertschätzung für Exterieurmerkmale am Beispiel der hannoverschen Warmblutzucht. Dissertationsschrift Univ. Göttingen.
- WILKE, A. und BRUNS, E. (2004): Der Einfluss von Wachstum und Bewegung auf das Auftreten von Osteochondrosis beim Fohlen. Göttinger Pferdetage 2004, Warendorf: FN-Verlag der Deutschen Reiterlichen Vereinigung.
- WINKELSETT, S., GRANEL, M., BORCHERS, A., VERVUERT, I. und COENEN, M. (2004): Welchen Einfluss hat die Fütterung auf das Vorkommen der Osteochondrose beim Warmblutfohlen. Göttinger Pferdetage 2004, Warendorf: FN-Verlag der Deutschen Reiterlichen Vereinigung.
- WILKENS, J. (1993): Leistungsprüfungen für Fruchtbarkeit. 1. Pferdeworkshop Uelzen, 8.-9. Februar 1993.
- WILKENS, J. (1998): Zuchtwertschätzung für Hengste auf Basis der stationären Prüfung. 2. Pferde-Workshop, Uelzen, 17.– 18. Februar 1998.
- WILLMS, F., RÖHE, R. und D KALM, E. (1999): Genetische Analyse von Merkmalskomplexen in der Reitpferdezucht unter Berücksichtigung von Gliedmaßenveränderungen, 2. Mitteilung: Genetische Beziehungen zwischen Merkmalen aus der Stutbucheintragung, Stutenleistungsprüfung und Gliedmaßenveränderungen. Züchtungskunde 66: 255-267.
- YANG, G. C., CROAKER, D., ZHANG, A. L., MANGLICK, P., CARTMILL T. und CASS, D. (1998): A dinucleotide mutation in the endothelin-B receptor gene is associated with lethal white foal syndrome (LWFS); a horse variant of Hirschsprung disease (HSCR). Hum. Mol. Genet. 7: 1047–1052.
- ZORN, W. (1952): Pferdezüchtung. 3. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer.
- ZSAA (2010): Zuchtwertschätzung im ZSAA. URL <http://www.zsaa.org/zsaa/programm/o.prg?pos=7.1&lan=de>, 29.03.2010.
- ZVCH (2009): Zuchtprogramm und Herdebuchordnung des Zuchtverbandes CH-Sportpferde. URL http://www.swisshorse.ch/fileadmin/user_upload/A_SEITENBAUM_neu/Zucht_Herdebuchordnung/Zucht_Herdebuchordnung_d_per_09042009.pdf, 11.06.2010.
- ZVO (2009): Zuchtverbandsordnung Deutsches Reitpferd. URL <http://www.pferd-aktuell.de/Anlage85493/ZuchtverbandsordnungBeschlussMai2009.zip>, 27.04.2010.
- ZVO-DSP (2009): Zuchtverbandsordnung Deutsches Sportpferd. URL <http://www.pferde-sachsen-thueringen.de/fileadmin/Userfiles/pdf/ZVO%20DSP.pdf>, Stand: 21.01.2009

Danksagung

Ein herzlicher Dank geht an alle Menschen,
die mich persönlich und fachlich
auf dem Weg zur Promotion begleitet und unterstützt haben.

Herrn Prof. Dr. Hermann H. Swalve danke ich sehr für das in mich gesetzte Vertrauen und für die umfangreichen Möglichkeiten zur Vorstellung der Ergebnisse. Für die freundliche Übernahme des Korreferats bedanke ich mich bei Prof. Dr. Eberhard von Borell und Prof Dr. Sven König.

Den Mitgliedern der projektbegleitenden Steuerungsgruppe danke ich für den konstruktiven Austausch zwischen Theorie und Praxis. All meinen Kollegen der Abteilung Tierzucht gebührt ein herzlicher Dank für die gute Zusammenarbeit und Hilfe in verschiedenster Hinsicht, insbesondere Dr. Monika Wensch-Dorendorf für die stete Erweiterung meiner mathematischen Kenntnisse, Dr. Renate Schafberg für das immer offene Ohr für alle wissenschaftlichen (+ X) Belange und meiner Bürokollegin Stephanie Weidling für unsere harmonische Zeit.

Ein Dankeschön gilt auch all jenen, die geduldig meinen ständigen Zeitmangel ertrugen und dennoch im richtigen Moment für die notwendige Motivation aber auch Zerstreuung sorgten. Marten Hoppe danke ich für die so wertvolle Ruhe und Ausgeglichenheit. Ein besonderer Dank richtet sich an meine Eltern für ihre immerwährende Unterstützung bei all meinen Vorhaben.

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Ich habe die Dissertation in keinem anderen Prüfungsverfahren als Prüfungsleistung vorgelegt.

Ich habe den angestrebten Doktorgrad noch nicht erworben und bin nicht in einem früheren Promotionsverfahren für den angestrebten Doktorgrad gescheitert.

Halle/Saale, 20.11.2010

Kati Schöpke

Wissenschaftlicher Werdegang

Ausbildung und Hochschulstudium

- 09/1994 – 07/1998 *Goethe-Gymnasium Gera, Gymnasium Ruthenum seit 1608,*
Abschluss: Allgemeine Hochschulreife
- 09/1998 – 03/2001 *Reitverein Gera/ Thüringen e.V.*
Berufsausbildung zum Pferdewirt, Schwerpunkt: Zucht und
Haltung, Abschluss: Facharbeiter
- 10/2001 – 01/2006 *Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg*
Studium der Agrarwissenschaften, Schwerpunkt: Nutztier-
wissenschaften, Abschluss: Diplom
Thema der Diplomarbeit: „Analyse der Ergebnisse der
integrierten Zuchtwertschätzung für Stuten aus den Pferde-
zuchtverbänden Berlin-Brandenburg und Sachsen-Anhalt“

Wissenschaftliche Tätigkeit

- 02/2006 – 03/2006 *Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für
Tierzucht und Tierhaltung mit Tierklinik*
Wissenschaftliche Mitarbeiterin
Untersuchungen zum Zuchtfortschritt verschiedener
Fleischrinderrassen
- 04/2006 – 12/2007 *Stipendium der Graduiertenförderung des Landes Sachsen-
Anhalt zum Thema „Zuchtwertschätzung für Stuten der
Deutschen Sportpferdepopulationen in Berlin-Brandenburg,
Sachsen-Anhalt, Sachsen und Thüringen“*
- seit 01/2008 *Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Professur für
Tierzucht*
Wissenschaftliche Mitarbeiterin
Projekte (Bearbeitung bzw. Mitarbeit):
 - Zuchtwertschätzung für Stuten der Deutschen Sport-
pferdepopulationen in Berlin-Brandenburg, Sachsen-
Anhalt, Sachsen und Thüringen
 - Vergleichende Analyse der Oldenburger Pferdezucht-
verbände
 - Genetische Grundlagen der Fundamentstabilität beim
Rind
- seit 2008 **Lehre:**
 - Leistungsphysiologie und Produktkunde
(Bachelorstudiengang Agrarwissenschaften)
 - Erzeugung und Qualitätsbewertung tierischer Produkte
(Bachelorstudiengang Ernährungswissenschaften)
- seit 2009
 - Molekularbiologie in der Tierzucht
– Modulteil: Molekularbiologische Analysetechniken
(Bachelorstudiengang Agrarwissenschaften)
- 2008/2009
 - Zuchtprogramme bei landwirtschaftlichen Nutztieren –
Tierart Pferd (Diplomstudiengang Agrarwissenschaften)