

**Schätzung populationsgenetischer Parameter für die
Reitpferdezucht unter besonderer Berücksichtigung
innovativer Merkmalsdefinitionen für
Turniersportleistungen**

Dissertation

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

der

Naturwissenschaftlichen Fakultät III,

Agrar- und Ernährungswissenschaften

der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

vorgelegt von M. Sc. Viktoria Welker
geboren am 13.08.1991 in Chemnitz

Gutachter: Prof. Dr. Hermann H. Swalve / PD Dr. Friederike Katharina Stock
Prof. Dr. Jens Tetens

Verteidigung am: 27.05.2019

Halle (Saale) 2019

Meiner Oma Ingrid

*„Der Wille gestaltet den Menschen, zum Erfolg braucht er jedoch Mut
und Ausdauer.“*

Bruce Lee

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	7
Abbildungsverzeichnis	10
Anhangsverzeichnis.....	12
Abkürzungsverzeichnis	13
1 Einleitung.....	15
2 Zucht des Deutschen Reitpferdes	17
2.1 Zuchtwertschätzung	17
2.2 Zuchtwertschätzrelevante Prüfungen	21
2.2.1 Zuchtstutenprüfung.....	21
2.2.2 Beziehungen zwischen Zuchtstutenprüfung und Turniersport	23
2.2.3 Leistungsprüfungen für Hengste.....	24
2.2.4 Beziehungen zwischen Leistungsprüfungen für Stuten, Hengste und Turniersport	25
2.2.5 Aufbauprüfungen	26
2.2.6 Beziehungen zwischen Aufbauprüfungen und Turniersport	26
2.3 Merkmale für Turniersportleistungen in Deutschland	27
2.4 Merkmale für Turniersportleistungen im Ausland.....	29
2.4.1 Schweden	30
2.4.2 Belgien	31
2.4.3 Dänemark.....	32
2.4.4 Niederlande	32
2.4.5 Frankreich	33
2.4.6 Irland.....	33
3 Material und Methoden.....	35
3.1 Datenstruktur und -aufbereitung	38
3.1.1 Leistungsprüfungen für Zuchtpferde	38
3.1.2 Aufbauprüfungen	43
3.1.3 Turniersportprüfungen	47
3.2 Alternative Merkmalsdefinitionen für Turniersportleistungen	53
3.2.1 Modifiziert transformierter Rang.....	53
3.2.2 Lebensergebnissumme.....	55
3.2.3 Höchstes erreichtes Niveau im Turniersport	56
3.2.4 Beziehung zwischen den Disziplinen im Turniersport	58

3.2.5	Beziehungen zwischen Turniersport und Leistungsprüfungen für Zuchtpferde..	58
3.2.6	Hilfsmerkmal für das höchste erreichte Niveau im Turniersport	59
3.3	Genetisch-statistische Analysen	60
3.3.1	Zuchtwertstandardisierung.....	60
3.3.2	Zuchtwertauswertungen	61
3.3.3	Index-Zuchtwerte für das höchste erreichte Niveau mit Hilfsmerkmal	64
3.4	Modelle.....	64
4	Ergebnisse.....	67
4.1	Populationsparameter bisheriger Merkmale.....	67
4.1.1	Leistungsprüfung für Zuchtstuten.....	67
4.1.2	Leistungsprüfungen für Hengste.....	69
4.1.3	Beziehung zwischen Merkmalen aus Leistungsprüfungen für Zuchtpferde.....	72
4.1.4	Aufbauprüfungen	72
4.1.5	Turniersportprüfungen	73
4.2	Populationsparameter neuer Merkmalsdefinitionen.....	74
4.2.1	Modifiziert transformierter Rang	74
4.2.2	Lebensergebnissumme und höchstes erreichtes Niveau im Turniersport.....	75
4.2.3	Genetische Beziehung zwischen den Disziplinen im Turniersport	77
4.2.4	Beziehungen zwischen Turniersport und Leistungsprüfungen für Zuchtpferde..	77
4.2.5	Höchstes erreichtes Niveau im Turniersport mit Hilfsmerkmal	78
4.3	Zuchtwertauswertungen	79
4.3.1	Vergleich RZW 2014 und TZW Turniersport 2014	79
4.3.2	Vergleich RZW 2016 und FN ZW 2016.....	80
4.3.3	Darstellung der Relativzuchtwerte 2014 und 2016.....	81
4.3.4	Vergleich der Relativzuchtwerte 2014 und 2016*	85
4.3.5	Vergleich der Naturalzuchtwerte 2009 und 2014	88
4.3.6	Index-Zuchtwerte für das höchste erreichte Niveau mit Hilfsmerkmal.....	89
5	Diskussion.....	93
5.1	Leistungsprüfungen für Zuchtpferde.....	93
5.1.1	Zuchtstutenprüfungen	93
5.1.2	Leistungsprüfungen für Hengste.....	94
5.1.3	Genetische Beziehung zwischen Leistungsprüfungen für Hengste und Stuten...	95
5.2	Aufbauprüfungen	96
5.3	Turniersportprüfungen	97

5.3.1	Wiederholte Leistungen im Turniersport.....	98
5.3.2	Vor- und Nachteile wiederholter Leistungen im Turniersport	100
5.3.3	Maximalleistung im Turniersport	101
5.3.4	Vor- und Nachteile des Merkmals Maximalleistung im Turniersport.....	104
5.4	Weiterführende Analysen zum höchsten erreichten Niveau im Turniersport.....	106
5.4.1	Genetische Beziehung zwischen Dressur und Springen.....	106
5.4.2	Genetische Beziehungen zu Merkmalen aus Leistungsprüfungen für Zuchtpferde.....	107
5.4.3	Nutzung der Daten aus den Aufbauprüfungen.....	108
5.5	Ausblick	110
	Zusammenfassung	113
	Summary.....	116
	Literaturverzeichnis	118
	Anhang	125

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Heritabilitäten (Diagonale) und genetische Korrelationen (oberhalb Diagonale) der Leistungsmerkmale in der FN Zuchtwertschätzung (vit, 2018).	19
Tabelle 2:	Heritabilitäten für Merkmale der Zuchtstutenprüfung aus der Literatur.	23
Tabelle 3:	Heritabilitäten für Merkmale der Hengstleistungsprüfung aus der Literatur.....	25
Tabelle 4:	Merkmale für Leistungen im Turniersport in Routinezuchtwertschätzungen für Reitpferde in verschiedenen Ländern.	30
Tabelle 5:	Übersicht zu den verfügbaren Informationen aus Leistungs- und Abstammungsdaten sowie Referenzdateien Prüfungsformen und Rassen.	36
Tabelle 6:	Anzahl Pferde und Leistungen bereitgestellter und für Auswertungen herangezogener Leistungsdaten aus den jeweiligen Prüfungsformen.	37
Tabelle 7:	Anzahl leistungsgeprüfter Pferde und Prüfungsdurchgänge in Leistungsprüfungen für Stuten und Hengste, die aus den Datenaufbereitungsschritten resultierten.	40
Tabelle 8:	Mittelwerte, Standardabweichungen, Minima und Maxima der Wertnoten für in Leistungsprüfungen für Zuchtpferde beurteilter Merkmale.	42
Tabelle 9:	Verteilung der Nachkommen (NK) nach Vätern und Müttern in Leistungsprüfungen für Zuchtpferde sowie durchschnittliche, minimale und maximale Anzahl Nachkommen und Anzahl Eltern mit jeweiliger Mindestnachkommenzahl.	43
Tabelle 10:	Anzahl Pferde, Leistungen, durchschnittliche Leistung und Alter in den Aufbauprüfungen Dressur und Springen mit Differenzierung zwischen den Geschlechtergruppen.	45
Tabelle 11:	Verteilung der Nachkommen (NK) nach Müttern und Vätern in Aufbauprüfungen Dressur und Springen sowie durchschnittliche, minimale und maximale Anzahl Nachkommen und Anzahl Eltern mit jeweiliger Mindestnachkommenzahl.	46
Tabelle 12:	Anzahl Leistungen, Prüfungen und Pferde in den für die Schätzung genetischer Parameter erstellten Subdatensätze in Aufbauprüfungen Dressur und Springen.	47
Tabelle 13:	Anzahl Pferde, Leistungen, durchschnittliche Leistung und Alter im Turniersport Dressur, differenziert nach Prüfungsklassen und Geschlechtergruppen.	49
Tabelle 14:	Anzahl Pferde, Leistungen, durchschnittliche Leistung und Alter im Turniersport Springen, differenziert nach Prüfungsklassen und Geschlechtergruppen.	50
Tabelle 15:	Verteilung der Nachkommen (NK) nach Müttern und Vätern in Turniersportprüfungen Dressur und Springen sowie durchschnittliche, minimale und maximale Anzahl Nachkommen und Anzahl Eltern mit jeweiliger Mindestnachkommenzahl.	52

Tabelle 16:	Anzahl Starter je Prüfung, Prüfungen, Leistungen und Pferde in den für die Schätzung genetischer Parameter erstellten Subdatensätze im Turniersport Dressur und Springen.....	53
Tabelle 17:	Mittelwert, Standardabweichung, Minimum und Maximum des modifiziert transformierten Ranges im Turniersport Dressur und Springen.	54
Tabelle 18:	Punktesystem zur Merkmalsdefinition der Lebensergebnissumme und des höchsten erreichten Niveaus im Turniersport Dressur und Springen.	55
Tabelle 19:	Mittelwerte, Standardabweichungen, Minima und Maxima der Lebensergebnissumme (mit und ohne Transformation) im Turniersport Dressur und Springen.	56
Tabelle 20:	Mittelwert, Standardabweichung, Minimum und Maximum des höchsten erreichten Niveaus im Turniersport Dressur und Springen.	57
Tabelle 21:	Additiv-genetische Varianz (σ^2_a), Restvarianz (σ^2_e), phänotypische Varianz (σ^2_p) und Heritabilität (h^2) für Merkmale der Zuchtstutenprüfung im Feld und auf Station aus gemeinsamer und getrennter Schätzung.....	68
Tabelle 22:	Genetische (r_g) und phänotypische (r_p) Korrelationen sowie deren Standardfehler (se) zwischen den analogen Merkmalen der Zuchtstutenprüfung im Feld und auf Station.....	68
Tabelle 23:	Heritabilitäten, genetische (oberhalb der Diagonalen) und phänotypische (unterhalb der Diagonalen) Korrelationen mit nachgestellten Standardfehlern für Merkmale der Zuchtstutenprüfung.....	69
Tabelle 24:	Additiv-genetische Varianz (σ^2_a), Restvarianz (σ^2_e), phänotypische Varianz (σ^2_p), Heritabilität (h^2) und Standardfehler (se) für Merkmale der Veranlagungs- und Hengstleistungsprüfung.	70
Tabelle 25:	Genetische (r_g), phänotypische (r_p) Korrelationen sowie deren Standardfehler (se) zwischen den analogen Merkmalen aus Veranlagungs- und Hengstleistungsprüfung.	70
Tabelle 26:	Heritabilitäten, genetische (oberhalb der Diagonalen) und phänotypische (unterhalb der Diagonalen) Korrelationen mit nachgestellten Standardfehlern für Merkmale der Veranlagungsprüfung und der Hengstleistungsprüfung	71
Tabelle 27:	Genetische (r_g) und phänotypische (r_p) Korrelationen und deren Standardfehler (se) zwischen den analogen Merkmalen aus Zuchtstutenprüfung und Veranlagungs- bzw. Hengstleistungsprüfung.	72
Tabelle 28:	Additiv-genetische Varianz (σ^2_a), permanente Umweltvarianz (σ^2_{pe}), Restvarianz (σ^2_e), Heritabilität (h^2), Standardfehler (se) und Wiederholbarkeit (w^2) für das Merkmal Wertnote in Aufbauprüfungen Dressur und Springen.	73
Tabelle 29:	Additiv-genetische Varianz (σ^2_a), permanente Umweltvarianz (σ^2_{pe}), Restvarianz (σ^2_e), Heritabilität (h^2), Standardfehler (se) und Wiederholbarkeit (w^2) für den transformierten Rang in den einzelnen Prüfungsklassen im Turniersport Dressur und Springen.....	74
Tabelle 30:	Additiv-genetische Varianz (σ^2_a), permanente Umweltvarianz (σ^2_{pe}), Restvarianz (σ^2_e), Heritabilität (h^2), Standardfehler (se) und Wiederholbarkeit	

	(w^2) für den modifiziert transformierten Rang in den einzelnen Prüfungsklassen im Turniersport Dressur und Springen.	75
Tabelle 31:	Additiv-genetische Varianz (σ^2_a), Restvarianz (σ^2_e), Heritabilität (h^2) und Standardfehler (se) für die Lebensergebnissumme und das höchste erreichte Niveau im Turniersport Dressur und Springen.	76
Tabelle 32:	Bivariat ermittelte additiv-genetische Varianz (σ^2_a), Restvarianz (σ^2_e), Heritabilität (h^2) und genetische Korrelation (r_g) mit in Klammern stehenden Standardfehlern für das höchste erreichte Niveau im Turniersport Dressur und Springen.	77
Tabelle 33:	Genetische Korrelationen zwischen dem höchsten erreichten Niveau im Turniersport Dressur bzw. Springen und den Merkmalen aus Leistungsprüfungen für Zuchtpferde mit in Klammern stehenden Standardfehlern.	78
Tabelle 34:	Additiv-genetische Varianz (σ^2_a), Restvarianz (σ^2_e), Heritabilität (h^2), genetische Korrelation (r_g) und in Klammern stehende Standardfehler für das höchste erreichte Niveau und den ABP-Sportstatus im Turniersport Dressur und Springen.	78
Tabelle 35:	Lageparameter und Perzentile für Zuchtwertdifferenzen aus dem TZW Turniersport transformierter Rang und dem RZW höchstes erreichtes Niveau für Hengste mit einer Zuchtwertsicherheit von mind. 75 %.....	80
Tabelle 36:	Lageparameter und Perzentile für Zuchtwertdifferenzen aus dem FN ZW 2016 und dem RZW 2016 für Hengste mit einer Zuchtwertsicherheit von mind. 75 %.....	81
Tabelle 37:	Mittelwerte, Standardabweichungen, Minima und Maxima der RZW höchstes erreichtes Niveau 2014 und 2016 in der Dressur und im Springen für Hengste mit einer Zuchtwertsicherheit von mind. 75 %.....	82
Tabelle 38:	Mittelwerte, Standardabweichungen, Minima und Maxima der RZW höchstes erreichtes Niveau 2014 und 2016* in Dressur und Springen für alle Hengste. .85	85
Tabelle 39:	Lageparameter und Perzentile für Zuchtwertdifferenzen aus RZW 2016* und RZW 2014 für alle Hengste.	86
Tabelle 40:	Korrelationskoeffizient nach Pearson (r) zwischen den Naturalzuchtwerten höchstes erreichtes Niveau 2009 und 2014 für Hengstgruppen mit jeweiliger Nachkommenzahl (NK).	89
Tabelle 41:	Lageparameter und Perzentile für Zuchtwertdifferenzen aus dem Index-ZW und dem RZW Turniersport (univariat) für Hengste mit einer Zuchtwertsicherheit von mindestens 75%.	90
Tabelle 42:	Lageparameter der Zuchtwertdifferenzen aus Index-ZW und RZW höchstes erreichtes Niveau (univariat) für einzelne Hengstgruppen im Turniersport Dressur.	91
Tabelle 43:	Lageparameter der Zuchtwertdifferenzen aus Index-ZW und RZW höchstes erreichtes Niveau (univariat) für einzelne Hengstgruppen im Turniersport Springen.	92

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zusammensetzung des Jungpferdezuchtwertes Dressur aus den jeweiligen Teil- und Einzelzuchtwerten sowie deren Gewichtung.	20
Abbildung 2: Zusammensetzung des Jungpferdezuchtwertes Springen aus den jeweiligen Teil- und Einzelzuchtwerten sowie deren Gewichtung.	21
Abbildung 3: Verteilung des Leistungsmerkmals transformierter Rang in Daten aus dem deutschen Reitsport.	29
Abbildung 4: Verteilung der leistungsgeprüften Zuchtpferde mit Differenzierung zwischen Zuchtstutenprüfungen im Feld und auf Station sowie Veranlagungs- und Hengstleistungsprüfungen.	39
Abbildung 5: Verteilung des Prüfungsalters im Turniersport Dressur und Springen.	51
Abbildung 6: Verteilung des Merkmals modifiziert transformierter Rang im Turniersport Dressur und Springen.	54
Abbildung 7: Verteilung des Merkmals logarithmierte Lebensergebnissumme im Turniersport Dressur und Springen.	56
Abbildung 8: Verteilung des Merkmals höchstes erreichtes Niveau im Turniersport Dressur und Springen.	58
Abbildung 9: Arbeitsschritte für den Vergleich von Zuchtwerten.	62
Abbildung 10: Korrigierte Mittelwerte des höchsten erreichten Niveaus im Turniersport Dressur und Springen in den einzelnen Effektstufen des maximalen Alters.	76
Abbildung 11: Verteilung der RZW höchstes erreichtes Niveau und der TZW Turniersport transformierter Rang in der Dressur (links) und im Springen (rechts) mit Korrelationskoeffizient nach Pearson (r) für Hengste mit einer Zuchtwertsicherheit von mind. 75 %.	80
Abbildung 12: Verteilung der RZW höchstes erreichtes Niveau 2016 und FN ZW transformierter Rang 2016 in der Dressur und im Springen mit Korrelationskoeffizient nach Pearson (r) für Hengste mit einer Zuchtwertsicherheit von mind. 75 %.	81
Abbildung 13: Verteilung der RZW höchstes erreichtes Niveau 2014 in der Dressur (links) und im Springen (rechts) von Hengsten mit einer Zuchtwertsicherheit von mind. 75 %.	82
Abbildung 14: Verteilung der RZW höchstes erreichtes Niveau 2016 in der Dressur (links) und im Springen (rechts) von Hengsten mit einer Zuchtwertsicherheit von mind. 75 %.	83
Abbildung 15: Genetische Trends für das höchste erreichte Niveau im Turniersport Dressur aus der ZWS 2014 und 2016 für Hengste mit einer Zuchtwertsicherheit von mind. 75 %.	84
Abbildung 16: Genetische Trends für das höchste erreichte Niveau im Turniersport Springen aus der ZWS 2014 und 2016 für Hengste mit einer Zuchtwertsicherheit von mind. 75 %.	84

Abbildung 17: Verteilung der RZW höchstes erreichtes Niveau 2014 und 2016* in der Dressur und im Springen mit Korrelationskoeffizient nach Pearson (r) für alle Hengste.	86
Abbildung 18: Prozentualer Anteil der Hengste, die in der ZWS 2016* gegenüber der ZWS 2014 in der Dressur einen Verlust oder eine Steigerung um mehr als 5 ZWPunkten erfuhren.	87
Abbildung 19: Prozentualer Anteil der Hengste, die in der ZWS 2016* gegenüber der ZWS 2014 im Springen einen Verlust oder eine Steigerung um mehr als 5 ZWPunkten erfuhren.	88
Abbildung 20: Verteilung der Naturalzuchtwerte höchstes erreichtes Niveau 2009 und 2014 in Dressur und Springen mit Korrelationskoeffizient nach Pearson (r).	89
Abbildung 21: Verteilung der univariat (univ) geschätzten RZW höchstes erreichtes Niveau und der Index-ZW aus dem bivariat geschätzten RZW höchstes erreichtes Niveau und dem ABP-Sportstatus mit Korrelationskoeffizient nach Pearson (r).	90

Anhangsverzeichnis

Tabellen

Tabelle 1:	Genetische Korrelationen zwischen Merkmalen aus Zuchtstutenprüfung und Veranlagungsprüfung mit nachgestellten Standardfehlern.	125
Tabelle 2:	Genetische Korrelationen zwischen Merkmalen aus Zuchtstutenprüfung und Hengstleistungsprüfung mit nachgestellten Standardfehlern.	125
Tabelle 3:	Anzahl Prüfungen und durchschnittliche Anzahl Starter je Prüfung in Prüfungsklassen im Turniersport und in Aufbauprüfungen in Dressur und Springen.	125
Tabelle 4:	Anzahl Reiter, durchschnittliche Anzahl an Starts je Reiter und Pferde je Reiter in Prüfungsklassen im Turniersport und in Aufbauprüfungen Dressur und Springen.	126
Tabelle 5:	Mittlere Anzahl Starts je Pferd in den Prüfungsklassen im Turniersport und in Aufbauprüfungen Dressur und Springen.	126
Tabelle 6:	Mittelwerte, Standardabweichungen, Minima und Maxima der Leistungen im Merkmal modifiziert transformierter Rang in den Prüfungsklassen im Turniersport Dressur und Springen.	127
Tabelle 7:	Anzahl Hengste und mittlerer Naturalzuchtwert für das höchste erreichte Niveau in Dressur und Springen in der Basispopulation.	127

Abbildungen

Abbildung 1:	Verteilung der Zuchtwertdifferenzen aus TZW Turniersport transformierter Rang und RZW höchstes erreichtes Niveau für Hengste mit einer Zuchtwertsicherheit von mind. 75 %	128
Abbildung 2:	Verteilung der Zuchtwertdifferenzen aus FN ZW transformierter Rang 2016 und RZW 2016 höchstes erreichtes Niveau Dressur und Springen für Hengste mit einer Zuchtwertsicherheit von mind. 75 %	129
Abbildung 3:	Verteilung der Zuchtwertdifferenzen aus RZW 2016* und RZW 2014 für das höchste erreichte Niveau in Dressur und Springen für alle Hengste.	130
Abbildung 4:	Verteilung der Zuchtwertdifferenzen aus Index-ZW und RZW höchstes erreichtes Niveau (univariat) Dressur und Springen für Hengste mit einer Zuchtwertsicherheit von mind. 75 %	131

Abkürzungsverzeichnis

A	Anfangsstufe
ABP	Aufbauprüfung
BLUP	Best Linear Unbiased Prediction
bzw.	beziehungsweise
Dre	Dressur
FN	Deutsche Reiterliche Vereinigung e. V.
H	Hengst
h^2	Heritabilität
HLP	Hengstleistungsprüfung
HSI	Horse Sport Ireland
L	leichte Klasse
M	mittlere Klasse
Min	Minimum
Max	Maximum
N	Anzahl
N_L	Anzahl Leistungstiere
N_p	Anzahl Pedigreetiere
NK	Nachkommen
P	Perzentil
r	Korrelationskoeffizient nach Pearson
r_g	genetische Korrelation
r_p	phänotypische Korrelation
RZW	Relativzuchtwert
S	schwere Klasse
Si	Sicherheit
Spr	Springen
St	Stute
Std.	Standardabweichung
TORIS	Turnierorganisations- und Informationssystem
TSP	Turniersport
TZW	Teilzuchtwert
UELN	Universal Equine Life Number

univ	univariat
usw.	und so weiter
VA	Veranlagungsprüfung
Vit	Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung w. V.
W	Wallach
w ²	Wiederholbarkeit
zit.	zitiert
z. B.	zum Beispiel
ZSP	Zuchtstutenprüfung
ZW	Zuchtwert

1 Einleitung

Zu den wesentlichen Zuchtzielen des Sportpferdes zählen neben der generellen Turniersportegnung und Leistungsbereitschaft auch die Fähigkeit, sich erfolgreich auf hohem Niveau im Dressur- oder Springsport zu beweisen. Die Turniersportleistungen haben folglich den höchsten Informationswert für die erfolgreiche Zucht talentierter Sportpferde, doch werden entsprechende Sportdaten erst sehr spät und nur für einen Teil der Population verfügbar (Koenen und Aldridge, 2002). Die Schätzung der genetischen Veranlagung des Pferdes für den Sport ist zudem schwierig, da die Leistung im Turniersport großen Umwelteinflüssen unterliegt. Zum einen ist die Bewertung der Pferde, wie sie im Dressursport erfolgt, dem zugrunde liegenden Bonitierungssystem gemäß subjektiv. Zum anderen wirken viele, meist nicht erfasste oder erfassbare Einflüsse auf die einzelne Leistung unter dem Reiter ein. Dazu zählen beispielsweise Managementfaktoren, wie Aufzuchtbedingungen, die Art der Vorbereitung und Vorstellung der Pferde auf dem Turnier, aber auch Turniergegebenheiten, wie die Bodenbeschaffung oder Wetterverhältnisse (Bartolomé et al., 2013). Diese Vielfalt der potenziellen Einflüsse erschweren eine zuverlässige Trennung von Umwelt und Genetik, so dass sich die Schätzung genetischer Parameter und Zuchtwerte für Turnierleistungen äußerst schwierig gestaltet.

Erschwerend kommen Faktoren hinzu, die mit dem hohen Grad der Internationalisierung von Reitpferdezucht und -sport zusammenhängen. Importierte Turniersportpferde dürften nach ihrer Leistungsstärke vorselektiert worden sein, so dass davon auszugehen ist, dass für ausländische Hengste verzerrte Zuchtwerte geschätzt werden. Gleichzeitig gehen von Nachkommen deutscher Hengste im Ausland erbrachte Leistungen und internationale Erfolge nicht in die Analysen ein, da derzeit entsprechende Turniersportdaten nicht für Routineanwendungen nutzbar sind. Aus diesen Gründen wurden immer wieder Untersuchungen zur Definition geeigneter Merkmale für die Zuchtwertschätzung für Leistungen im Turniersport durchgeführt, die dann teils auch in Routineanwendungen Berücksichtigung fanden. Anstelle der Bezugnahme auf das einzelne Prüfungsergebnis (z. B. Rang, Wertnote) erfolgten Analysen zur Gewinnsumme (Meinardus, 1988), zur Lebenspunktesumme (Wikström et al., 2005; Viklund et al., 2010; Jönsson et al., 2016) und zum höchsten Niveau (Quinn-Brady et al., 2013a; Rovere et al., 2016).

Gegenwärtig gehen Turniersportleistungen in die Zuchtwertschätzung der Deutschen Reiterlichen Vereinigung e. V. (FN) mit dem Rang innerhalb einer Prüfung ein, wobei zwischen Leistungen in Dressur- und Springsport differenziert wird (FN, 2015). Der in einer Turniersportprüfung erzielte Rang wird jeweils durch die Bildung der Quadratwurzel transformiert und geht als wiederholte Leistung in die Schätzung ein (Hassenstein, 1998). Die Heritabilitäten dieses Merkmals sind mit Schätzwerten von $h^2 = 0,08$ für Dressur und $h^2 = 0,04$ für Springen (vit, 2018) sehr niedrig, so dass ihre Verwendung als Selektionsmerkmale keinen schnellen züchterischen Fortschritt erwarten lässt. Aufgrund der Größe des deutschen Reitsportsektors stellt die Arbeit mit wiederholten Leistungen erhebliche Ansprüche an Rechen- und Speicherkapazitäten. Bei der Modellierung ist zu beachten, dass der individuelle Rang stark von der Interaktion zwischen Reiter und Pferd, dem Vermögen des Reiters, das Pferd optimal vorzustellen, und vielen weiteren zufälligen Effekten abhängig ist. Sowohl aus Sicht der Zuchtpraxis als auch unter technischen Gesichtspunkten besteht daher großes Interesse an Informationen, ob und wie alternative Definitionen und Auswertungsansätze von Leistungsmerkmalen einen Beitrag zur Stärkung der deutschen Reitpferdezucht leisten könnten.

In der vorliegenden Arbeit wurden demgemäß anhand umfangreichen aktuellen Datenmaterials aus dem deutschen Reitsport Merkmalsdefinitionen und Modelle für Turnierleistungen vergleichend untersucht und dem bisherigen Verfahren mit dem Merkmal transformierter Rang gegenüber gestellt. Ein zweiter Schwerpunkt der Arbeit war die Schätzung genetischer Parameter für die zuchtwertschätzrelevanten Merkmale aus den Leistungsprüfungen für Stuten (Zuchtstutenprüfung) und Hengste (Hengstleistungs- und Veranlagungsprüfungen). In Mehrmerkmalsanalysen zur Schätzung genetischer Korrelationen zwischen diesen Merkmalen und der Leistung im Turniersport gingen, aufbauend auf den Ergebnissen des ersten Teiles der Arbeit, die Merkmale höchstes erreichtes Niveau in der Dressur und höchstes erreichtes Niveau im Springen ein. Eine Gesamteinordnung zur Nutzung eines alternativen Leistungsmerkmals in der deutschen Reit- und Sportpferdezucht sollte somit protegiert werden.

2 Zucht des Deutschen Reitpferdes

Das Rahmenezuchtziel für die deutsche Reitpferdezucht, welches 1975 als gemeinsames Zuchtziel von den Mitgliedszuchtverbänden der Deutschen Reiterlichen Vereinigung e. V. formuliert wurde, lautet gemäß Zuchtverbandsordnung (ZVO, 2016, §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.“

Angelehnt an dieses Rahmenezuchtziel kann jeder Zuchtverband ein eigenes Zuchtziel definieren und in seinem Zuchtprogramm entsprechend verfolgen (Meinardus, 1995). Die Reitsporteignung der Pferde spielt dabei eine besondere Rolle, weshalb den Daten aus dem Turniersport und den daraus abgeleiteten Zuchtzielmerkmalen ein hoher Wert beigemessen wird. Außerdem sollen auch die in Leistungsprüfungen in Verantwortung der Zuchtverbände erhobenen Merkmale frühzeitige Informationen dazu liefern, um Zuchttiere unter Ausrichtung auf leistungsfähige Reitpferde für den Einsatz im Turniersport zu selektieren (Von Velsen-Zerweck, 1998). Zur Vorhersage der genetischen Veranlagung des Pferdes werden Zuchtwerte für die verschiedenen zuchtzielrelevanten Merkmale geschätzt.

2.1 Zuchtwertschätzung

Die Zuchtwertschätzung für das deutsche Reitpferd berücksichtigt neben Merkmalen der Zuchtstuten-, Hengstleistungs- und Veranlagungsprüfung aus dem Bereich Zucht auch Aufbau- und Turniersportprüfungen aus dem Bereich Sport und wird nach der Best Linear Unbiased Prediction (BLUP) Methode im Mehrmerkmalstiermodell durchgeführt. BLUP steht für beste lineare unverzerrte Vorhersage und ist ein Verfahren, welches 1950 von Charles Roy Henderson entwickelt wurde und die gleichzeitige Schätzung von fixen und zufälligen Effekten ermöglicht. Dabei wird eine möglichst erwartungstreue Schätzung und eine Vermeidung systematischer Unter- oder Überschätzungen bei gleichzeitiger Minimierung des Schätzfehlers angestrebt (FN, 2015). Durch den Mehrmerkmalsansatz werden die Varianzen und Kovarianzen zwischen den Merkmalen berücksichtigt und mittels des zufälligen Tiereffektes genetische Verknüpfungen zwischen den Tieren hergestellt.

Höhere Genauigkeiten der Zuchtwerte im Vergleich zum Einmerkmalsansatz können infolgedessen erwartet werden (Von Velsen-Zerweck, 1998).

Als Routinezuchtwertschätzung wurde für die deutsche Reitpferdezucht im Jahr 2001 die Integrierte Zuchtwertschätzung implementiert. Diese ermöglichte eine Zusammenführung aller aus den Leistungsprüfungen stammenden Informationen und ihre Nutzung für die Vorhersage der Reitsporteignung der Pferde (Von Velsen-Zerweck, 1998). Die Integration unterschiedlichster Leistungsmerkmale im Mehrmerkmalsmodell gewährleistete hierbei, dass genetische Korrelationen zwischen Einzelmerkmalen beziehungsweise Merkmalskomplexen optimal genutzt werden. Frühe, relativ genaue Zuchtwerte für Einzelmerkmale erlauben eine frühzeitige Selektion und damit eine Verkürzung des Generationsintervalls sowie eine Steigerung des Zuchtfortschrittes (Von Velsen-Zerweck, 1998). Die von 2001 bis 2015 jährlich vom Rechenzentrum vit im Auftrag der FN durchgeführte Integrierte Zuchtwertschätzung berücksichtigte insgesamt 15 Einzelmerkmale, die mittels unterschiedlicher Gewichtung zu zwei Gesamtzuchtwerten Dressur und Springen zusammengefasst wurden. Die Veröffentlichung der Gesamtzuchtwerte erfolgte für Hengste mit mindestens fünf Nachkommen in der Zuchtwertschätzung, die eine Zuchtwertsicherheit von mindestens 70 % erreichten (FN, 2015).

Im Jahr 2016 wurde die Integrierte Zuchtwertschätzung durch die FN Zuchtwertschätzung ersetzt. Anders als vorher werden nun anstelle der beiden Gesamtzuchtwerte für jede Disziplin ein Zuchtwert Turniersport und ein Zuchtwert Jungpferdeprüfungen publiziert. Der Zuchtwert Jungpferdeprüfungen wird durch unterschiedliche Gewichtung aus den Zuchtwerten der Aufbauprüfungen im Sport sowie der Zuchtstuten-, Veranlagungs- und Hengstleistungsprüfung ermittelt. Der Zuchtwert Turniersport wird unabhängig geschätzt und separat ausgewiesen.

Die in der FN Zuchtwertschätzung berücksichtigten Heritabilitäten und genetischen Korrelationen für die Merkmale aus den Prüfungsformen sind der Tabelle 1 zu entnehmen (vit, 2018). In den Abbildungen 1 und 2 ist die Einteilung der Jungpferdezuchtwerte Dressur und Springen in die jeweiligen Teil- und Einzelzuchtwerte und deren Gewichtungen dargestellt.

Tabelle 1: Heritabilitäten (Diagonale) und genetische Korrelationen (oberhalb Diagonale) der Leistungsmerkmale in der FN Zuchtwertschätzung (vit, 2018).

Merkmal		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
TSP	1 Springen	0,04	0,14											
	2 Dressur		0,08											
ABP	1 Springen	0,13	0,26	0,07	0,15	0,31	0,27	0,42	0,07	0,11	0,28	0,26	0,46	0,69
	2 Dressur		0,17	0,54	0,60	0,57	0,66	0,10	0,54	0,63	0,64	0,69	0,07	0,25
ZSP/ VA	3 Schritt			0,30	0,55	0,52	0,56	0,10	0,73	0,57	0,62	0,53	-0,04	0,04
	4 Trab				0,40	0,69	0,67	0,18	0,55	0,79	0,67	0,64	0,04	0,11
	5 Galopp					0,37	0,67	0,25	0,49	0,60	0,73	0,59	0,15	0,30
	6 Rittigkeit						0,32	0,17	0,57	0,68	0,72	0,77	0,02	0,18
	7 Freispringen							0,34	-0,08	0,04	0,12	0,06	0,87	0,77
	8 Schritt								0,37	0,65	0,62	0,58	-0,13	0,03
	9 Trab									0,52	0,74	0,75	-0,05	0,03
HLP	10 Galopp									0,44	0,72	0,17	0,29	
	11 Rittigkeit										0,42	0,04	0,19	
	12 Freispringen											0,41	0,86	
	13 Parcours- springen												0,34	

TSP- Turniersport, ABP- Aufbauprüfung, ZSP- Zuchtstutenprüfung, VA- Veranlagungsprüfung, HLP- Hengstleistungsprüfung

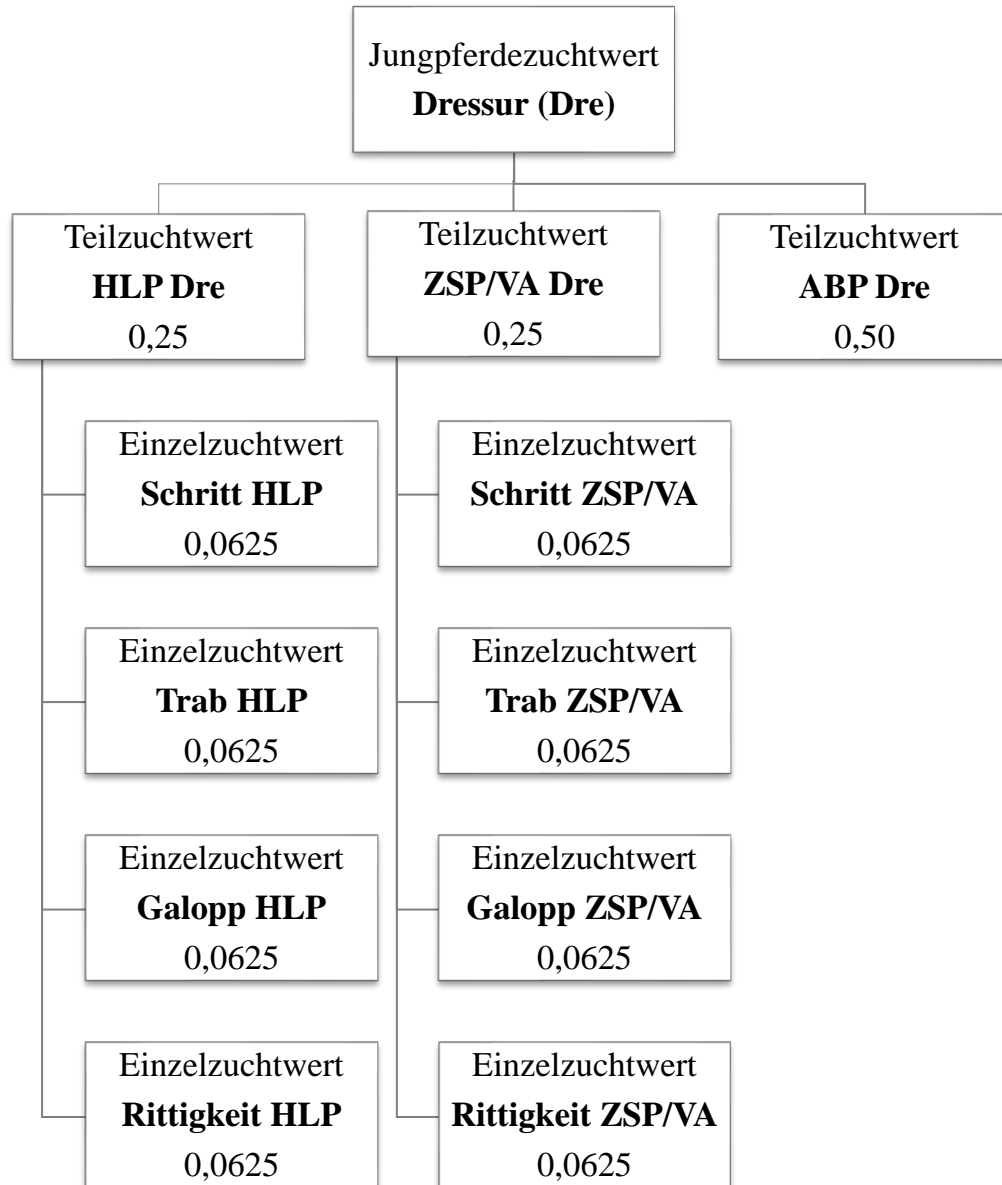


Abbildung 1: Zusammensetzung des Jungpferdezuchtwertes Dressur aus den jeweiligen Teil- und Einzelzuchtwerten sowie deren Gewichtung.

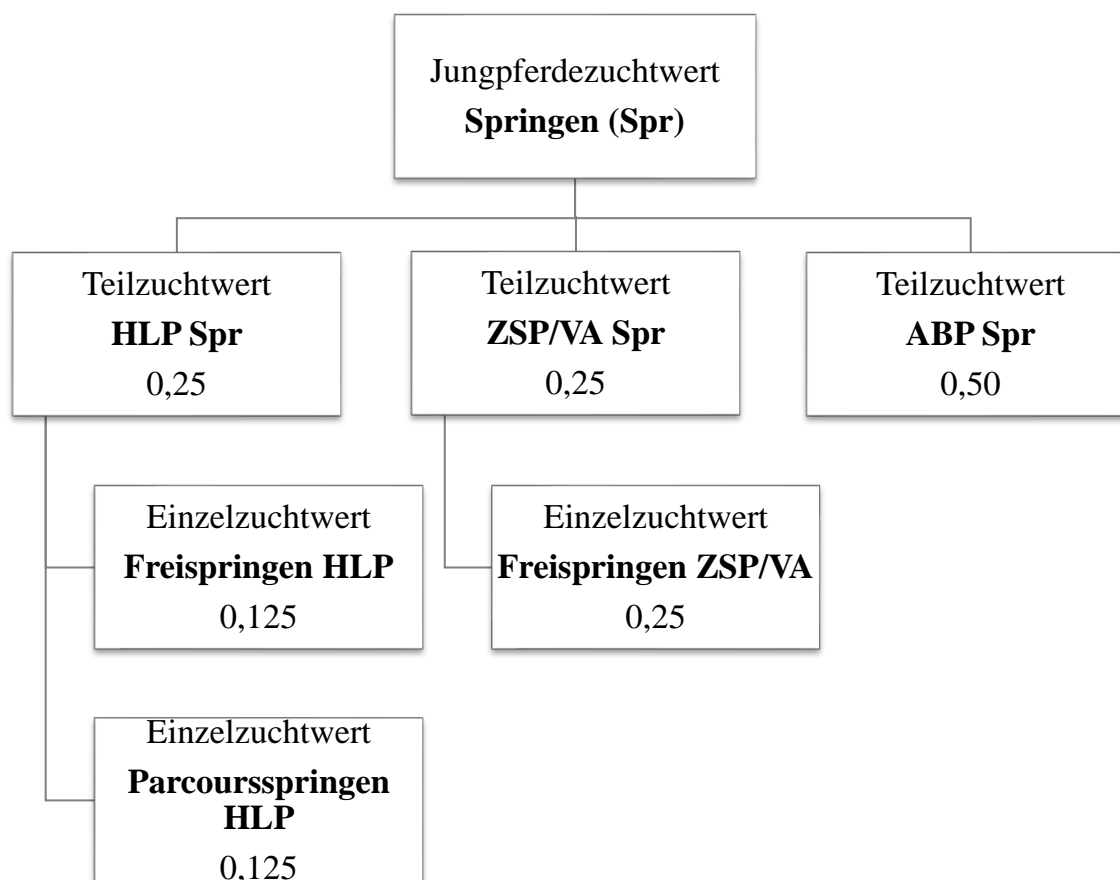


Abbildung 2: Zusammensetzung des Jungpferdezuchtwertes Springen aus den jeweiligen Teil- und Einzelzuchtwerten sowie deren Gewichtung.

2.2 Zuchtwertschätzrelevante Prüfungen

Leistungsinformationen zu Reitpferden werden durch die Zuchtverbände im Rahmen ihrer Zuchtprogramme erfasst. Die Entstehung und der Aufbau der Leistungsprüfungen sowie die Umstrukturierung der Hengstleistungsprüfung sind in der Literatur umfangreich dokumentiert (Christmann, 1996; Schade, 1996; Brockmann, 1998; Frevert, 2016). Im Folgenden wird daher ausschließlich auf die genetischen Parameter für die in den Leistungsprüfungen erhobenen Merkmale näher eingegangen.

2.2.1 Zuchtstutenprüfung

Die Beurteilung der Leistungen von Stuten im Rahmen der Zuchtstutenprüfungen kann auf Station und im Feld erfolgen. Während Stationsleistungsprüfungen eine genauere Erfassung

der individuellen Leistung aller Stuten eines Prüfungsdurchganges unter gleichen Umweltbedingungen versprechen, sind Leistungsprüfungen im Feld stärkeren Umwelteinflüssen ausgesetzt (Brockmann, 1998; Von Velsen-Zerweck, 1998). Die Gestaltung, der Ablauf, die Datenerfassung und die unterschiedliche Gewichtung der Merkmale können zwischen den Zuchtstutenprüfungen in den einzelnen Zuchtverbänden stark variieren. Jeder Zuchtverband bewertet allerdings die wesentlichen Leistungsmerkmale Grundgangarten, Rittigkeit und Freispringen mit einer einheitlichen Bewertungsskala von 1,0 bis 10,0 (Köhnke, 1998). Die in der Literatur angegebenen Heritabilitäten für Merkmale der Zuchtstutenprüfung sind in Tabelle 2 aufgeführt. Die Schätzwerte liegen in der Größenordnung von $h^2 = 0,27$ bis $h^2 = 0,41$, wobei verbandsübergreifende Analysen nahezu identische Ergebnisse lieferten (Brockmann, 1998; Lührs-Behnke, 2005). Die Schätzung für die in den Pferdezuchtverbänden Brandenburg-Anhalt und Sachsen-Thüringen geprüften Stuten (Schöpke, 2011) ergab im Vergleich zu den Ergebnissen der im Hannoveraner Verband geprüften Stuten (Christmann, 1996) eine geringere Heritabilität für das Merkmal Rittigkeit und eine höhere Heritabilität für den Trab. In allen aufgeführten Studien ging der fixe Effekt des Prüfungsdurchganges in das Schätzmodell ein, wobei sich dieser bei Feldprüfungen aus dem Ort, dem Jahr und der Saison und bei Stationsprüfungen aus dem Jahr und der Saison zusammensetzte (Christmann, 1996). Neben dem Prüfungsdurchgang wurden auch die fixen Effekte Prüfmart (Feld, Station) und das Alter der Stuten im Modell berücksichtigt (Schöpke, 2011).

Tabelle 2: Heritabilitäten für Merkmale der Zuchtstutenprüfung aus der Literatur.

Zuchtverband	Hannover	Bayern, Hannover, Holstein, Oldenburg, Trakehner, Westfalen	15	Brandenburg- Anhalt, Sachsen- Thüringen
Zeitraum	1987-1993	1991-1995	1986-2001	1990-2006
N Stuten	5.347	8.726	40.670	2.756
Fixe Effekte	Ort*Jahr* Saison (Feld) Jahr*Saison (Station)	Ort*Jahr*Saison	Prüfung	Prüfart, Alter, Ort*Jahr*Saison
Modell	lineares Tiermodell			
Methode	multivariat	univariat		multivariat
Schritt	0,27	0,27	0,27	0,29
Trab	0,37	0,36	0,38	0,46
Galopp	0,30	0,35	0,34	0,28
Rittigkeit	0,30	0,30	0,29	0,18
Freispringen	0,41	0,37	0,32	0,41
Autor	Christmann, 1996	Brockmann, 1998	Lührs- Behnke, 2005	Schöpke, 2011

2.2.2 Beziehungen zwischen Zuchtstutenprüfung und Turniersport

Auch Schätzwerte der genetischen Korrelationen zwischen Merkmalen der Zuchtstutenprüfung und der Turniersportprüfungen liegen aus früheren Arbeiten vor (Brockmann, 1998; Von Velsen-Zerweck, 1998; Lührs-Behnke, 2005). Als Turniersportmerkmal wurde der transformierte Rang oder die logarithmierte Gewinnsumme untersucht, wobei beide Merkmale in der Dressur mittlere bis hohe genetische Beziehungen zu den Dressurmerkmalen aus der Stutenleistungsprüfung erkennen ließen (Brockmann, 1998; Lührs-Behnke, 2005). Im Gegensatz dazu ergab sich für den Turniersport Springen, dass das Merkmal Freispringen eine mittlere genetische Beziehung zur logarithmierten Gewinnsumme (Brockmann, 1998), aber eine geringe genetische Korrelation zum transformierten Rang zeigte (Lührs-Behnke, 2005).

2.2.3 Leistungsprüfungen für Hengste

Seit 1974 ist nach dem Tierzuchtgesetz geregelt, dass Hengste eine Eigenleistungsprüfung zur Feststellung ihres Zuchtwertes absolvieren müssen (Schade, 1996). Im Laufe der Zeit erfuhren die Leistungsprüfungen für Hengste zahlreiche Modifizierungen, wie beispielsweise die Verkürzung des Prüfungszeitraums oder die Beschränkung auf ausgewählte Prüfstationen (Frevert, 2016; FN, 2018). Dadurch wurde eine bessere Vergleichbarkeit zwischen Prüfungen an unterschiedlichen Prüfungsstationen und -orten und eine genauere Schätzung des genetischen Potentials der Hengste erzielt. In den HLP-Richtlinien für Leistungsprüfungen von Hengsten der Deutschen Reitpferdezuchten sind unter anderem die Anforderungen, der Ablauf und die zu prüfenden Merkmale festgelegt (FN, 2018).

Die Schätzung genetischer Parameter für Merkmale der Hengstleistungsprüfung erfolgte anhand der Ergebnisse ausgewählter Prüfungsanstalten für Hengste der Zuchtgebiete Hannover (Schade, 1996) und Holstein (Kühl, 1991) sowie aller Zuchtgebiete (Brockmann, 1998; Lührs-Behnke, 2005). Die Heritabilitäten der Untersuchungen lagen mit $h^2 = 0,25 - 0,51$ im mittleren bis hohen Bereich (Tabelle 3). Die Schätzwerte aus der Hengstleistungsprüfung in den Stationen Adelheidsdorf und Medingen (Kühl 1991; Schade, 1996) lagen in einem niedrigeren Bereich als die Ergebnisse für die Prüfungen auf Basis der Daten aus allen Leistungsprüfungsanstalten (Brockmann, 1998; Lührs-Behnke, 2005). Als ursächlich kommen hierbei Unterschiede in Betracht, die einerseits mit Datenumfang, -herkunft und -struktur zusammenhängen sowie andererseits auf die Schätzmethodik und die verwendeten statistischen Modelle zurückzuführen sind. So wurde beispielsweise Anfang der 1990er Jahre ein Vatermodell angewandt (Kühl, 1991), nachfolgend dagegen ein Tiermodell. Desweiteren wurde in den einzelnen Studien der Prüfungsdurchgang unterschiedlich definiert und setzte sich aus den Effekten Station*Jahr (Kühl, 1991), Ort*Jahr*Saison (Schade, 1996) oder Ort*Jahr*Durchgang (Brockmann, 1998) zusammen. Das Alter der Hengste wurde zudem nur in einer Studie berücksichtigt (Schade, 1996).

Tabelle 3: Heritabilitäten für Merkmale der Hengstleistungsprüfung aus der Literatur.

Prüfstation	Adelheidsdorf, Medingen	Adelheidsdorf, Medingen	8 Stationen	alle
Zeitraum	1976-1987	1976-1993	1986-1995	1986-2001
N Hengste	674	2.207	2.815	4.527
Fixe Effekte	Station*Jahr	Ort*Jahr*Gruppe, Altersklasse	Ort*Jahr* Durchgang	Prüfung
Modell	lineares Vatermodell		lineares Tiermodell	
Methode	univariat			
Schritt		0,25	0,34	0,34
Trab		0,37	0,45	0,51
Galopp		0,33	0,36	0,42
Rittigkeit	0,37	0,30	0,44	0,41
Freispringen	0,40	0,42	0,47	0,39
Parcours- springen	0,41	0,38	0,38	0,33
Autor	Kühl, 1991	Schade, 1996	Brockmann, 1998	Lührs-Behnke, 2005

2.2.4 Beziehungen zwischen Leistungsprüfungen für Stuten, Hengste und Turniersport

Bei der Schätzung genetischer Korrelationen zwischen Merkmalen der Hengstleistungs- und Zuchtstutenprüfung ist zu beachten, dass die Merkmale zwar analog definiert sind und erfasst werden, die Hengstleistungsprüfung jedoch im Vergleich zur Zuchtstutenprüfung von einer bei weitem stärker vorselektierten Stichprobe von Pferden absolviert wird. Einflüsse der Datenstruktur mögen auch zu einer gewissen Uneinheitlichkeit der Ergebnisse genetischer Korrelationsanalysen beigetragen haben. Mittlere bis hohe genetische Korrelationen zwischen analogen Merkmalen der beiden Prüfungsformen von $r_g = 0,83 - 0,96$ unterstützen die Annahme einer genetisch einheitlichen Grundlage der Merkmale aus Hengstleistungs- und Zuchtstutenprüfung (Schade, 1996). Andere Autoren konstatierten mit Korrelationskoeffizienten von $r_g = 0,74 - 0,89$ zwar ebenfalls eine große Ähnlichkeit, grenzten die Merkmale aber klar voneinander ab (Brockmann, 1998).

Die Schätzwerte der genetischen Korrelationen zwischen den Merkmalen der Hengstleistungsprüfung und dem transformierten Rang im Turniersport lagen auf niedrigem bis hohem genetischen Niveau mit Werten von bis zu $r_g = 0,88$ für den Dressursport und $r_g = 0,58$ für den Springsport (Lührs-Behnke, 2005). Der Schritt stellte sich als leicht negativ und die Dressurmerkmale als leicht positiv korreliert mit dem Sportmerkmal im Springen dar.

Gleichzeitig stand die mittlere positive genetische Korrelation der Springmerkmale der Hengstleistungsprüfung zum Springen im Turniersport ($r_g = 0,50 - 0,58$) den Ergebnissen für die Dressur gegenüber, wo für alle Dressurmerkmale enge genetische Beziehungen zum Sportmerkmal ermittelt wurden. Zwischen den Springmerkmalen und der Dressur im Turniersport ergaben die Schätzungen allenfalls schwache genetische Korrelationen ($r_g = -0,05 - +0,11$; Lührs-Behnke, 2005).

2.2.5 Aufbauprüfungen

Aufbauprüfungen dienen im Reitsport der Vorbereitung vier- bis siebenjähriger Pferde auf ihren späteren Einsatz in Turniersportprüfungen, wobei die Veranlagung des Pferdes unter turniersportähnlichen Bedingungen beurteilt wird (LPO, 2013).

In früheren Studien wurden die logarithmierte Gewinnsumme pro Platzierung und die Wertnote als Leistungsmerkmale für Aufbauprüfungen untersucht. Diese wurden im statistischen Modell auf die fixen Effekte Prüfung und Geschlecht*Altersklasse sowie den zufälligen Effekt des Pferdes und den zufälligen permanenten Umwelteffekt korrigiert (Brockmann, 1998; Lührs-Behnke, 2005). Der Reiter wurde entweder über den Effekt seiner Leistungsklasse innerhalb Jahr (Brockmann, 1998) oder, wenn er mindestens 30 Starts mit drei Pferden pro Jahr vorweisen konnte, individuell als Effekt berücksichtigt (Lührs-Behnke, 2005). Die Heritabilitätsschätzwerte, die für die logarithmierte Gewinnsumme pro Platzierung geschätzt wurden, lagen in der Dressur bei $h^2 = 0,19$ und im Springen bei $h^2 = 0,12$ (Brockmann, 1998). Für die Wertnote ergaben sich Schätzwerte von $h^2 = 0,12$ in der Dressur und $h^2 = 0,11$ im Springen (Lührs-Behnke, 2005).

2.2.6 Beziehungen zwischen Aufbauprüfungen und Turniersport

Die genetischen Korrelationen zwischen der Wertnote aus den Aufbauprüfungen und dem transformierten Rang im Turniersport der jeweiligen Disziplin lagen bei $r_g = 0,96$ für Dressurleistungen und bei $r_g = 0,89$ für Springleistungen. Zwischen dem Springsport und den Aufbauprüfungen Dressur beziehungsweise dem Dressursport und den Aufbauprüfungen Springen waren dagegen keine nennenswerten genetischen Beziehungen nachzuweisen (Lührs-Behnke, 2005).

2.3 Merkmale für Turniersportleistungen in Deutschland

In Deutschland wurden erstmals 1988 Zuchtwerte für Leistungen im Turniersport für Warmbluthengste geschätzt und evaluiert (Meinardus, 1988). Es lagen zu diesem Zeitpunkt Informationen zu 9,5 Millionen Starts und 2,5 Millionen Platzierungen aus den Disziplinen Springen, Dressur, Vielseitigkeit und Fahren vor, die von 1967 bis 1986 von der Deutschen Reiterlichen Vereinigung e. V. (FN) erfasst und gespeichert wurden. Anhand dieser erfolgte die Definition verschiedener Leistungsmerkmale, die vergleichend untersucht wurden: Prüfungsniveau (Logarithmus der Gesamtgewinnsumme einer Prüfung), Anzahl Platzierungen (Summe pro Jahr), absolute und relative Platzzahl (platzierte Pferde erhalten absteigend 10 Punkte für den 1. Platz, 9 Punkte für den 2. Platz usw., relative Platzzahl berücksichtigt Größe des Starterfeldes), natürlicher Logarithmus der Gewinnsumme der Platzierung und verschiedene Transformationen der jährlichen Gewinnsumme. Die logarithmierte Gewinnsumme der Platzierung erwies sich letztendlich als das geeignete Merkmal zur Beschreibung der Turnierleistungen. Dieses wurde aufgrund begrenzter Rechenkapazität auf den fixen Effekt des Reiters, welcher über seine Leistungsklasse berücksichtigt wurde, vorkorrigiert. Das Schätzmodell beinhaltete die fixen kombinierten Effekte Geschlecht*Alter und Saison*Jahr*Region sowie den zufälligen Vätereffekt. Bei der Parameterschätzung ergaben sich Heritabilitäten von $h^2 = 0,10$ für Dressur und $h^2 = 0,17$ für Springen (Meinardus, 1988).

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurde das Merkmal logarithmierte Gewinnsumme pro Platzierung für das Jahr 1993 an einem Datenmaterial von 295.126 Platzierungen in Dressur und 191.442 Platzierungen im Springen weitergehend untersucht (Von Velsen-Zerweck, 1998; Schade, 1996). In das dabei verwendete lineare Tiermodell gingen neben dem fixen kombinierten Effekt Geschlecht*Alter auch der fixe Effekt der Veranstaltung sowie der zufällige permanente Umwelteffekt ein (Schade, 1996). Aufgrund des Verlustes an additiv-genetischer Varianz wurde auf den Reitereffekt im Modell verzichtet (Von Velsen-Zerweck, 1998). Die Schätzwerte der Heritabilitäten lagen mit $h^2 = 0,11$ für Dressur und $h^2 = 0,10$ für Springen in ähnlicher Größenordnung wie die zuvor im Vatermodell ermittelten Ergebnisse.

Beim Vergleich und bei der Interpretation der Ergebnisse genetischer Analysen von Sportdaten für deutsche Reitpferde ist zu bedenken, dass vollständige Turnierleistungen erst seit 1995 vom Turnierorganisations- und Informationssystem (TORIS) erfasst und gespeichert

werden, so dass die kompletten Ergebnislisten aller in einer Prüfung gestarteten Pferde flächendeckend bereitgestellt werden konnten. Zuvor war dies nur für einen Teil der Prüfungen gewährleistet und die verfügbaren Informationen beschränkten sich vielfach auf die platzierten Pferde. Der Informationsgewinn durch TORIS ermöglichte die Etablierung des derzeit in Deutschland verwendeten Merkmals Rang innerhalb Prüfung (Hassenstein, 1998). Die Grundlagen wurden anhand von Daten aus dem Zeitraum 1993 bis 1996 erarbeitet, für die vollständig rangierte Starterfelder vorlagen: 2.018.542 Ergebnisse aus dem Springsport und 791.952 Ergebnisse aus dem Dressursport. Der Rang innerhalb einer Prüfung wurde durch die Bildung der Quadratwurzel transformiert, um den höheren Konkurrenzdruck auf den vorderen Rangplätzen einzubeziehen und die Vergleichbarkeit über Prüfungen hinweg zu gewährleisten. Die Berücksichtigung der Starterfeldgröße erfolgte über den fixen Effekt der Prüfung im Schätzmodell. Weitere Einflussfaktoren waren der fixe kombinierte Effekt aus Alter*Geschlecht, der fixe Effekt des Reiters, der zufällige Tiereneffekt sowie der zufällige permanente Umwelteffekt (Hassenstein, 1998). Der Tatsache, dass die Trennung von Reiter- und Tiereneffekt nur möglich ist, wenn ein Reiter mit mehreren Pferden im Datenmaterial vertreten ist, wurde durch ein differenziertes Vorgehen Rechnung getragen: Individuell wurde ein Reiter über seine Reiternummer im Modell berücksichtigt, sofern er im Auswertungszeitraum Ergebnisse mit mindestens vier Pferden beigesteuert hatte. Alle anderen Reiter wurden über ihre jeweilige Leistungsklasse innerhalb Jahr einbezogen. Die Schätzung der genetischen Parameter erfolgte separat für jede Klasse (Prüfungsklassen A bis S) und über alle Klassen hinweg. Die Heritabilitäten lagen innerhalb der einzelnen Prüfungsklassen im Bereich von $h^2 = 0,10 - 0,20$ in Dressur und $h^2 = 0,06 - 0,16$ im Springen. Die Parameterschätzung über alle Prüfungsklassen ergab Heritabilitäten von $h^2 = 0,11$ in Dressur und $h^2 = 0,05$ im Springen (Hassenstein, 1998).

Lühns-Behnke (2005) untersuchte später den transformierten Rang als $y^* = 11 - (y)^{1/2}$ anhand von 3.515.070 Springleistungen und 1.408.654 Dressurleistungen des Zeitraums 1995 bis 2001. Das statistische Modell orientierte sich an der Arbeit von Hassenstein (1998), allerdings wurde der Reiter nur dann individuell als Effekt einbezogen, wenn für diesen wenigstens 50 Starts mit fünf Pferden pro Jahr vorlagen. Heritabilitäten von $h^2 = 0,03$ im Springen und $h^2 = 0,06$ in der Dressur wurden anhand eines Subdatensatzes, welcher nur Sportleistungen mit hoher Prüfungsgröße umfasste, geschätzt (Lühns-Behnke, 2005).

An den Ergebnissen der Analysen von Lührs-Behnke (2005) orientierte sich auch die Routinezuchtwertschätzung für Reitpferde, in die Turniersportleistungen somit seit den 2000er Jahren über den transformierten Rang eingehen. Die Verteilung des Merkmals ist in der folgenden Abbildung 3 anhand aktuellen Datenmaterials des Zeitraums 1995 bis 2014 dargestellt:

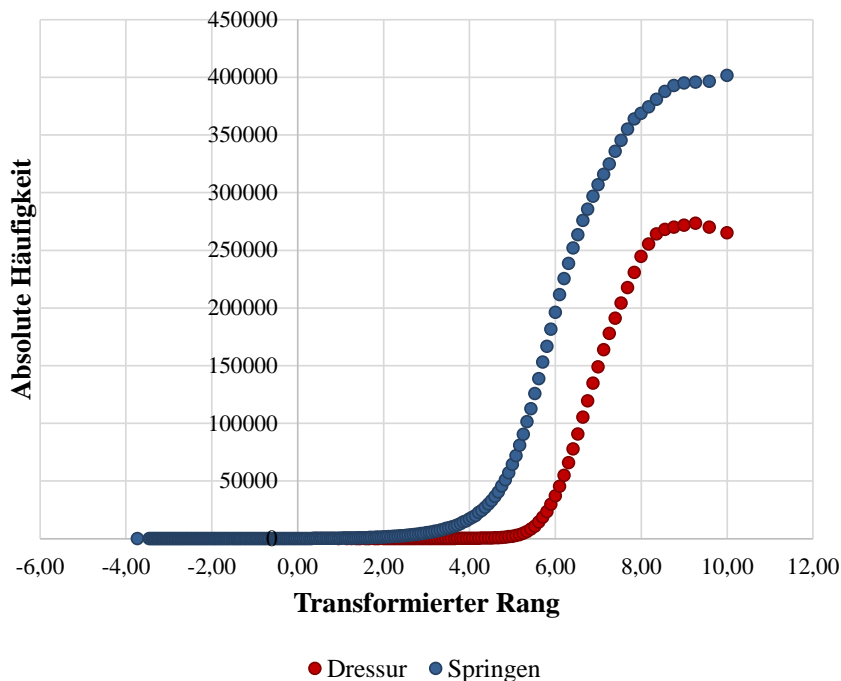


Abbildung 3: Verteilung des Leistungsmerkmals transformierter Rang in Daten aus dem deutschen Reitsport.

2.4 Merkmale für Turniersportleistungen im Ausland

Die Routinezuchtwertschätzungen für Reitpferde unterscheiden sich zwischen den Ländern sehr stark. Zum einen werden verschiedene Schätzmethoden (univariat, bivariat oder multivariat) verwendet, zum anderen differieren die Anwendungen hinsichtlich der berücksichtigten Prüfungsformen (Sport- und Leistungsprüfungen junger Pferde) sowie der Definition der Sportmerkmale. In den Niederlanden, Irland und Schweden wird die Lebensleistung als Merkmal für Turnierleistungen verwendet (Huizinga et al., 1989; Wikström et al., 2005; Quinn-Brady et al., 2013a,b). In Frankreich, Dänemark und Belgien geht hingegen die Leistung innerhalb einer Prüfung als wiederholte Beobachtung (Leistung) eines Pferdes in die Zuchtwertschätzung ein (Ricard und Chanu, 2001; Vandenplas et al.,

2013; Jönsson et al. 2014). Die folgende Tabelle 4 zeigt eine Übersicht einiger Sportmerkmale, die in ausgewählten Ländern in der Zuchtwertschätzung Verwendung finden.

Tabelle 4: Merkmale für Leistungen im Turniersport in Routinezuchtwertschätzungen für Reitpferde in verschiedenen Ländern.

Land	Disziplin	Merkmal	Heritabilität	Studie
Schweden	Dressur, Springen	Lebenspunktesumme	0,16 - 0,28	Wikström et al., 2005
Frankreich	Springen	Rang	0,16	Tavernier, 1991
Belgien	Springen	Rang	0,10	Janssens et al., 1997
Dänemark	Dressur	Rangpunkte	0,16	Jönsson et al., 2014
	Springen	Rang	0,07 - 0,10	Aldridge et al., 2000
Irland	Springen	Höchstes Niveau	0,28	Quinn-Brady et al., 2013a,b
Niederlande	Dressur, Springen	Höchste erreichte Leistung	0,25 - 0,28	Rovere et al., 2016

2.4.1 Schweden

Die Zuchtwertschätzung für Reitpferde in Schweden basiert seit 1986 auf Merkmalen aus Leistungsprüfungen für junge Pferde (Riding Horse Quality Tests für vier- / fünfjährige Pferde), bei denen Exterieur, Gangarten, Rittigkeit und Springeignung bewertet werden (Árnason, 1987). Erst seit 2006 wird das Merkmal Lebenspunktesumme, welches auf Untersuchungen der Arbeitsgruppe Wikström et al. (2005) zurückzuführen ist, für Leistungen im Dressur- und Springsport in der Zuchtwertschätzung für das Schwedische Warmblut berücksichtigt (Olsson et al., 2008). Die Swedish Equestrian Federation vergab zunächst platzierten Pferden, die sich unter den besten 20 % befanden, und später auch allen anderen Pferden, sogenannte "upgrading points", die mit besserer Platzierung und höherem Prüfungsniveau, auf dem sie erzielt wurde, ansteigen (Olsson et al., 2008; Viklund et al., 2010). Wird eine bestimmte Punktesumme erreicht, steigen die Pferde in die nächsthöhere Leistungsstufe auf und dürfen an den leichteren Turnierprüfungen nicht mehr teilnehmen (Viklund et al., 2010). Das Merkmal Lebenspunktesumme ist als logarithmierte Summe der "upgrading points" definiert und wird im Schätzmodell auf die fixen Effekte Geschlecht und Geburtsjahr sowie den zufälligen Effekt des Pferdes korrigiert. Die Heritabilitäten liegen bei $h^2 = 0,16$ für Dressur und $h^2 = 0,28$ für Springen (Wikström et al., 2005). Das

Zuchtwertschätzmerkmal für den Turniersport in Schweden reflektiert damit einerseits die Qualität der erbrachten Leistung (Prüfungsniveau, Platzierung) und andererseits die Leistungskontinuität im Sport. Letztere lässt sich auch als Aspekt der Langlebigkeit (Nutzungsdauer) interpretieren, die ein wesentlicher Bestandteil des Zuchtziels ist und sich in unterschiedlichen Möglichkeiten, "upgrading points" zu sammeln, widerspiegelt (Viklund et al., 2015).

Neben der aufaddierten Punkte bezogen die schwedischen Untersuchungen als alternative Sportmerkmale die Summe der Platzierungen sowie den Quotienten aus Punkten und Platzierungen ein, der als mittlere Punktzahl pro Platzierung zu verstehen ist (Viklund et al., 2010; Wikström et al., 2015). Hierbei ergaben sich übereinstimmend Heritabilitätsschätzwerte von $h^2 = 0,15$ (Dressur) und $h^2 = 0,26$ (Springen) für das Merkmal Summe der Platzierungen und $h^2 = 0,12$ (Dressur) und $h^2 = 0,18$ (Springen) für das Merkmal mittlere Punktzahl.

In den Nachbarländern Norwegen und Finnland werden derzeit routinemäßig keine Zuchtwerte geschätzt, weshalb 2015 ein gemeinsames Projekt zur Untersuchung der "lifetime results" in den nordischen Ländern Schweden, Norwegen, Dänemark und Finnland initiiert wurde, die mit vergleichbaren Punktesystemen arbeiten. Ziel dieses Projektes namens Nordic Interstallion war die Etablierung einer länderübergreifenden Zuchtwertschätzung (Viklund et al., 2015). Die Schätzwerte für die einzelnen Länder reichten von $h^2 = 0,14$ bis $h^2 = 0,55$ in der Dressur und von $h^2 = 0,25$ bis $h^2 = 0,42$ im Springen. Die höchsten Schätzwerte ergaben sich hierbei für Finnland (Springen) und Norwegen (Dressur) und somit Länder, die insgesamt geringe Datenmengen (Informationen zu rund 3.000 Pferden) zur Zuchtwertschätzung beigesteuert hatten, was eine vorsichtige Interpretation nahelegt. Länderübergreifende Schätzwerte lagen mit $h^2 = 0,16$ für Dressur und $h^2 = 0,27$ für Springen im mittleren Bereich, was die Eignung des Merkmals "lifetime results" für eine gemeinsame nordische Routinezuchtwertschätzung für Reitpferde belegte (Viklund et al., 2015).

2.4.2 Belgien

In Belgien wurde 1998 eine Zuchtwertschätzung für Springpferde auf der Grundlage von Sportdaten implementiert (Vandenplas et al., 2013). Diese basierte zunächst auf Leistungen aus der 1990 eingeführten "Cycle Classique" Prüfungen, die als Turnierprüfungen für vier- bis siebenjährige Pferde ausgerichtet und altersspezifisch angeboten werden. In der Praxis dienen sie vor allem als Selektionsgrundlage für Hengste (Janssens et al., 1997). Später

wurden auch Ergebnisse aus Freizeitspringprüfungen und nationalen Springprüfungen in die Zuchtwertschätzung integriert (Janssens, 2017). Als Leistungsmerkmal für die "Cycle Classique" wurde der nach Blom Methode transformierte Rang verwendet, was einen Heritabilitätsschätzwert von $h^2 = 0,10$ bei einer Wiederholbarkeit von $w^2 = 0,27$ ergab (Janssens et al., 1997).

2.4.3 Dänemark

Die derzeitige Routinezuchtwertschätzung für Reitpferde in Dänemark beruht auf den Ergebnissen der Leistungsprüfungen für junge Pferde (Exterieur, Gangarten, Rittigkeit, Springen) sowie der Meisterschaften für junge Pferde in Dressur und Springen (Thorén Hellsten et al., 2009, Jönsson et al., 2014). Zudem gehen in die Routinezuchtwertschätzung Leistungen aus Turniersportprüfungen als wiederholte Beobachtungen über die Rangpunkte, die mit Hilfe der Formel $y = 11 - \sqrt{\text{Platzierung} - (6 - \text{Schwierigkeitsklasse}) * 5}$ berechnet werden, ein (Jönsson et al., 2014). Die Transformation ermöglicht eine Aufwertung einer guten Platzierung auf hohem Niveau gegenüber der entsprechenden Platzierung auf niedrigerem Niveau. Die Heritabilitäten für die wiederholten Rangpunkte lagen bei $h^2 = 0,16$ in Dressur und bei $h^2 = 0,07$ im Springen (Jönsson et al., 2016).

2.4.4 Niederlande

Das Zuchtziel des vom Dutch Royal Warmblood Studbook betreuten niederländischen Sportpferdes ist die erfolgreiche Teilnahme bis zum hohen Niveau (auch international) in Turniersportprüfungen der Disziplinen Dressur und Springen (KWPN, 2016). Dementsprechend interessiert in erster Linie die höchste erreichte Leistung eines Pferdes im Sport, und nur diese geht derzeit auch in die Zuchtwertschätzung ein. Das als "highest level" bezeichnete Merkmal für die höchste Leistung im Turniersport geht auf Untersuchungen von Huizinga et al. (1989) zurück, wobei eine durch den Sportverband vergebene Kombination aus Buchstaben und Zahlen zu Auswertungszwecken in eine lineare Skala transformiert wurde (Huizinga et al., 1989).

Aktuell wird die höchste Leistung im Turniersport von der Royal Dutch National Equestrian Federation durch die "winning points" ausgedrückt. Dabei ist die Anzahl an Punkten in der Dressur abhängig von der Bewertung durch die Prüfungskommission. Werden mehr als 70 %

erreicht, erhält das Pferd drei Punkte, bei einer Leistung von 65 - 70 % zwei Punkte und bei 60 - 65 % nur einen Punkt. Im Springen werden zwei Punkte bei einem fehlerfreien Ritt und ein Punkt bei maximal zwei Fehlern vergeben. Das Niveau der Prüfung und die Punkte, die auf diesem Niveau gewonnen wurden, bilden die höchste Punktzahl („highest score“) und damit die höchste erreichte Leistung eines Pferdes (Rovere et al., 2016). Diese höchste Punktzahl geht dann als Leistungsmerkmal in die Zuchtwertschätzung ein. Als Einflussfaktoren werden im Schätzmodell der fixe kombinierte Effekt aus Alter*Geschlecht und der zufällige additiv-genetische Tiereffekt berücksichtigt (Ducro et al., 2007). Aktuelle Untersuchungen bezogen auch die Modellierung der Effekte Jahr des Erreichens der höchsten Punktzahl und Vollblutanteil ein (Rovere et al., 2016). Die geschätzten Heritabilitäten variierten in den Untersuchungen zwischen $h^2 = 0,14$ für Dressur und Springen (Ducro et al., 2007) und $h^2 = 0,25$ für Dressur und $h^2 = 0,28$ für Springen (Rovere et al., 2016).

2.4.5 Frankreich

Seit 1976 werden in Frankreich routinemäßig Zuchtwerte für die Disziplin Springen geschätzt (Dubios und Ricard, 2007). Die Leistung wird dabei über die logarithmierte jährliche Gewinnsumme erfasst (Langlois, 1980). Eine Zuchtwertschätzung für die Disziplinen Dressur und Vielseitigkeit wurde erst 1999 umgesetzt (Dubois und Ricard, 2007).

Tavernier (1990,1991) entwickelte eine Methode, Zuchtwerte eines Pferdes anhand seines Ranges innerhalb einer Prüfung zu schätzen, bei der angenommen wird, dass der Rang in Relation zur tatsächlichen Leistung des Pferdes, die als solche nicht gemessen werden kann, steht, und durch eine zugrunde liegende kontinuierliche Variable ausgedrückt wird. Der Rang wird dabei als abhängig vom Wert dieser kontinuierlichen Variablen in Relation zu anderen Pferden, die in der gleichen Prüfung gestartet sind, betrachtet. Das Modell berücksichtigt dadurch sowohl die Konkurrenz als auch das Niveau der jeweiligen Prüfung. Für das derart definierte Rangmerkmal im Springsport wurde eine Heritabilität von $h^2 = 0,16$ geschätzt (Tavernier, 1991).

2.4.6 Irland

In Irland wurde vor 1995 keine leistungsorientierte Zuchtwertschätzung für Reitpferde durchgeführt. Die Züchter selektierten Pferde anhand ihrer kumulativen Lebenspunkte, die

von der Show Jumping Association of Ireland vergeben und ausgewiesen wurden. Für die Zuchtwertschätzung ist dieses Merkmal insofern nur bedingt geeignet, als nur platzierte Pferde Punkte erhalten und diese nicht nach der Anzahl der Starter gewichtet wurden (Reilly et al., 1998). Da damit unbeachtet bleibt, ob ein Pferd sich als das Beste aus 10 oder 50 erwiesen hat, wurde der erzielte Rang als Merkmal für Springleistungen untersucht (Reilly et al., 1998). Die Ableitung erfolgte aus der Anzahl Fehler und der benötigten Zeit im Umlauf eines Parcours, die Starterfeldgröße jeder Prüfung wurde durch eine Transformation des Ranges berücksichtigt. Im statistischen Modell gingen die fixen Effekte Geschlecht, Prüfungsklasse und Alter (über eine lineare Regression) sowie der zufällige additiv-genetische Effekt des Pferdes und der permanente Umwelteffekt ein. Es ergab sich eine Heritabilität von $h^2 = 0,08$ (Reilly et al., 1998).

In einer späteren Studie wurden die genetischen Parameter für den Rang separat für jede Schwierigkeitsklasse (niedriges, mittleres und hohes Niveau) untersucht (Aldridge et al., 2000). Hierbei ergaben sich mit zunehmendem Anforderungsniveau ansteigende Heritabilitäten von $h^2 = 0,07 - 0,10$. Aufgrund enger genetischer Beziehungen zwischen dem niedrigen beziehungsweise mittleren und dem hohen Niveau stellten sich die Ergebnisse der leichten bis mittleren Schwierigkeitsklassen als geeignet dar, um das genetische Potential des Pferdes für eine Leistung auf hohem Niveau vorhersagen zu können (Aldridge et al., 2000).

Im Zuchtprogramm des irischen Sportpferdes wurden 2009 Änderungen vorgenommen, so dass nunmehr jedes Pferd für seine höchste Leistung Sterne erhält. Dieses Sternesystem wurde genutzt, um das Merkmal "lifetime performance rating" als Bewertung der Lebensleistung im Springsport zu definieren und auch für die Zuchtwertschätzung zu verwenden (HSI, 2015).

Internationale Turnierergebnisse Irischer Sportpferde in das Merkmal "lifetime performance rating" einzubinden, wurde in Bezugnahme auf das höchste erreichte Niveau untersucht. Während Hindernishöhe und Schwierigkeitsgrad einer Prüfung das Niveau festlegten, galt das höchste Niveau als erfolgreich erreicht, wenn ein Pferd auf diesem zwei doppelte fehlerfreie Runden absolviert hatte. Für dieses Merkmal der Lebensleistung im Springsport wurde eine Heritabilität von $h^2 = 0,28$ ermittelt (Quinn-Brady et al., 2013b).

3 Material und Methoden

Die Bereitstellung der Daten für diese Studie erfolgte im Auftrag der Deutschen Reiterlichen Vereinigung e. V. (FN) durch das Rechenzentrum vit (Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung w. V.), Verden. Es erfolgten zwei Datenlieferungen mit Daten bis Ende 2014 und bis Ende 2016. Diese umfassten Dateien mit Einzelpferd bezogenen Informationen sowie für die Datenverarbeitung benötigte Referenzdateien:

- Leistungsdaten (Ergebnisse von Leistungsprüfungen für Stuten und Hengste sowie von Aufbau- und Turniersportprüfungen)
 - bis Ende 2014: N= 18.467.583
 - bis Ende 2016: N= 20.459.297
- Prüfungsartentabellen zur Verarbeitung der Sportdaten (bis 30.09.2005 und ab 01.10.2005)
- Abstammungsdaten
 - bis Ende 2014: N= 3.418.979
 - bis Ende 2016: N= 3.541.015
- Rasetabelle zur Verarbeitung der Abstammungsdaten.

Die in den einzelnen Dateien enthaltenen Informationen sind in Tabelle 5 aufgelistet. Die Bereitstellung individueller Leistungsdaten erfolgte unter Verwendung der UELN (Universal Equine Life Number), einer 15-stelligen universellen Lebensnummer als eindeutige Kennung eines jeden Pferdes. Die Leistungsdaten umfassten Ergebnisse der Zuchtpferde (Stuten und Hengste) aus den im Feld oder auf Station durchgeführten Zuchtstutenprüfungen und den auf Station absolvierten Veranlagungs- und Hengstleistungsprüfungen. Als Ergebnisse lagen Wertnoten für die Grundgangarten, die Rittigkeit sowie das Springen vor. Desweiteren standen Reitsportergebnisse für die Disziplinen Dressur und Springen aus den Aufbauprüfungen junger Pferde in Form von Wertnoten und aus den Turniersportprüfungen älterer Pferde in Form von Platzierungsergebnissen zur Verfügung. Zu jedem Pferd mit Ergebnissen in den genannten Prüfungsformen konnten Abstammungshinweise anhand der UELN zugeordnet werden.

Tabelle 5: Übersicht zu den verfügbaren Informationen aus Leistungs- und Abstammungsdaten sowie Referenzdateien Prüfungsformen und Rassen.

Datenpaket	vorhandene Angaben
Leistungsdaten aus Leistungsprüfungen für Zuchtpferde (Ergebnisse von Zuchtstutenprüfung, Veranlagungsprüfung für Hengste, Hengstleistungsprüfung)	<ul style="list-style-type: none"> • UELN des Pferdes • Alter zum Zeitpunkt der Prüfung • Prüfung (Ort und Datum) • Wertnoten für die Einzelmerkmale (Schritt, Trab, Galopp, Rittigkeit, Freispringen und zusätzlich Parcourspringen in der HLP)
Leistungsdaten aus dem Reitsport (Ergebnisse von Aufbauprüfung und Turniersportprüfung)	<ul style="list-style-type: none"> • UELN des Pferdes • Datum der Veranstaltung • Code der Prüfungsart • Anzahl Starter in der Prüfung • Alter zum Zeitpunkt der Prüfung • Angaben zum Reiter (Reitausweis- / Datenbanknummer, Geburtsdatum, Leistungsklasse) • in der Prüfung erzielter Rang (TSP) bzw. erzielte Wertnote (ABP)
Abstammungsdaten (mit den entsprechenden Angaben für die Pferde mit Leistungen sowie deren Ahnen)	<ul style="list-style-type: none"> • UELN des Pferdes • Geschlecht • Rassecode • Geburtsdatum und Zuchtjahr • Vater (UELN des Vaters) und Mutter (UELN der Mutter)
Referenzdatei Prüfungsarten (Prüfungsartenschlüssel)	<ul style="list-style-type: none"> • Code der Prüfungsart • Bezeichnung der Prüfungsart (mit Angaben zu Disziplin und Prüfungsklasse) • Angabe zur Relevanz für die FN Zuchtwertschätzung
Referenzdatei Rassen / Rassegruppen	<ul style="list-style-type: none"> • Rassecode • Rassebezeichnung • Rassegruppen-Einordnung

Die derzeitige vom vit durchgeführte Routinezuchtwertschätzung für Reitpferde (FN Zuchtwertschätzung), berücksichtigt ausschließlich Leistungen von Warmblütern, Arabern und Vollblütern. Die vorliegenden Analysen bezogen sich dementsprechend auch auf Pferde dieser Rassegruppen; als Grundlage dienten die Rasseangaben in den Abstammungsdaten in

Verbindung mit deren Rassegruppeneinordnung. Aus den Leistungsdaten zu Aufbauprüfung und Turniersport wurden zudem die zuchtwertschätzrelevanten Prüfungen selektiert, was anhand des Prüfungsartenschlüssels erfolgte. Der Umfang der insgesamt bereitgestellten und der für die weiteren Analysen herangezogenen Leistungsdaten geht aus Tabelle 6 hervor. Aus der zweiten Datenlieferung im April 2017 wurden lediglich die Ergebnisse aus den Turniersportprüfungen genutzt, um weitere Auswertungen mit den zwischenzeitig entwickelten Merkmalsdefinitionen im Turniersport durchzuführen.

Tabelle 6: Anzahl Pferde und Leistungen bereitgestellter und für Auswertungen herangezogener Leistungsdaten aus den jeweiligen Prüfungsformen.

Prüfungsform	Zeitraum	Datenbereitstellung		Auswertungen	
		N Pferde	N Leistungen	N Pferde	N Leistungen
ZSP		83.499	83.499	82.836	82.836
Feld	1986-2014	63.113	63.113	62.801	62.801
Station		20.386	20.386	20.035	20.035
VA	2000-2014	3.619	3.619	3.613	3.613
HLP	1986-2014	7.666	7.666	7.536	7.536
ABP		328.634	3.629.681	312.177	3.529.372
Dressur	1995-2014	134.158	745.472	128.463	726.294
Springen		193.821	2.882.954	183.714	2.803.078
TSP		475.077	14.743.059	412.611	13.218.585
Dressur	1995-2014	221.132	4.583.487	192.064	4.118.402
Springen		253.945	10.159.572	220.547	9.100.183
TSP		485.653	16.141.321	452.026	14.766.615
Dressur	1995-2016	238.167	5.038.811	209.607	4.568.241
Springen		274.486	11.102.510	242.419	10.198.374

Eine Plausibilisierung der Abstammungsdaten erfolgte anhand des Geburtsjahres von Eltern und Nachkommen mit Hilfe eines eigenen Programmes zur Plausibilisierung und Aufbereitung von Abstammungsdaten. Der plausibilisierte Abstammungsdatenbestand umfasste N=3.416.872 für die Daten bis 2014 und N=3.538.908 für die Daten bis 2016.

3.1 Datenstruktur und -aufbereitung

Die Leistungsdaten aus den Prüfungsformen wurden zunächst mit Hilfe des Statistikprogramms SAS Version 9.4 (SAS Institute 2013) deskriptiv analysiert. Dabei kamen vorwiegend die Prozeduren FREQ und MEANS zur Anwendung. Anschließend erfolgte die Datenaufbereitung für die genetisch-statistischen Analysen. Die Struktur und die Aufbereitungsschritte der Leistungsdaten werden im Folgenden für jede Prüfungsform beschrieben.

3.1.1 Leistungsprüfungen für Zuchtpferde

In den Zuchtstuten-, Veranlagungs- und Hengstleistungsprüfungen werden die Stuten und Hengste mittels Wertnoten zwischen 1,0 und 10,0 in den Grundgangarten Schritt, Trab und Galopp, der Rittigkeit sowie im Freispringen beurteilt. In Hengstleistungsprüfungen erfolgt zusätzlich die Bewertung des Parcourspringens. Während Zuchtstuten ab einem Alter von drei Jahren leistungsgeprüft werden, können Hengste mit drei bis vier Jahren an Veranlagungsprüfungen und mit drei bis sieben Jahren an Hengstleistungsprüfungen teilnehmen. Das durchschnittliche Alter von Stuten zur Leistungsprüfung lag im Datenmaterial bei 3,6 Jahren (Std. 1,3; Min - Max 3 - 23), das mittlere Alter der Hengste in Veranlagungsprüfungen bei 3,3 Jahren (Std. 0,6; Min - Max 3 - 8) und in Hengstleistungsprüfungen bei 3,5 Jahren (Std. 1,9; Min - Max 3 - 18). Der fixe Alterseffekt, der in das statistische Modell für Merkmale aus Hengstleistungsprüfungen einging, wurde in zwei Klassen, den drei- sowie vierjährigen und den älteren Hengsten eingeteilt. Leistungsprüfungen für Hengste finden ausschließlich auf Station statt, hingegen werden Zuchtstutenprüfungen sowohl auf Station, als auch im Feld durchgeführt. Die Anzahl leistungsgeprüfter Hengste und Stuten je Prüfungsform ist in Abbildung 4 für die Jahre 1986 bis 2014 dargestellt. Durchschnittlich wurden jährlich 681,9 Stuten (Std. 262,4; Min - Max 131 - 1.154) auf Station und 2.153,4 Stuten (Std. 804,7; Min - Max 254 - 3.059) im Feld leistungsgeprüft. Dabei stieg der Anteil der im Feld geprüften Stuten im Lauf der Jahre tendenziell an. Demgegenüber sind Hengste für die Teilnahme an Leistungsprüfungen stark vorselektiert, was die durchschnittlichen jährlichen Prüfzahlen von 261 Hengsten (Std. 81,6; Min - Max 67 - 395) in Hengstleistungsprüfungen und rund 241 Hengsten (Std. 94,5; Min - Max 27 - 376) in Veranlagungsprüfungen belegen. Mit der im Jahr 2000 eingeführten

Veranlagungsprüfung ist eine tendenzielle Abnahme der Prüfzahlen der Hengste in Hengstleistungsprüfungen zu verzeichnen. Ab dem Jahr 2010 ist in allen Prüfungsformen eine Abnahme jährlich geprüfter Zuchtpferde festzustellen. Die individuellen Prüfungsdurchgänge in den Leistungsprüfungen für Hengste wurden als Kombination aus Ort und Veranstaltungsdatum definiert. In den Zuchtstutenprüfungen wurde zusätzlich der Zuchtverband berücksichtigt. Insgesamt lagen 4.368 Prüfungsdurchgänge in Zuchtstutenprüfungen mit einer mittleren Prüfungsgröße von 18,9 Stuten (Std. 19,7; Min - Max 1 - 257) vor, von denen 3.009 Prüfungsdurchgänge mit durchschnittlich 20,1 Stuten je Prüfung (Std. 22,4; Min - Max 1 - 257) im Feld und 1.514 Prüfungsdurchgänge mit durchschnittlich 13,2 Stuten je Prüfung (Std. 10,3; Min - Max 1 - 96) auf Station durchgeführt wurden. In Veranlagungsprüfungen wurden 187 Prüfungsdurchgänge mit durchschnittlich 20,2 Hengsten je Prüfung (Std. 8,4; Min - Max 3 - 49) und in Hengstleistungsprüfungen 277 Prüfungsdurchgänge mit einer mittleren Teilnehmerzahl von 27,3 Hengsten (Std. 11,4; Min - Max 7 - 73) ermittelt.

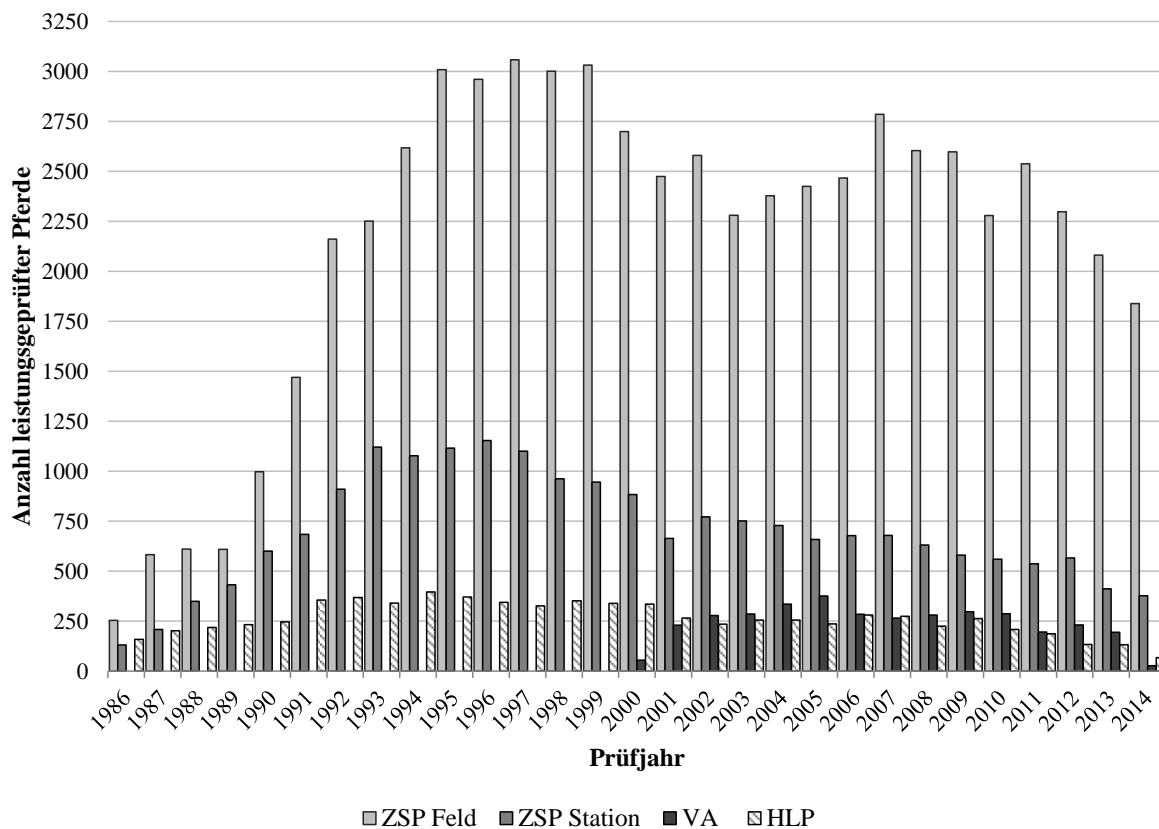


Abbildung 4: Verteilung der leistungsgeprüften Zuchtpferde mit Differenzierung zwischen Zuchtstutenprüfungen im Feld und auf Station sowie Veranlagungs- und Hengstleistungsprüfungen.

Nach einem ersten Überblick über die Datenstruktur der Leistungsprüfungen für Zuchtpferde wurden diese auf Plausibilität geprüft und für genetische Analysen aufbereitet. Hierfür wurden die Angaben der Rassegruppe, des Geschlechts und des Alters unter Berücksichtigung der Teilnahmeberechtigung der jeweiligen Prüfungsform sowie die Anzahl leistungsgeprüfter Pferde pro Jahr und Prüfungsdurchgang zur Gewährleistung einer ausreichend großen Vergleichsgruppengröße geprüft (Tabelle 7). Demnach blieben Hengste und Wallache mit Leistungen in der Zuchtstutenprüfung sowie Pferde, deren Altersangaben unglaubwürdig erschienen oder den Zulassungsvoraussetzungen nicht entsprachen, in Folgeanalysen unberücksichtigt. In weiteren Auswertungen gingen Ergebnisse aus Zuchtstutenprüfungen aus den Jahren 1992 bis 2014, aus Veranlagungsprüfungen von 2001 bis 2013 und aus Hengstleistungsprüfungen von 1986 bis 2013 ein. Weiterhin wurden Prüfungsdurchgänge mit einer Mindestteilnehmerzahl von zwanzig Stuten in Zuchtstutenprüfungen, zehn Hengsten in Veranlagungsprüfungen sowie fünfzehn Hengsten in Hengstleistungsprüfungen einbezogen. Die aus diesen Aufbereitungsschritten resultierenden Datenbestände umfassten für Zuchtstutenprüfungen 51.354 Ergebnisse und 1.433 Prüfungsdurchgänge, für Veranlagungsprüfungen 3.437 Ergebnisse und 165 Prüfungsdurchgänge und für Hengstleistungsprüfungen 7.174 Ergebnisse und 252 Prüfungsdurchgänge.

Tabelle 7: Anzahl leistungsgeprüfter Pferde und Prüfungsdurchgänge in Leistungsprüfungen für Stuten und Hengste, die aus den Datenaufbereitungsschritten resultierten.

	ZSP	VA	HLP
	N Pferde		
Gesamtdatenmaterial	83.499	3.619	7.666
Datenaufbereitungsschritte			
Rassegruppen	82.836	3.619	7.536
Geschlecht und Alter	82.222	3.615	7.508
Prüfungsdichte je Jahr	72.351	3.534	7.441
Prüfungsgröße je Prüfung	51.354	3.437	7.174
	N Prüfungsdurchgänge		
	1.433	165	252

Die Verteilung der Leistungen (Wertnoten) der geprüften Zuchtpferde in Zuchtstuten-, Veranlagungs- und Hengstleistungsprüfung ist in Tabelle 8 dargestellt. Die unterschiedliche Anzahl der in den Merkmalen geprüften Pferde ist auf einzelne Fehleingaben und unplausible Wertnoten von Einzelpferden zurückzuführen. Für die einzelnen Merkmale in Zuchtstutenprüfungen auf Station und Feld ergaben sich sehr ähnliche Mittelwerte. Mit Ausnahme des Freispringens lagen die mittleren Wertnoten in Stationsprüfungen um 0,1 - 0,2 höher als in Feldprüfungen. Insgesamt zeigten die in Feldprüfungen vergebenen Wertnoten für vier der fünf Merkmale eine größere Varianz und niedrigere Minima. Eine Ausnahme war diesbezüglich das Merkmal Rittigkeit. Im Vergleich zu den durchschnittlichen Wertnoten der Stuten ergaben sich höhere Mittelwerte für die Leistungen der Hengste in Veranlagungsprüfungen. Insbesondere die Merkmale Galopp, Rittigkeit und Freispringen waren um 0,2 - 0,6 höher. Gleichzeitig ergaben sich für diese Merkmale geringe Varianzen und höhere Minima. Dagegen ähnelten die mittleren Wertnoten für Merkmale in Hengstleistungsprüfungen denen der Stutenprüfungen, hier lag maximal eine Abweichung von 0,1 vor.

Tabelle 8: Mittelwerte, Standardabweichungen, Minima und Maxima der Wertnoten für in Leistungsprüfungen für Zuchtpferde beurteilter Merkmale.

Merkmal		ZSP Feld	ZSP Station	VA	HLP
Schritt	N Pferde	44.716	8.565	3.336	7.236
	Mittelwert	7,0	7,1	7,3	7,1
	Std.	0,9	0,7	0,9	0,9
	Min - Max	2 - 10	3 - 10	3 - 10	3 - 10
Trab	N Pferde	44.720	8.565	3.336	7.236
	Mittelwert	6,9	7,1	7,3	6,9
	Std.	0,8	0,7	0,9	0,9
	Min - Max	3 - 10	4 - 10	4 - 10	3 - 10
Galopp	N Pferde	44.714	8.565	3.336	7.236
	Mittelwert	7,1	7,2	7,8	7,3
	Std.	0,8	0,7	0,6	0,8
	Min - Max	3 - 10	3 - 10	5 - 10	4 - 10
Rittigkeit	N Pferde	44.714	8.558	3.332	7.242
	Mittelwert	7,3	7,3	7,9	7,2
	Std.	0,8	1,0	0,7	1,0
	Min - Max	3-10	2-10	5-10	2 - 10
Frei- springen	N Pferde	44.467	8.498	3.336	7.195
	Mittelwert	7,3	7,2	7,8	7,3
	Std.	1,1	0,9	0,9	1,2
	Min - Max	2 - 10	4 - 10	5 - 10	3 - 10
Parcours- springen	N Pferde				7.196
	Mittelwert				7,2
	Std.				1,3
	Min - Max				1 - 10

Die Verteilung der Nachkommen nach Vätern und Müttern in Leistungsprüfungen für Zuchtpferde ist Tabelle 9 zu entnehmen. Die durchschnittlichen Nachkommenzahlen lagen für Väter und Mütter in Zuchtstutenprüfungen höher als in Leistungsprüfungen für Hengste. In Zuchtstutenprüfungen wiesen 23 % der Väter mehr als zehn Nachkommen auf, in Veranlagungsprüfungen waren es 5,5 % der Väter und in Hengstleistungsprüfungen 6,4 % der Väter. Mehr als 200 Nachkommen lagen nur in Zuchtstutenprüfungen für 0,7 % der Väter vor. Der Anteil Mütter mit nur einem Nachkommen in Zuchtstutenprüfungen lag bei 73,3 %, in Veranlagungsprüfungen bei 93,5 % und in Hengstleistungsprüfungen bei 90,4 %. Dagegen wiesen nur noch 3 % der Mütter in Zuchtstutenprüfungen, 0,1 % der Mütter in

Veranlagungsprüfungen und 0,3 % der Mütter in Hengstleistungsprüfungen mehr als drei Nachkommen auf.

Tabelle 9: Verteilung der Nachkommen (NK) nach Vätern und Müttern in Leistungsprüfungen für Zuchtpferde sowie durchschnittliche, minimale und maximale Anzahl Nachkommen und Anzahl Eltern mit jeweiliger Mindestnachkommenzahl.

Väter		ZSP ¹		VA ²		HLP ³	
		N		N		N	
	N	4.356		1.108		2.088	
	Ø NK	11,8		3,1		3,4	
	Min - Max	1 - 738		1 - 114		1 - 99	
		N	%	N	%	N	%
Gruppengrenzen	≥ 10 NK	999	22,9	61	5,5	133	6,4
	≥ 20 NK	555	12,7	26	2,3	43	2,1
	≥ 50 NK	207	4,8	2	0,2	11	0,5
	≥ 100 NK	90	2,1	-	-	-	-
	≥ 200 NK	30	0,7	-	-	-	-
Mütter		ZSP ¹		VA ²		HLP ³	
	N	36.330		3.202		6.433	
	Ø NK	1,4		1,1		1,1	
	Min - Max	1 - 9		1 - 4		1 - 5	
		N	%	N	%	N	%
Gruppengrenzen	1 NK	26.628	73,3	2.995	93,5	5.813	90,4
	2 NK	7.222	19,9	174	5,4	539	8,4
	3 NK	2.409	6,6	22	0,7	74	1,2
	> 3 NK	1.139	3,1	3	0,1	17	0,3

¹ Zuchtstutenprüfung: Väter ohne Angabe, Mütter ohne Angabe; ² Veranlagungsprüfung: zwei Väter ohne Angabe, vier Mütter ohne Angabe; ³ Hengstleistungsprüfung: 10 Väter ohne Angabe, 15 Mütter ohne Angabe

3.1.2 Aufbauprüfungen

In den Aufbauprüfungen erfolgt die Beurteilung der Veranlagung junger Pferde für die turniersportliche Disziplin. So werden in Dressurpferdeprüfungen die Rittigkeit, die Grundgangarten und der Gesamteindruck als Dressurpferd bewertet und in Springpferdeprüfungen die Rittigkeit einschließlich der Springmanier beurteilt (LPO, 2013). In der Datenlieferung lag für Aufbauprüfungen nur die Gesamtwertnote zwischen 1,0 und 10,0 vor. Aufbauprüfungen werden in die Prüfungsklassen A, L und M unterteilt. Die Teilnahmeberechtigungen für diese Prüfungsklassen liegen in der Dressur bei vier bis fünf

Jahren in Klasse A, bei vier bis sechs Jahren in Klasse L und bei fünf bis sieben Jahren in Klasse M. Im Springen sind vier- bis fünfjährige Pferde zur Klasse A, vier- bis sechsjährige Pferde zur Klasse L und fünf- bis sechsjährige Pferde zur Klasse M zugelassen (LPO, 2013). Insgesamt lagen mit rund 2,8 Millionen Leistungsbeobachtungen für die Disziplin Springen rund drei Mal so viele Ergebnisse in Aufbauprüfungen vor wie für die Disziplin Dressur. Die Anzahl an Prüfungen, Startern, Reitern, Starts und Pferden je Reiter sowie Starts je Pferd im Gesamtdatenmaterial sind aus den Tabellen 3 - 5 im Anhang zu entnehmen. Die mittleren Leistungen (Wertnoten) und das mittlere Alter in Aufbauprüfungen Dressur und Springen sind getrennt für die Geschlechtergruppen Stuten (St), Wallache (W), Hengste (H) sowie Wallache und Hengste (W + H) in Tabelle 10 dargestellt. In der Dressur wurde der Großteil, rund 49% der Gesamtleistungen, von Wallachen (36 % Stuten, 15 % Hengste) erbracht, während im Springen die Leistungen von Stuten und Wallachen gleichermaßen überwogen (42 % Stuten, 42 % Wallache, 16 % Hengste). Für Hengste lagen in beiden Disziplinen die wenigsten Leistungen vor, weshalb der fixe Geschlechtseffekt nur in zwei Effektstufen, männlich und weiblich, eingeteilt wurde. Das Geschlechterverhältnis von weiblich zu männlich lag in der Dressur bei rund 1 : 1,5 und im Springen bei 1 : 1,3. Während sich die mittleren Leistungen in beiden Disziplinen zwischen Stuten und Wallachen nicht unterschieden, lag eine um 0,2 höhere Wertnote bei Hengsten vor. Im Springen überstiegen die Streuungen der Wertnoten diejenigen in der Dressur deutlich.

Die Leistungen in Aufbauprüfungen lagen vier- bis siebenjährig vor. Dabei wurden die meisten Leistungen, 568.717 in Dressur (78 %) und 2.401.462 im Springen (86 %), von fünf- und sechsjährigen Pferden erbracht. In allen drei Geschlechtergruppen und in beiden Disziplinen lag ein mittleres Alter von rund 5,2 Jahren vor. Die Einteilung des Alters als fixer Effekt erfolgte in drei Klassen; vierjährig, fünfjährig und sechsjährig, da sich die jungen Pferde innerhalb kurzer Zeit hinsichtlich ihrer körperlichen Konstitution und ihrer Kondition stark entwickeln. Die siebenjährigen Pferde wurden aufgrund geringer Klassenbesetzung aus den Analysen ausgeschlossen.

Tabelle 10: Anzahl Pferde, Leistungen, durchschnittliche Leistung und Alter in den Aufbauprüfungen Dressur und Springen mit Differenzierung zwischen den Geschlechtergruppen.

Disziplin		St	W	H	W + H
Dressur	N Pferde	50.443	61.137	16.883	78.020
	N Leistungen	256.689	357.907	111.698	469.605
	Ø Leistung	6,5	6,5	6,7	6,6
	Std.	0,9	0,9	0,9	0,9
	Ø Alter	5,1	5,2	5,1	5,2
	Std.	0,7	0,7	0,8	0,7
	N Leistungen				
	4-jährig	53.565	67.356	22.327	89.683
	5-jährig	125.260	174.354	53.751	228.105
	6-jährig	73.840	108.371	33.141	141.512
	7-jährig	4.024	7.826	2.479	10.305
Springen	N Pferde	81.075	77.343	25.296	102.639
	N Leistungen	1.176.543	1.169.787	456.748	1.626.535
	Ø Leistung	6,5	6,5	6,7	6,5
	Std.	1,3	1,3	1,3	1,3
	Ø Alter	5,3	5,2	5,2	5,2
	Std.	0,7	0,7	0,7	0,7
	N Leistungen				
	4-jährig	147.364	162.638	80.685	243.323
	5-jährig	565.153	570.058	224.490	794.548
	6-jährig	458.545	433.127	150.089	583.216
	7-jährig	5.481	3.964	1.484	5.448

Die verwandtschaftliche Struktur der in Aufbauprüfungen Dressur und Springen geprüften Pferde ist in Tabelle 11 dargestellt. Die durchschnittliche Nachkommenzahl von Vätern in Aufbauprüfungen lag im Springen um fast zwei Nachkommen höher als in der Dressur. Mehr als 100 Nachkommen hatten 2,6 % der Väter in Dressur und 3,4 % der Väter im Springen. Rund 1,0 % der Väter wiesen mehr als 200 Nachkommen in Dressur beziehungsweise Springen auf.

Knapp 78.500 Mütter mit durchschnittlich 1,6 Nachkommen lagen in Aufbauprüfungen Dressur und rund 101.000 Mütter mit durchschnittlich 1,8 Nachkommen in Aufbauprüfungen Springen vor. Von diesen wiesen rund 64 % (Dressur) beziehungsweise 60 % (Springen) genau einen Nachkommen und 6,4 % (Dressur) beziehungsweise 9,6 % (Springen) mehr als drei Nachkommen auf.

Tabelle 11: Verteilung der Nachkommen (NK) nach Müttern und Vätern in Aufbauprüfungen Dressur und Springen sowie durchschnittliche, minimale und maximale Anzahl Nachkommen und Anzahl Eltern mit jeweiliger Mindestnachkommenzahl.

		Dressur ¹		Springen ²	
		N	%	N	%
Väter	N	8.359		10.652	
	Ø NK	15,3		17,1	
	Min - Max	1 - 1.369		1 - 1.524	
Gruppengrenzen	≥ 10 NK	2.309	27,6	2.997	28,1
	≥ 50 NK	544	6,5	808	7,6
	≥ 100 NK	220	2,6	364	3,4
	≥ 200 NK	80	0,9	136	1,3
	Mütter	N	78.468		101.017
	Ø NK	1,6		1,8	
	Min - Max	1 - 14		1 - 14	
Gruppengrenzen	1 NK	50.375	64,2	60.871	60,3
	2 NK	16.385	20,9	21.039	20,8
	3 NK	6.682	8,5	9.399	9,3
	> 3 NK	5.029	6,4	9.711	9,6

¹470 Väter ohne Angabe; 1.522 Mütter ohne Angabe; ²1.462 Väter ohne Angabe, 4.116 Mütter ohne Angabe

Die Leistungsdaten aus den Aufbauprüfungen Dressur und Springen wurden für die Schätzung genetischer Parameter für das Merkmal Wertnote aufbereitet. Da wiederholte Leistungen in die Schätzung eingingen, war ein reduzierter Datenbestand erforderlich, um einen schnellen Rechenprozess zu gewährleisten. Die aus der Datenaufbereitung resultierenden Subdatensätze für Dressur- und Springleistungen sind in Tabelle 12 dargestellt. Zur Erstellung der Subdatensätze wurde eine Mindestteilnehmerzahl von 15 Startern in Dressurprüfungen und 25 Startern in Springprüfungen festgelegt. Demnach wurden von ursprünglich 726.294 Leistungen und 128.463 Pferden in Dressur rund 158.600 Leistungen und 32.700 Pferde für genetische Analysen berücksichtigt. Im Springen gingen von 2.803.078 Leistungen und 183.714 Pferden nur noch rund 869.000 Leistungen und 71.000 Pferde in die Schätzung genetischer Parameter ein.

Tabelle 12: Anzahl Leistungen, Prüfungen und Pferde in den für die Schätzung genetischer Parameter erstellten Subdatensätze in Aufbauprüfungen Dressur und Springen.

Disziplin	Anforderung	N Leistungen	N Prüfungen	N Pferde
Dressur	-	726.294	51.449	128.463
	≥ 15 Starter	158.613	8.771	32.739
Springen	-	2.803.078	144.879	183.714
	≥ 25 Starter	869.336	26.648	71.069

3.1.3 Turniersportprüfungen

Turniersportleistungen aus den Disziplinen Dressur und Springen gehen als transformierter Rang in die Routinezuchtwertschätzung der FN ein. Turniersportprüfungen sind in die Prüfungsklassen A, L, M und S eingeteilt. Zusätzlich erfolgt eine Differenzierung der schweren Prüfungsklasse S in S*, S**, S*** und S****. Die unteren Altersgrenzen der Prüfungsklassen liegen in der Dressur bei vier Jahren für Klasse A, fünf Jahren für Klasse L, sechs Jahren für Klasse M, sieben Jahren für Klasse S und acht Jahren für Klasse S****. Im Springen sind fünfjährige Pferde zu Prüfungen der Klasse A, sechsjährige zu Klasse L und M sowie siebenjährige zu schweren Klassen zugelassen (LPO, 2013). Die Anzahl an Prüfungen, Startern, Reitern, Starts und Pferden je Reiter sowie Starts je Pferd in den Prüfungsklassen der Turniersportprüfungen Dressur und Springen sind den Tabellen 3 - 5 aus dem Anhang zu entnehmen. In beiden Disziplinen ist mit zunehmendem Anforderungsniveau eine sinkende Anzahl an Prüfungen, Reitern und Pferden zu verzeichnen. Dagegen stiegen die Anzahl Starter je Prüfung, Starts je Reiter und Starts je Pferd in den anspruchsvolleren Prüfungsklassen durchschnittlich an. Annähernd gleich blieb die Anzahl an Pferden je Reiter in den Prüfungsklassen der Dressur, die im Springen bis zur Klasse M anstieg. Eine Übersicht über die Anzahl Leistungen und Pferden sowie über den mittleren transformierten Rang in den Prüfungsklassen der Turniersportprüfungen in Dressur und Springen sind in Tabelle 13 und 14 mit Differenzierung zwischen den Geschlechtergruppen Stuten (St), Wallache (W), Hengste (H) sowie Hengste und Wallache gemeinsam (W + H) aufgeführt. Mit rund neun Millionen Leistungen lagen im Turniersport Springen mehr als doppelt so viele Ergebnisse wie im Turniersport Dressur vor. Während in der Dressur die meisten Leistungen in der Anfängerklasse A beobachtet wurden, waren im Springen mehr Ergebnisse in den Klassen L und M festzustellen. In allen Prüfungsklassen beider Disziplinen lagen mehr Leistungsbeobachtungen bei Wallachen als bei Stuten oder Hengsten vor. Entsprechend

überwog auch die Anzahl der Wallache in nahezu allen Prüfungsklassen mit Ausnahme der Anfängerklasse im Springen, in der eine größere Anzahl Stuten zu verzeichnen war. Insgesamt ist eine sinkende Anzahl an Pferden und Ergebnissen mit zunehmender Prüfungsklasse in beiden Disziplinen zu beobachten.

Die durchschnittliche Leistung der Geschlechtergruppen ähnelt sich in den einzelnen Prüfungsklassen sehr stark, allerdings erreichten Wallache und Hengste in der Dressur in den leichten Klassen A und L einen um 0,1 (A) beziehungsweise 0,2 (L) höheren mittleren transformierten Rang als Stuten. Während sich die durchschnittlichen Leistungen von Wallachen und Stuten ab der Prüfungsklasse M nicht mehr unterscheiden, liegt für Hengste weiterhin eine um 0,1 höhere durchschnittliche Leistung vor. Im Springen sind dagegen die Stuten in den Prüfungsklassen A bis M geringfügig besser als Hengste und Wallache. Erst in der schweren Klasse sind für Stuten und Hengste gleiche mittlere Leistungen zu verzeichnen. Das Alter der Pferde im Turniersport reichte von vier bis 24 Jahren und stieg erwartungsgemäß mit zunehmender Prüfungsklasse durchschnittlich an. Hengste wiesen dabei ein geringfügig niedrigeres Durchschnittsalter als Wallache und Stuten auf. Wallache waren in den Prüfungen im Vergleich zu den anderen beiden Geschlechtergruppen durchschnittlich am ältesten. Anhand der in Abbildung 5 dargestellten Verteilung des Prüfungsalters über alle Geschlechtergruppen und Prüfungsklassen hinweg wurde der fixe Alterseffekt in acht Klassen eingeteilt. Dabei wurde das Alter zwischen sechs und elf Jahren separat berücksichtigt und jüngere Pferde mit vier und fünf Jahren sowie ältere Pferde ab zwölf Jahren jeweils zusammengefasst.

Tabelle 13: Anzahl Pferde, Leistungen, durchschnittliche Leistung und Alter im Turniersport Dressur, differenziert nach Prüfungsklassen und Geschlechtergruppen.

Prüfungsklasse	St	W	H	W + H	
A	Min-Max Starter	1 - 97			
	N Pferde	70.605	83.200	15.050	98.250
	N Leistungen	660.581	839.762	128.657	968.419
	Ø Leistung	7,8	7,9	7,9	7,9
	Std.	1,2	1,1	1,2	1,1
	Min - Max	1,4 - 10	1,4 - 10	1,4 - 10	1,4 - 10
	Ø Alter	8,8	9,0	8,4	8,9
	Std.	3,1	3,3	3,0	3,3
L	Min - Max Starter	1 - 74			
	N Pferde	31.410	50.085	10.545	60.630
	N Leistungen	428.998	810.944	143.300	954.244
	Ø Leistung	7,9	8,1	8,1	8,1
	Std.	1,1	1,1	1,1	1,1
	Min - Max	2,6 - 10	2,6 - 10	2,8 - 10	2,6 - 10
	Ø Alter	9,6	9,8	9,3	9,8
	Std.	2,8	3,1	2,8	3,0
M	Min - Max Starter	1 - 74			
	N Pferde	10.358	23.356	6.592	29.948
	N Leistungen	168.088	452.388	109.259	561.647
	Ø Leistung	8,0	8,0	8,1	8,1
	Std.	1,1	1,1	1,1	1,1
	Min - Max	2,7 - 10	2,7-10	2,7-10	2,7-10
	Ø Alter	10,3	10,7	10,1	10,6
	Std.	2,6	2,9	2,8	2,9
S	Min - Max Starter	1 - 102			
	N Pferde	3.545	10.737	3.643	14.380
	N Leistungen	64.107	236.216	76.102	312.318
	Ø Leistung	8,0	8,0	8,1	8,0
	Std.	1,1	1,1	1,1	1,1
	Min - Max	2,2 - 10	1,2 - 10	0,9 - 10	0,9 - 10
	Ø Alter	10,8	11,3	10,8	11,2
	Std.	2,4	2,7	2,7	2,7
Alle Klassen	N Pferde	76.250	95.714	20.100	115.814
	N Leistungen	1.321.774	2.339.310	457.318	2.796.628
	Ø Leistung	7,9	8,0	8,1	8,0
	Std.	1,1	1,1	1,1	1,1
	Min - Max	1,4 - 10	1,2 - 10	0,9 - 10	0,9 - 10
	Ø Alter	9,3	9,9	9,5	9,8
	Std.	3,0	3,2	3,0	3,2

Tabelle 14: Anzahl Pferde, Leistungen, durchschnittliche Leistung und Alter im Turniersport Springen, differenziert nach Prüfungsklassen und Geschlechtergruppen.

Prüfungsklasse	St	W	H	W + H	
A	Min - Max Starter	1 - 152			
	N Pferde	84.105	81.730	17.042	98.772
	N Leistungen	1.100.314	1.105.056	194.494	1.299.550
	Ø Leistung	7,5	7,4	7,4	7,4
	Std.	1,4	1,4	1,3	1,3
	Min - Max	-0,9 - 10	-0,9 - 10	0 - 10	-0,9 - 10
	Ø Alter	9,2	9,6	8,8	9,5
	Std.	3,1	3,4	3,0	3,4
L	Min - Max Starter	1 - 218			
	N Pferde	64.658	64.891	16.628	81.519
	N Leistungen	1.277.422	1.375.604	267.419	1.643.023
	Ø Leistung	7,4	7,3	7,3	7,3
	Std.	1,5	1,4	1,4	1,4
	Min - Max	-3,4 - 10	-3,5 - 10	-3,1 - 10	-3,5 - 10
	Ø Alter	9,3	9,7	9,0	9,6
	Std.	2,7	3,0	2,7	2,9
M	Min - Max Starter	1 - 340			
	N Pferde	40.896	43.050	13.303	56.353
	N Leistungen	1.149.975	1.354.076	341.710	1.695.786
	Ø Leistung	7,3	7,2	7,2	7,2
	Std.	1,6	1,6	1,6	1,6
	Min - Max	-3,7 - 10	-3,7 - 10	-3,7 - 10	-3,7 - 10
	Ø Alter	9,2	9,6	8,9	9,4
	Std.	2,4	2,7	2,5	2,7
S	Min - Max Starter	1 - 162			
	N Pferde	15.291	18.343	6.599	24.942
	N Leistungen	324.326	457.508	150.034	607.542
	Ø Leistung	6,7	6,6	6,7	6,6
	Std.	1,8	1,8	1,8	1,8
	Min - Max	-1,4 - 10	-1,6 - 10	-1,6 - 10	-1,6 - 10
	Ø Alter	9,8	10,2	9,9	10,1
	Std.	2,1	2,4	2,3	2,4
Alle Klassen	N Pferde	98.814	96.967	24.700	121.667
	N Leistungen	3.852.037	4.292.244	953.657	5.245.901
	Ø Leistung	7,3	7,2	7,2	7,2
	Std.	1,5	1,5	1,5	1,5
	Min - Max	-3,7 - 10	-3,7 - 10	-3,7 - 10	-3,7 - 10
	Ø Alter	9,3	9,6	9,1	9,6
	Std.	2,7	2,9	2,7	2,9

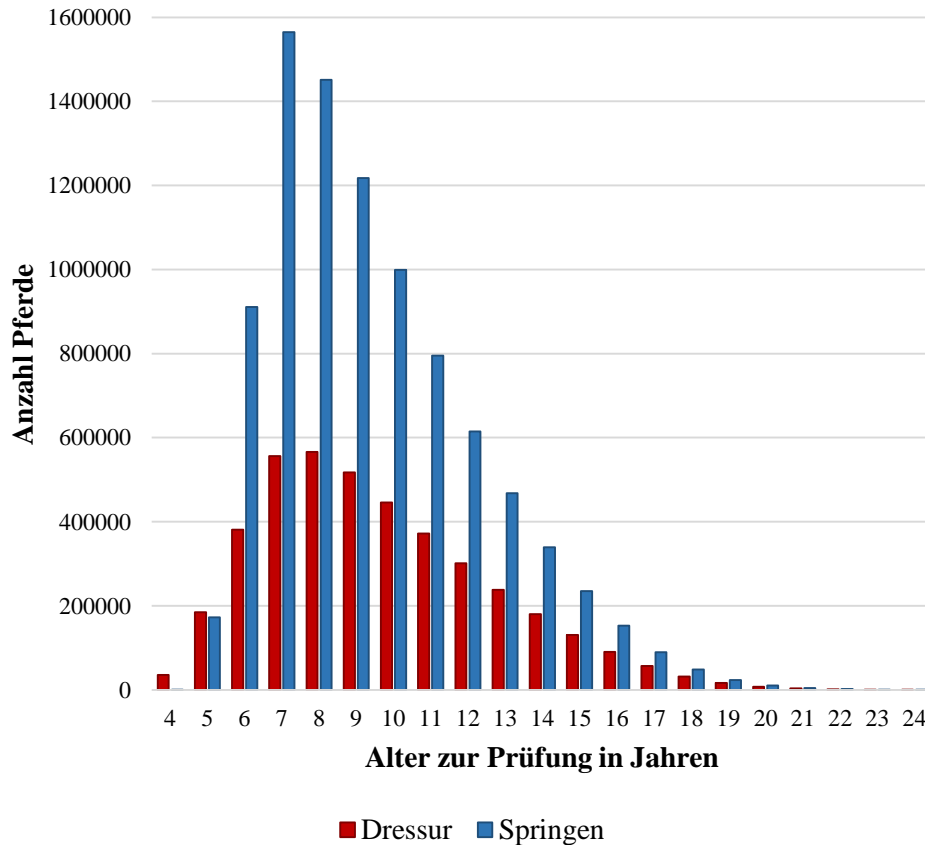


Abbildung 5: Verteilung des Prüfungsalters im Turniersport Dressur und Springen.

Die Verteilung der Nachkommen nach Vätern und Müttern in Turniersportprüfungen ist Tabelle 15 zu entnehmen. Es lagen 13.200 Väter mit Nachkommen in Dressur und 14.400 Väter mit Nachkommen im Springen vor. Die durchschnittliche Nachkommenzahl der Väter im Springen lag um 0,5 höher als die der Väter in Dressur. Rund 6,8 % der Väter wiesen mehr als 50 Nachkommen und rund 1,0 % der Väter mehr als 200 Nachkommen im Turniersport Dressur beziehungsweise Springen auf.

Die Mütter leistungsgeprüfter Pferde im Turniersport Dressur und Springen wiesen durchschnittlich 1,7 Nachkommen auf. In beiden Disziplinen lag der Anteil der Mütter mit genau einem Nachkommen bei 62,5 %. Lediglich 7 % der Mütter wiesen mehr als drei Nachkommen in Dressur und 8,4 % der Mütter mehr als drei Nachkommen im Springen auf.

Tabelle 15: Verteilung der Nachkommen (NK) nach Müttern und Vätern in Turniersportprüfungen Dressur und Springen sowie durchschnittliche, minimale und maximale Anzahl Nachkommen und Anzahl Eltern mit jeweiliger Mindestnachkommenzahl.

Väter		Dressur ¹		Springen ²	
		N	%	N	%
	N	13.225		14.411	
	Ø NK	14,4		14,9	
	Min - Max	1 - 1.401		1 - 1.404	
		N	%	N	%
Gruppengrenzen	≥ 10 NK	3.408	25,7	3.689	25,6
	≥ 50 NK	896	6,8	964	6,7
	≥ 100 NK	359	2,7	412	2,9
	≥ 200 NK	109	0,8	149	1
Mütter	N	111.940		122.709	
	Ø NK	1,7		1,7	
	Min - Max	1 - 13		1 - 13	
		N	%	N	%
Gruppengrenzen	1 NK	70.023	62,6	76.676	62,5
	2 NK	23.598	21,1	24.855	20,3
	3 NK	10.381	9,3	10.935	8,9
	> 3 NK	7.942	7,1	10.247	8,4

¹ 2.252 Väter ohne Angabe, 5.941 Mütter ohne Angabe; ² 1.462 Väter ohne Angabe, 5.941 Mütter ohne Angabe

Der erhebliche Umfang der Turniersportdaten erforderte aufgrund der notwendigen Kapazität und hohen Rechendauer eine Reduzierung der Datenmenge zur Schätzung genetischer Parameter für den transformierten Rang als wiederholte Leistung. Dazu wurde für die Kriterien „Anzahl Starter“ in den Prüfungen und „Anzahl Starts je Pferd“ eine Mindestgröße festgelegt, auch wenn dies einer zusätzlichen Vorselektion gleich kam. Orientiert wurde sich letztlich an den daraus resultierenden Leistungsbeständen und der Anzahl Prüfungen, die als Effektstufen in die Parameterschätzung des transformierten Ranges einfließen. Subdatensätze wurden für jede einzelne Prüfungsklasse und für alle Prüfungsklassen mit und ohne Klasse S gebildet und sind in Tabelle 16 dargestellt. Alle Subdatensätze umfassten Pferde, für die mindestens drei Starts vorlagen. Die Mindestanzahl Starter in den einzelnen Subdatensätzen ist der Tabelle 16 zu entnehmen.

Tabelle 16: Anzahl Starter je Prüfung, Prüfungen, Leistungen und Pferde in den für die Schätzung genetischer Parameter erstellten Subdatensätze im Turniersport Dressur und Springen.

Disziplin	Prüfungs- klasse	N Starter / Prüfung	N Prüfungen	N Leistungen	N Pferde
Dressur	A	≥ 15	12.009	229.547	16.941
	L	≥ 19	16.684	378.892	32.367
	M	≥ 17	18.014	391.436	24.933
	S	≥ 15	11.390	234.628	12.318
	alle	≥ 21	19.740	482.301	28.763
	ohne S	≥ 21	14.989	364.223	25.883
Springen	A	≥ 20	10.785	276.516	24.948
	L	≥ 28	16.785	585.575	46.184
	M	≥ 30	19.868	786.626	34.393
	S	≥ 28	15.532	655.782	25.832
	alle	≥ 38	18.302	906.091	37.252
	ohne S	≥ 32	17.492	800.981	42.231

3.2 Alternative Merkmalsdefinitionen für Turniersportleistungen

Als Basis für alternative Merkmalsdefinitionen wurden folgende zur Verfügung stehende Informationen aus den Turniersportdaten genutzt: Die Prüfungs-kategorie einer Prüfung, der in der einzelnen Prüfung erzielte Rang des Pferdes und die Anzahl an Startern innerhalb dieser Prüfung. Diese Angaben wurden zur Definition der folgenden Merkmale herangezogen:

- Modifiziert transformierter Rang
- Lebensergebnissumme
- höchstes erreichtes Niveau im Turniersport

Einzelheiten zur Ableitung dieser Merkmale aus den vorhandenen Leistungsdaten und Hinweise zur ihrer Analyse sind den nachstehenden Abschnitten zu entnehmen.

3.2.1 Modifiziert transformierter Rang

Als erste Alternative zum bisherigen Merkmal wurde eine andere Möglichkeit der Transformation des Ranges innerhalb der Prüfung analysiert. Diese wurde durch die folgende Formel definiert: $\text{Rang}^* = \text{Rangmittel} - \text{Rang}$. Hierbei wird das Rangmittel jeder Prüfung gebildet, um unterschiedlich große Starterfelder zu berücksichtigen. Der individuelle Rang

eines Pferdes innerhalb dieser Prüfung wird folglich vom Rangmittel abgezogen und geht als wiederholte Leistung in die genetischen Analysen ein. Das Merkmal unterliegt der in Abbildung 6 dargestellten Normalverteilung. Der durchschnittlich modifiziert transformierte Rang in Dressur und Springen ist in Tabelle 17 und in den einzelnen Prüfungsklassen beider Disziplinen im Anhang in Tabelle 6 aufgeführt. Die sehr niedrigen Minima und sehr hohen Maxima in den Prüfungsklassen L und M im Springen sind auf die in diesen Klassen teils sehr großen Starterfelder zurückzuführen.

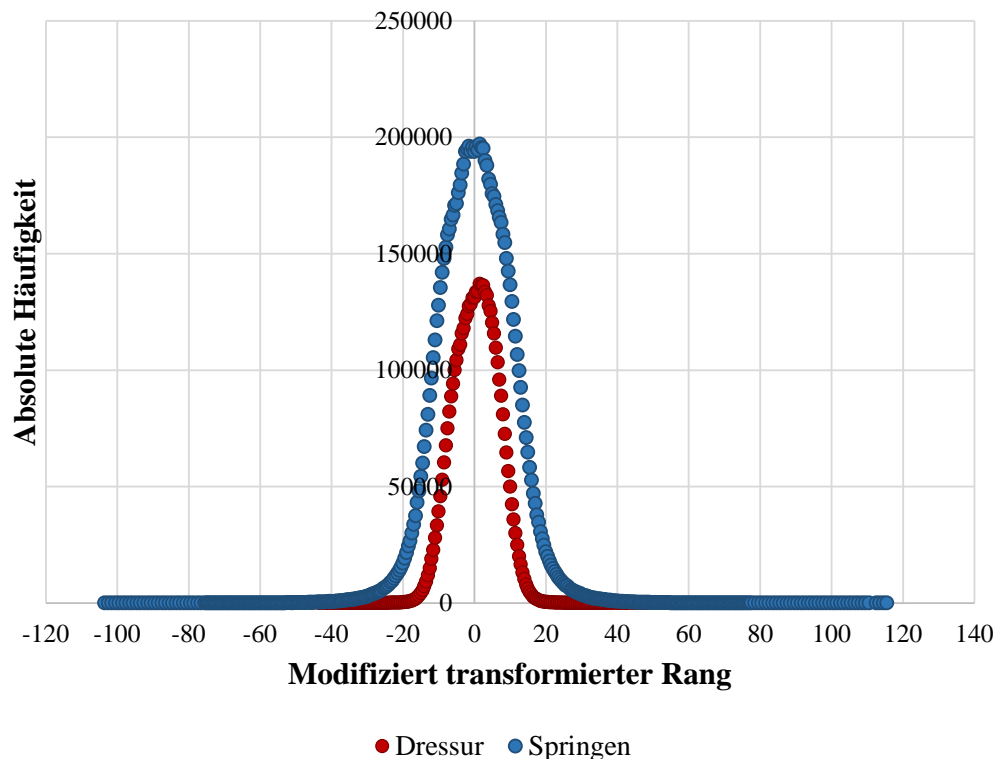


Abbildung 6: Verteilung des Merkmals modifiziert transformierter Rang im Turniersport Dressur und Springen.

Tabelle 17: Mittelwert, Standardabweichung, Minimum und Maximum des modifiziert transformierten Ranges im Turniersport Dressur und Springen.

Disziplin	N Leistungen	Mittelwert	Std.	Min	Max
Dressur	4.118.402	0,5	6,2	-49,5	48,5
Springen	9.100.183	0,4	10,2	-103,5	115,5

Die Schätzung der Varianzkomponenten und Heritabilitäten erfolgte separat für jede Prüfungsklasse. Hierfür wurden die bereits in Tabelle 16 aufgeführten Subdatensätze aus der

Datenaufbereitung des Turniersports genutzt, um einen direkten Vergleich zum bisherigen transformierten Rang zu gewährleisten.

3.2.2 Lebensergebnissumme

Die Definition des Merkmals Lebensergebnissumme orientierte sich an der Arbeit von Viklund et al. (2010) und damit am skandinavischen System der Leistungseinschätzung im Dressur- und Springsport. Hier dient die Lebenspunktesumme als Leistungsmerkmal aus dem Turniersport. Die Lebensergebnissumme ergibt sich aus der Vergabe von Punkten für jede erbrachte Leistung, welche anschließend für jedes Pferd aufsummiert werden. Das entsprechende Punktesystem ist in Tabelle 18 abgebildet. Bei jeder Leistung eines Pferdes wird ermittelt, auf welchem Anforderungsniveau es gestartet ist und ob lediglich eine Teilnahme, eine Platzierung oder ein Sieg vorliegt. Wie aus der Übersicht in Tabelle 18 ersichtlich, steigt die Anzahl für ein Ergebnis vergebener Punkte sowohl mit der Anforderung einer Prüfung als auch mit der Rangierung, so dass Qualität und Quantität der Turnierergebnisse gleichermaßen die Lebensergebnissumme beeinflussen. Analog zu Viklund et al. (2010) wurde die Lebensergebnissumme durch Bildung des dekadischen Logarithmus transformiert, anschließend wurde der Wert Eins aufaddiert, um Nullwerte auszuschließen. Die Verteilung des Merkmals ist in Abbildung 7 veranschaulicht, und die durchschnittliche Leistung in beiden Disziplinen in Tabelle 19 aufgeführt. Pferde mit Leistungen im Springen wiesen im Vergleich zu Pferden mit Leistungen in der Dressur eine wesentlich höhere mittlere Lebensergebnissumme auf. Die maximale Lebensergebnissumme im Springen von rund 11.000 Punkten war um nahezu das Sechsfache größer als in der Dressur.

Tabelle 18: Punktesystem zur Merkmalsdefinition der Lebensergebnissumme und des höchsten erreichten Niveaus im Turniersport Dressur und Springen.

Anforderungs- niveau	Mindestalter in Jahren		Teilnahme (ab 5. Platz)	Platzierung (2. - 4. Platz)	Sieg (1. Platz)
	Dressur	Springen			
A	4	5	1,0	1,3	1,6
L	5	6	2,0	2,3	2,6
M	6	6	3,0	3,3	3,6
S, S*	7	7	4,0	4,3	4,6
S**	7	7	5,0	5,3	5,6
S****, S*****	8	7	6,0	6,3	6,6

Tabelle 19: Mittelwerte, Standardabweichungen, Minima und Maxima der Lebensergebnissumme (mit und ohne Transformation) im Turniersport Dressur und Springen.

Disziplin	N Leistungen	Transformation	Mittelwert	Std.	Min - Max
Dressur	192.064	ohne	44,6	94,5	1,0 - 1.972,3
		mit	1,1	0,7	0,3 - 3,3
Springen	220.481	ohne	95,7	166,4	1,0 - 11.709,0
		mit	1,4	0,7	0,3 - 3,3

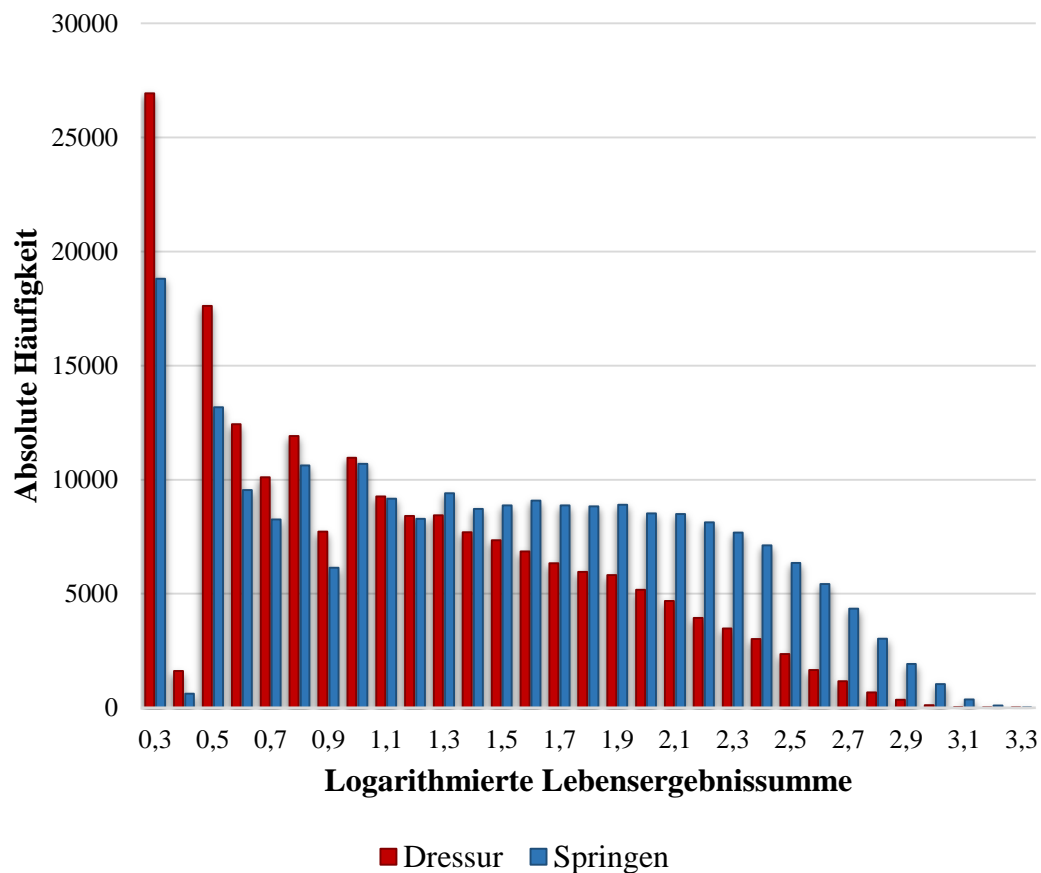


Abbildung 7: Verteilung des Merkmals logarithmierte Lebensergebnissumme im Turniersport Dressur und Springen.

3.2.3 Höchstes erreichtes Niveau im Turniersport

Das Merkmal höchstes erreichtes Niveau im Turniersport orientiert sich an dem niederländischen Sportmerkmal höchstes Niveau (Huizinga et al., 1989; Rovere et al., 2015). Es stellt die höchste im Sport erreichte Leistung eines Pferdes innerhalb der Turniersportdaten dar. Die Anforderungsniveaus, die in Tabelle 18 aufgeführt sind, richten sich nach den im

deutschen Turniersport vorhandenen Prüfungsklassen, die im Springen die Anzahl, Höhe und Weite der Hindernisse und in der Dressur die Schwierigkeit der Lektionen und ihrer Abfolge vorgeben. Im Springen konnten die Anforderungsniveaus anhand der vom vit gelieferten Daten mit Hilfe der angegebenen Prüfungsklasse über alle Stufen hinweg entnommen werden. In der Dressur traf dies für die Klassen A bis M zu, wohingegen die schweren Prüfungen einheitlich mit S gekennzeichnet waren. Die weitere Differenzierung erfolgte daher anhand der Prüfungsbezeichnungen. Dabei gehören Prüfungen mit der Bezeichnung St. Georg zum Anforderungsniveau S, Intermediaire I und II zur Klasse S** und alle Prüfungen des Grand Prix (Grand Prix, Grand Prix Special) zum höchsten Anforderungsniveau S***. Der Merkmalsdefinition des höchsten erreichten Niveaus wurde dasselbe Punktesystem zugrunde gelegt, das auch für die Ableitung der Lebensergebnissumme herangezogen wurde. Demgemäß kam auch hier neben der Schwierigkeitsklasse zum Tragen, ob eine Prüfung mit der Teilnahme, der Platzierung oder dem Sieg als Ergebnis beendet wurde (Tabelle 18). Den Wert für das jeweilige höchste Niveau erhielt ein Pferd erst dann, wenn es dieses mindestens drei Mal erreicht hatte. War die höchste Leistung ein Sieg im M-Springen, bekam ein Pferd bei dreimaligem Sieg einen Wert von 3,6 zugewiesen. Das Pferd wurde dagegen in die nächstniedrigere Leistung (3,3) abgestuft, wenn es nur ein- oder zweimal ein M-Springen gewonnen hatte, und zwar unabhängig davon, ob tatsächlich Platzierungen an zweiter bis vierter Stelle in M-Springen in den Turniersportdaten auftauchten. Durch dieses Verfahren sollte eine gewisse Absicherung der Leistungsinformation erfolgen. Die Verteilung des Merkmals ist in Abbildung 8 dargestellt und das durchschnittlich erreichte höchste Niveau im Turniersport Dressur und Springen in Tabelle 20 aufgeführt. Die mittlere Leistung im Springen lag bei gleichzeitig größerer Streuung um 0,5 höher als die mittlere Leistung in der Dressur.

Tabelle 20: Mittelwert, Standardabweichung, Minimum und Maximum des höchsten erreichten Niveaus im Turniersport Dressur und Springen.

Disziplin	N Pferde	Mittelwert	Std.	Min - Max
Dressur	192.064	1,8	1,1	1,0 - 6,6
Springen	220.481	2,3	1,3	1,0 - 6,6

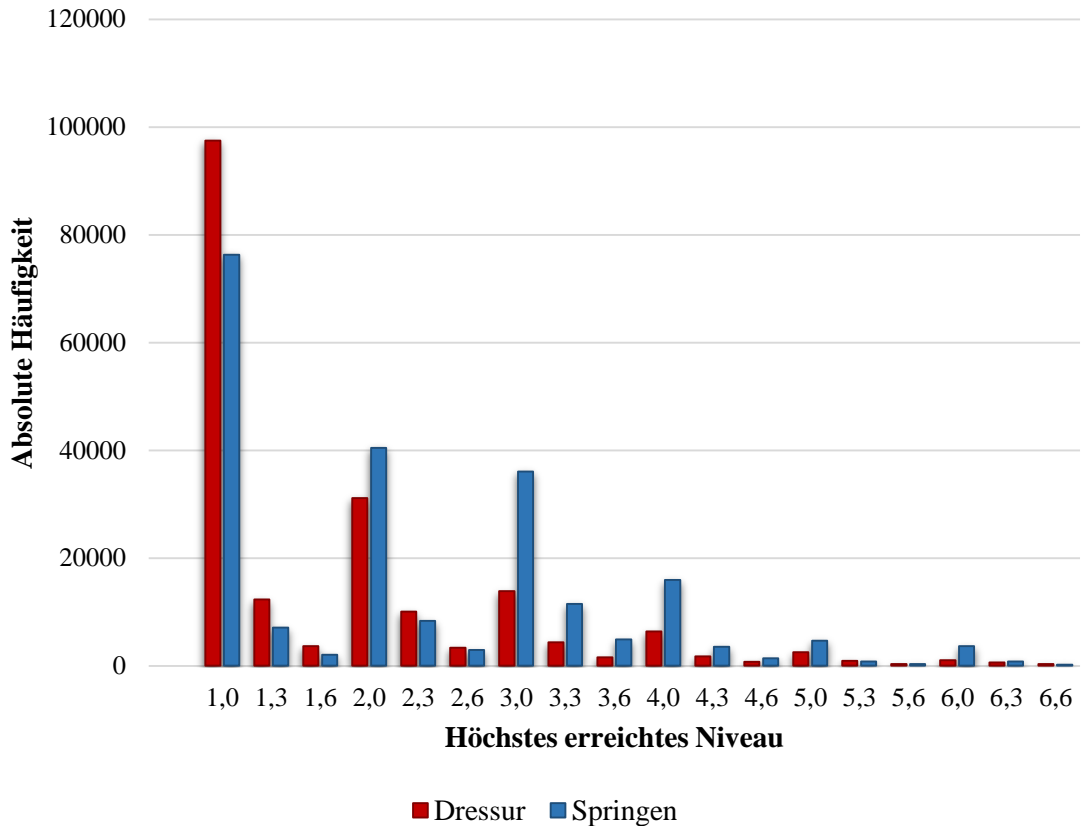


Abbildung 8: Verteilung des Merkmals höchstes erreichtes Niveau im Turniersport Dressur und Springen.

3.2.4 Beziehung zwischen den Disziplinen im Turniersport

Die Leistungsdaten aus Dressur und Springen wurden zusammengeführt, um über einen bivariaten Schätzlauf die genetische Korrelation zwischen den Merkmalen des höchsten erreichten Niveaus in Dressur und des höchsten erreichten Niveaus im Springen zu ermitteln. Dieser Datenbestand umfasste 333.966 Pferde, von denen für 78.579 Pferde Leistungen in beiden Disziplinen vorlagen.

3.2.5 Beziehungen zwischen Turniersport und Leistungsprüfungen für Zuchtpferde

Es wurde jeweils ein integrierter Datenbestand aus Leistungen im Turniersport Dressur oder Springen und den Leistungen aus Leistungsprüfungen für Stuten oder Hengste gebildet. Von den 192.064 Pferden im Turniersport Dressur wiesen 11.988 Pferde auch Leistungen in Zuchtstutenprüfungen und 3.170 Pferde auch Leistungen in Leistungsprüfungen für Hengste auf. In die Schätzung genetischer Korrelationen zu Merkmalen aus Zuchtstutenprüfungen

gingen 233.409 Pferde und zu Merkmalen aus Leistungsprüfungen für Hengste 200.015 Pferde ein.

Von den 220.547 Pferden im Turniersport Springen lagen für 12.257 Pferde auch Leistungen in Zuchtstutenprüfungen und für 4.098 Pferde auch Leistungen in Leistungsprüfungen für Hengste vor. Insgesamt wurden für die Schätzung genetischer Korrelationen zu Merkmalen aus Zuchtstutenprüfungen 261.557 Pferde und zu Merkmalen aus Leistungsprüfungen für Hengste 227.590 Pferde berücksichtigt. Über bivariate Läufe wurden die genetischen Korrelationen zwischen dem höchsten erreichten Niveau im Turniersport Dressur oder Springen und den Merkmalen aus Zuchtstutenprüfung oder Leistungsprüfung für Hengste geschätzt.

3.2.6 Hilfsmerkmal für das höchste erreichte Niveau im Turniersport

Die Definition eines Hilfsmerkmals für Turniersportleistungen erfolgte, um Effekten, die durch vorselektierte und hierdurch zensierte Daten hervorgerufen werden, entgegen zu wirken. Als Grundlage zur Definition des Hilfsmerkmals wurden die Daten zu Aufbauprüfungen gewählt, da sie von vier- bis sechsjährigen Pferden als Vorbereitung auf den Turniersport absolviert werden können. Für erst aufgrund ihrer Qualität in den Turniersport gebrachte Pferde (z. B. Importe aus dem Ausland) fehlen Informationen zu Leistung in den Aufbauprüfungen. Es wurde daher ein binäres Merkmal Aufbauprüfungssportstatus (ABP-Sportstatus) definiert, das widerspiegelte, ob ein Pferd mit Leistungen im Turniersport auch in den Aufbauprüfungen vertreten war. Lag für ein Pferd mit Turniersportinformationen eine Teilnahme in den Aufbauprüfungen vor, bekam dieses im Merkmal ABP-Sportstatus den Wert 1, andernfalls den Wert 0 zugewiesen. Von den 192.064 Pferden mit Leistungen im Turniersport Dressur wiesen 96.998 Pferde auch Leistungen in Aufbauprüfungen Dressur auf. Somit bekamen rund 50 % der Pferde eine 1 und 50 % eine 0 zugewiesen. Im Springen lagen für 142.455 von den insgesamt 220.547 Pferden auch Leistungen in Aufbauprüfungen vor. 65 % erhielten daher eine 1 und 35 % der Pferde im Turniersport eine 0 im Merkmal ABP-Sportstatus. Über bivariate Schätzläufe wurden die genetischen Parameter für das Sport- und Hilfsmerkmal in der Dressur und im Springen ermittelt.

3.3 Genetisch-statistische Analysen

Die genetischen Analysen umfassten die Schätzung der Varianzkomponenten und Zuchtwerte. Die Schätzung der Varianzkomponenten wurde mit den Softwarepaketen ASReml3 (Gilmour et al., 2009) und VCE6 (Groeneveld et al., 2008) durchgeführt. Die Schätzung der Zuchtwerte erfolgte ebenfalls mit ASReml3 (Gilmour et al., 2009) und PEST (Groeneveld et al., 1990) unter Zugrundelegung der zuvor mittels VCE6 (Groeneveld et al., 2008) geschätzten genetischen Parameter. Die individuellen Sicherheiten (S_i) der Zuchtwerte ergaben sich aus der Formel $S_i = 1 - (se^2 / \sigma_a^2)$, wobei lediglich das Programm ASReml3 (Gilmour et al., 2009) die Standardfehler der tierindividuellen Zuchtwerte (se^2) ausweist. Die Erstellung des Pedigrees mit einer Tiefe von vier Ahnengenerationen erfolgte mittels eines eigenen Programmes.

Anhand der geschätzten Varianzkomponenten wurden die Heritabilitäten bestimmt. Diese stellen den Anteil der additiv-genetischen Varianz (σ_a^2) an der phänotypischen Varianz (σ_p^2) dar und ergeben sich unter Anwendung des Tiermodells aus der Formel $h^2 = \sigma_a^2 / \sigma_p^2$. Phänotypische und additiv-genetische Korrelationen zwischen den untersuchten Merkmalen wurden in bivariaten Läufen geschätzt. Die Berechnung erfolgte über die Varianzen und

Kovarianzen der beiden Merkmale: $r_{xy} = \frac{\text{cov}(xy)}{\sqrt{\text{var}(x) * \text{var}(y)}}$.

Dabei stellen x und y die zwei Merkmale dar, cov(xy) die Kovarianz zwischen diesen beiden Merkmalen und var(x) beziehungsweise var(y) die Varianz der zu betrachtenden Merkmale. Sofern wiederholte Beobachtungen eines Pferdes in die Analysen eingingen (transformierter und modifiziert transformierter Rang), erfolgte die Berechnung der Wiederholbarkeiten (w^2)

gemäß der Formel $w^2 = \frac{\sigma_a^2 + \sigma_{pe}^2}{\sigma_a^2 + \sigma_{pe}^2 + \sigma_e^2}$.

3.3.1 Zuchtwertstandardisierung

Die Standardisierung der Zuchtwerte erfordert die Definition einer Basispopulation. Diese umfasste in der vorliegenden Arbeit alle zwischen 2002 und 2006 geborenen Hengste, die eine Eigenleistung oder mindestens fünf Nachkommen mit Leistungen im Turniersport Dressur beziehungsweise Springen aufwiesen. In der Dressur bildeten 408 Hengste und im Springen 532 Hengste die entsprechende Basispopulation. Die mittleren Naturalzuchtwerte

dieser Basishengste sind in Tabelle 7 im Anhang aufgeführt. Analog zum Vorgehen in der Routinezuchtwertschätzung für Pferde wurden die Relativzuchtwerte (RZW) auf einen Mittelwert von 100 und die Streuung unter Bezugnahme auf die genetische Standardabweichung auf 20 Punkte eingestellt. Die folgende Formel wurde zur Standardisierung der Zuchtwerte herangezogen:

$$RZW = \frac{(ZW - \bar{x})}{\sigma_a} * 20 + 100.$$

Dabei steht ZW für den geschätzten Naturalzuchtwert, \bar{x} für den Mittelwert der Naturalzuchtwerte der Basispopulation und σ_a für die additiv-genetische Standardabweichung.

3.3.2 Zuchtwertauswertungen

Die differenzierte Auswertung der Zuchtwerte wurde für die alternative Merkmalsdefinition höchstes erreichtes Niveau im Turniersport Dressur und Springen mit der SAS Software 9.4 (SAS Institute 2013) durchgeführt. Im Einzelnen dienten die folgenden Analysen der Untersuchung der Zuchtwertverteilungen:

- grafische Darstellung der Zuchtwerte (Verteilungsplot als „Punktewolken“)
- Darstellung genetischer Trends
- Berechnung von Zuchtwertkorrelationen
- Berechnung und Darstellung von Zuchtwertdifferenzen.

Die vorgenommenen Vergleiche der Zuchtwerte sind in Abbildung 9 illustriert. Die Vergleiche bezogen sich zum einen auf die Gegenüberstellung der Zuchtwerte unterschiedlicher Merkmalsdefinitionen (bisherige und alternative Merkmalsdefinition) und zum anderen auf die Gegenüberstellung der Relativzuchtwerte des höchsten erreichten Niveaus 2014 und 2016^(*) zur Überprüfung der Zuchtwertstabilität. Diese wurden zusätzlich durch den Vergleich der Naturalzuchtwerte zum Zeitpunkt 2009 und 2014 geprüft (nicht in Abbildung 9 dargestellt).

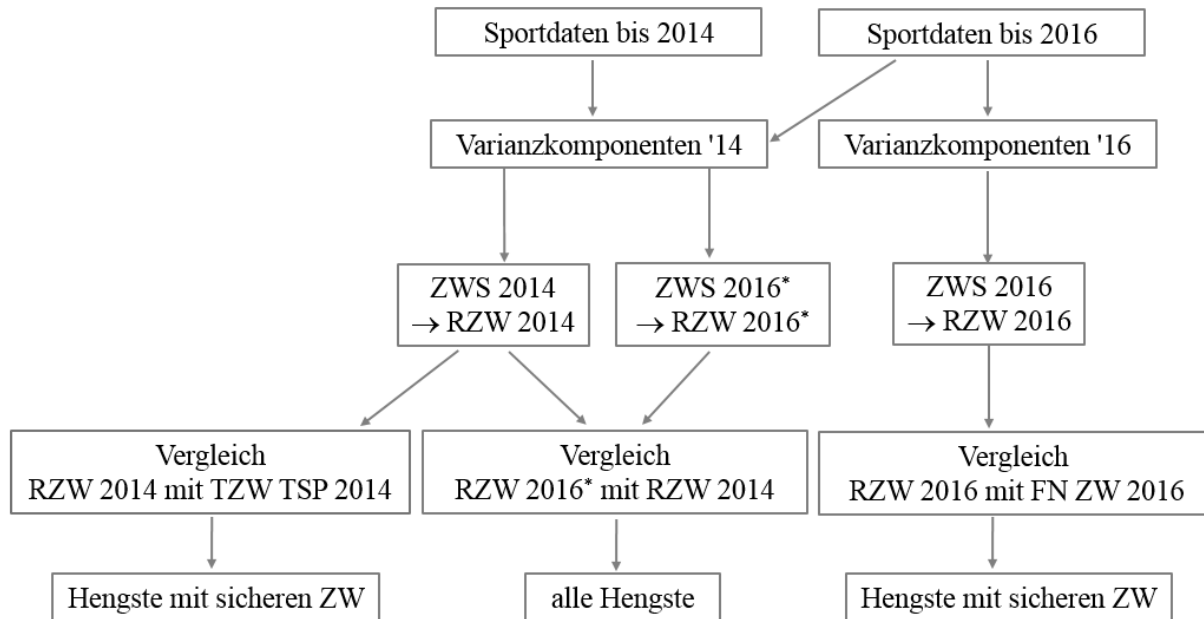


Abbildung 9: Arbeitsschritte für den Vergleich von Zuchtwerten.

Vergleich der Zuchtwerte unterschiedlicher Merkmalsdefinitionen

Diese beiden Vergleiche beruhen auf der Gegenüberstellung der Zuchtwerte für den transformierten Rang und der Zuchtwerte für das höchste erreichte Niveau in den Jahren 2014 und 2016. Die Zuchtwerte für den transformierten Rang in 2014 und 2016 wurden vom vit für alle Hengste bereitgestellt. Zunächst wurde ein Vergleich der Relativzuchtwerte 2014 für das höchste erreichte Niveau mit den Teilzuchtwerten Turniersport 2014 für den transformierten Rang aus der Integrierten Zuchtwertschätzung vorgenommen. Die Zuchtwerte für das höchste erreichte Niveau wurden auf die gleiche Basispopulation wie die aus der Integrierten Zuchtwertschätzung standardisiert. Diese enthielt Hengste der Geburtsjahre 1999 bis 2003, die über eine Eigenleistung oder mindestens fünf Nachkommen in Hengstleistungsprüfungen verfügten. Die Basispopulation der Integrierten Zuchtwertschätzung umfasste 1.144 Hengste. Diese Hengste wurden anhand des vorliegenden Datenmaterials auf die Hengste im Turniersport gefiltert und als Basispopulation zur Standardisierung des Relativzuchtwertes des höchsten erreichten Niveaus herangezogen. Die daraus resultierende Anzahl Basishengste und die mittleren Naturalzuchtwerte sind der Tabelle 7 im Anhang zu entnehmen.

Der zweite Vergleich bezog sich auf die Relativzuchtwerte für das höchste erreichte Niveau aus dem Jahr 2016, die den FN Zuchtwerten für den transformierten Rang 2016

gegenübergestellt wurden. Auch hier diente die Basispopulation der FN Zuchtwertschätzung zur Standardisierung der Relativzuchtwerte. Diese setzte sich analog zur Basispopulation der Integrierten Zuchtwertschätzung zusammen, nur dass Hengste der Geburtsjahre 2001 bis 2005 berücksichtigt wurden. Insgesamt bildeten 1.082 Hengste die Basispopulation.

Die Korrelation zwischen den Zuchtwerten beider Merkmalsdefinitionen wurde mit Hilfe des Korrelationskoeffizienten nach Pearson überprüft. Zudem wurden die Verteilungen der Zuchtwerte beider Merkmale in einem Plot grafisch gegenübergestellt.

Die Zuchtwertdifferenzen wurden aus den Zuchtwerten für den transformierten Rang und den Relativzuchtwerten für das höchste erreichte Niveau gebildet und anhand ihrer Häufigkeit als Balkendiagramm dargestellt. Die Auswertungen bezogen sich dabei auf Hengste, die im Relativzuchtwert Sicherheiten von mindestens 75 % erreichten.

Vergleich der Relativzuchtwerte 2014 und 2016^(*)

Zunächst wurde die Verteilung der Relativzuchtwerte 2014 und 2016, die jeweils mit den Varianzkomponenten für Leistungen bis 2014 beziehungsweise 2016 geschätzt wurden, grafisch dargestellt und die mittleren Relativzuchtwerte je Geburtsjahr als genetische Trends für Hengste mit einer Zuchtwertsicherheit von mindestens 75 % abgebildet.

Der Vergleich der Relativzuchtwerte 2014 und 2016^{*} diente der Zuchtwertvalidierung und der Überprüfung der Zuchtwertstabilität. Unter Verwendung der Varianzkomponenten, die anhand der Leistungen bis 2014 ermittelt wurden, erfolgten Zuchtwertschätzungen für die Jahre 2014 und 2016. Beide Zuchtwerte wurden auf die gleiche Basispopulation standardisiert, die bereits unter dem Punkt „Zuchtwertstandardisierung“ erläutert wurde. Neben der Verteilung der Zuchtwerte wurden auch Korrelationskoeffizienten nach Pearson und Zuchtwertdifferenzen für alle Hengste analysiert.

Vergleich der Naturalzuchtwerte 2009 und 2014

Eine weitere Überprüfung der Zuchtwertstabilität erfolgte durch die Gegenüberstellung der Naturalzuchtwerte aus den Jahren 2009 und 2014. In die Zuchtwertschätzung 2009, die mit den Varianzkomponenten aus der Schätzung 2014 erfolgte, gingen Dressurleistungen von 148.948 Pferden und Springleistungen von 166.256 Pferden ein. In der Auswertung wurden die Hengste berücksichtigt, für die bis 2009 maximal zwei beziehungsweise ein Nachkommen

und 2014 mindestens fünf, drei oder zehn Nachkommen in den Turniersportdaten Dressur beziehungsweise Springen vorlagen. Die Gegenüberstellung erfolgte ebenfalls mittels eines Verteilungsplots (für Hengste mit maximal zwei Nachkommen bis 2009 und mindestens fünf Nachkommen bis 2014) und der Überprüfung der Korrelationskoeffizienten nach Pearson.

3.3.3 Index-Zuchtwerte für das höchste erreichte Niveau mit Hilfsmerkmal

Das Hilfsmerkmal ABP-Sportstatus wurde definiert, um Vorselektionseffekten entgegen zu wirken. Die bivariat ermittelten Zuchtwerte für das höchste erreichte Niveau im Turniersport und den ABP-Sportstatus wurden nach der unter „Zuchtwertstandardisierung“ definierten Basispopulation standardisiert. Aus beiden wurde ein Index-Zuchtwert, der den Zuchtwert für das höchste erreichte Niveau zu 75 % und den ABP-Sportstatus zu 25 % berücksichtigte, gebildet. Dieser Index-Zuchtwert wurde dem univariat geschätzten Relativzuchtwert für das höchste erreichte Niveau im Jahr 2014 gegenübergestellt. Der Vergleich bezog sich auf Hengste, die in der univariaten Schätzung eine Zuchtwertsicherheit von mindestens 75 % erreichten. Hierzu wurde die Verteilung der Index-Zuchtwerte und der univariaten Relativzuchtwerte in einem Plot grafisch abgebildet und die Differenzen zwischen den beiden Zuchtwerten dargestellt.

3.4 Modelle

Die Entwicklung der statistischen Modelle erfolgte mit dem Statistikprogramm SAS Version 9.4 (SAS Institute 2013) unter Anwendung der Prozedur MIXED mit der Methode ML (Maximum Likelihood). Dazu wurden zunächst die Optimierung der Erwartungswertstruktur und damit die Überprüfung der fixen Einflussfaktoren unter Beachtung der Signifikanzen und der AIC-Werte (Akaike Information Criterion) durchgeführt. Der AIC-Wert berücksichtigt neben der Güte der Anpassung auch die Komplexität des Modells und wird durch folgende Formel ausgedrückt: $AIC = (-2) * \max.(\log)Likelihood + 2 * \text{Anzahl geschätzter Parameter}$.

Die Überprüfung des zufälligen additiv-genetischen Tiereffektes und des permanenten Umwelteffektes erfolgten aufgrund begrenzter Rechenkapazität nicht mit der SAS Software. Die linearen Schätzmodelle, die sich nach den Analysen für die jeweiligen Leistungen der Prüfungsarten als am geeignetsten erwiesen, sind im Folgenden aufgeführt.

- Zuchtstuten- und Veranlagungsprüfung:

$$y_{ij} = \mu + P_i + a_j + e_{ij}$$

y_{ij} = Beobachtungswert des Pferdes im jeweiligen Merkmal

μ = Populationsmittel

P_i = fixer Effekt des i-ten Prüfungsdurchgangs

a_j = zufälliger additiv-genetischer Effekt des j-ten Pferdes

e_{ij} = zufälliger Resteffekt

- Hengstleistungsprüfung:

$$y_{ijk} = \mu + P_i + A_j + a_k + e_{ijk}$$

y_{ijk} = Beobachtungswert des Pferdes im jeweiligen Merkmal

μ = Populationsmittel

P_i = fixer Effekt des i-ten Prüfungsdurchgangs

A_j = fixer Effekt der j-ten Altersgruppe

a_k = zufälliger additiv-genetischer Effekt des k-ten Pferdes

e_{ijk} = zufälliger Resteffekt

- Transformationen des Ranges im Turniersport und Wertnote in Aufbauprüfungen:

$$y_{ijkl} = \mu + P_i + A_j + L_k + p_l + a_l + e_{ijkl}$$

y_{ijkl} = Beobachtungswert des Pferdes im jeweiligen Merkmal

μ = Populationsmittel

P_i = fixer Effekt der i-ten Prüfung

A_j = fixer Effekt der j-ten Geschlecht*Altersklasse

L_k = fixer Effekt der k-ten Leistungsklasse des Reiters*Jahr

p_l = zufälliger permanenter Umwelteffekt des l-ten Pferdes

a_l = zufälliger additiv-genetischer Effekt des l-ten Pferdes

e_{ijkl} = zufälliger Resteffekt

- Lebensergebnisumme und Aufbauprüfungssportstatus:

$$y_{ijk} = \mu + S_i + G_j + a_k + e_{ijk}$$

y_{ijk} = Beobachtungswert des Pferdes im jeweiligen Merkmal

μ = Populationsmittel

S_i = fixer Effekt des i-ten Geschlechtes

G_j = fixer Effekt des j-ten Geburtsjahres

a_k = zufälliger additiv-genetischer Effekt des k-ten Pferdes

e_{ijk} = zufälliger Resteffekt

- höchstes erreichtes Niveau im Turniersport:

$$y_{ijkl} = \mu + S_i + A_j + J_k + a_l + e_{ijkl}$$

y_{ijkl} = Beobachtungswert des Pferdes im Merkmal höchstes erreichtes Niveau

μ = Populationsmittel

S_i = fixer Effekt des i-ten Geschlechtes

A_j = fixer Effekt des j-ten maximalen Alters der Pferde im Datenmaterial

J_k = fixer Effekt des k-ten Jahres, in dem das höchste Niveau erreicht wurde

a_l = zufälliger additiv-genetischer Effekt des l-ten Pferdes

e_{ijkl} = zufälliger Resteffekt

Analog ergibt sich die folgende Matrixschreibweise:

$$Y = Xb + Za + e$$

mit dem Erwartungswert $E(y) = Xb$ und $E(a) = E(b) = 0$

Y = Vektor der Beobachtungswerte

X = Designmatrix der fixen Effekte

b = Vektor der fixen Effekte

Z = Designmatrix der zufälligen Effekte

a = Vektor der zufälligen Effekte

e = Vektor der zufälligen Resteffekte

4 Ergebnisse

Die neu geschätzten genetischen Parameter für die bisher verwendeten Merkmale aus den Leistungsprüfungen für Zuchtpferde sowie aus den Aufbau- und Turniersportprüfungen, die in der FN Zuchtwertschätzung Anwendung finden, werden nachfolgend vorgestellt. Desweiteren sind die Ergebnisse der neu erarbeiteten alternativen Merkmalsdefinitionen für Turniersportleistungen wiedergegeben. Dabei wird insbesondere das Merkmal höchstes erreichtes Niveau im Turniersport näher beleuchtet.

4.1 Populationsparameter bisheriger Merkmale

4.1.1 Leistungsprüfung für Zuchtstuten

In der aktuellen Routinezuchtwertschätzung der FN wird nicht zwischen Leistungen aus Zuchtstutenprüfungen im Feld und auf Station unterschieden. In der vorliegenden Studie wurden genetische Parameter für die Merkmale aus Feld- und Stationsleistungsprüfung zunächst getrennt mittels bivariater und anschließend gemeinsam mittels univariater Schätzläufe ermittelt. Die Ergebnisse der Schätzungen sind in den Tabellen 21 - 23 aufgeführt. Die additiv-genetischen Varianzen waren für die vergleichbaren Merkmale aus Feld- und Stationsleistungsprüfung sehr ähnlich. Für die Merkmale aus der Zuchtstutenprüfung auf Station ergaben sich mit Ausnahme der Rittigkeit geringere Restvarianzen und phänotypische Varianzen, aber höhere Heritabilitäten als für die Merkmale aus Feldprüfungen. Die niedrigsten Heritabilitäten wurden für die Merkmale Schritt aus Feldprüfungen und Rittigkeit aus Stationsprüfungen geschätzt, während sich die höchsten Heritabilitäten für den Trab in beiden Prüfungsformen ergaben. Die Ergebnisse für Merkmale aus der gemeinsamen Schätzung lagen in gleicher Größenordnung wie aus der separaten Schätzung für Merkmale aus Feldleistungsprüfungen. Hier wurde ebenfalls die höchste Heritabilität für den Trab und die niedrigste für den Schritt geschätzt.

Tabelle 21: Additiv-genetische Varianz (σ^2_a), Restvarianz (σ^2_e), phänotypische Varianz (σ^2_p) und Heritabilität (h^2) für Merkmale der Zuchtstutenprüfung im Feld und auf Station aus gemeinsamer und getrennter Schätzung.

Merkmal	ZSP Feld				ZSP Station				ZSP Feld und Station			
	σ^2_a	σ^2_e	σ^2_p	$h^{2(1)}$	σ^2_a	σ^2_e	σ^2_p	$h^{2(2)}$	σ^2_a	σ^2_e	σ^2_p	$h^{2(3)}$
Schritt	0,16	0,51	0,68	0,24	0,15	0,33	0,48	0,31	0,16	0,47	0,63	0,26
Trab	0,19	0,31	0,50	0,38	0,19	0,21	0,40	0,48	0,23	0,34	0,57	0,40
Galopp	0,18	0,36	0,33	0,33	0,16	0,21	0,36	0,43	0,18	0,32	0,51	0,36
Rittigkeit	0,15	0,37	0,52	0,29	0,15	0,50	0,66	0,23	0,15	0,38	0,53	0,28
Freispringen	0,32	0,59	0,91	0,35	0,29	0,33	0,62	0,47	0,30	0,54	0,84	0,36

(¹) Standardfehler = 0,01; (²) Standardfehler = 0,03; (³) Standardfehler = 0,01

Zwischen den analogen Merkmalen der Zuchtstutenprüfung im Feld und auf Station wurden additiv-genetische Korrelationen von $r_g = 0,84 - 0,95$ geschätzt (Tabelle 22). Demnach kann aus genetischer Sicht von nahezu identischen beziehungsweise für Freispringen von sehr ähnlichen Merkmalen ausgegangen werden, weshalb die Daten beider Prüfungsformen für Folgeanalysen zusammengeführt wurden. Phänotypisch grenzen sich die vergleichbaren Merkmale zwischen den Prüfungsformen voneinander ab ($r_p = 0,26 - 0,41$).

Tabelle 22: Genetische (r_g) und phänotypische (r_p) Korrelationen sowie deren Standardfehler (se) zwischen den analogen Merkmalen der Zuchtstutenprüfung im Feld und auf Station.

Merkmal	r_g	se	r_p	se
Schritt	0,94	0,03	0,26	0,01
Trab	0,95	0,03	0,41	0,01
Galopp	0,93	0,03	0,35	0,01
Rittigkeit	0,92	0,04	0,24	0,01
Freispringen	0,84	0,03	0,34	0,02

Die genetischen und phänotypischen Korrelationen zwischen den einzelnen Merkmalen der Zuchtstutenprüfung (beide Prüfungsformen) sind in Tabelle 23 dargestellt. Die additiv-genetischen Korrelationen zwischen den Dressurmerkmalen lagen auf mittlerem bis hohem Niveau ($r_g = 0,57 - 0,81$). Hiervon wiesen die Merkmale Trab, Galopp und Rittigkeit die engsten genetischen Beziehungen zueinander auf. Die Merkmalsbeziehungen zwischen dem

Freispringen und den Dressurmerkmalen korrelierten dagegen nicht beziehungsweise schwach positiv ($r_g \leq 0,20$).

Im Gegensatz zu den additiv-genetischen Korrelationen lagen die phänotypischen Korrelationen mit Schätzwerten von $r_p = 0,06 - 0,61$ auf deutlich niedrigerem Niveau. Die Merkmale Galopp und Trab zeigten sich sehr eng korreliert, während sich das Freispringen und die Dressurmerkmale als sehr schwach korreliert erwiesen.

Tabelle 23: Heritabilitäten, genetische (oberhalb der Diagonalen) und phänotypische (unterhalb der Diagonalen) Korrelationen mit nachgestellten Standardfehlern für Merkmale der Zuchtstutenprüfung.

	Schritt	Trab	Galopp	Rittigkeit	Freispringen
Schritt	0,26 0,01	0,61 0,02	0,57 0,02	0,62 0,02	0,03 0,02
Trab	0,37 0,004	0,40 0,01	0,81 0,01	0,81 0,01	0,09 0,02
Galopp	0,36 0,004	0,61 0,003	0,36 0,01	0,80 0,01	0,20 0,02
Rittigkeit	0,36 0,004	0,50 0,003	0,51 0,003	0,28 0,01	0,12 0,03
Freispringen	0,06 0,004	0,10 0,01	0,15 0,003	0,12 0,01	0,36 0,01

4.1.2 Leistungsprüfungen für Hengste

Die Ergebnisse der Schätzung genetischer Parameter für Merkmale aus der Veranlagungs- und Hengstleistungsprüfung sind in Tabelle 24 aufgeführt. Die additiv-genetischen Varianzen waren für die vergleichbaren Merkmale sehr ähnlich, allerdings ergaben sich geringfügig höhere Schätzwerte für die Merkmale Galopp, Rittigkeit und Freispringen aus der Hengstleistungsprüfung. Restvarianzen und phänotypische Varianzen zeigten höhere Schätzwerte für die Merkmale der Hengstleistungsprüfung. Der Schritt stellte sich als einziges Merkmal mit annähernd gleichen Varianzkomponenten in beiden Prüfungsformen dar. Die Heritabilitäten für Merkmale aus der Veranlagungsprüfung lagen mit Schätzwerten von $h^2 = 0,41 - 0,74$ auf höherem Niveau als die Heritabilitäten für Merkmale aus der Hengstleistungsprüfung ($h^2 = 0,33 - 0,47$). In beiden Prüfungsformen wurden die höchsten Werte für die Merkmale Freispringen und Trab und die niedrigsten Werte für Schritt und Galopp geschätzt.

Tabelle 24: Additiv-genetische Varianz (σ_a^2), Restvarianz (σ_e^2), phänotypische Varianz (σ_p^2), Heritabilität (h^2) und Standardfehler (se) für Merkmale der Veranlagungs- und Hengstleistungsprüfung.

Merkmal	VA					HLP				
	σ_a^2	σ_e^2	σ_p^2	h^2	se	σ_a^2	σ_e^2	σ_p^2	h^2	se
Schritt	0,27	0,39	0,66	0,41	0,05	0,21	0,43	0,64	0,33	0,03
Trab	0,39	0,16	0,55	0,71	0,05	0,34	0,38	0,72	0,47	0,03
Galopp	0,20	0,15	0,36	0,56	0,05	0,22	0,31	0,54	0,42	0,03
Rittigkeit	0,21	0,21	0,42	0,50	0,05	0,28	0,50	0,79	0,36	0,03
Freispringen	0,37	0,13	0,51	0,74	0,05	0,46	0,53	0,98	0,47	0,03
Parcoursspringen						0,51	0,75	1,26	0,40	0,03

Die additiv-genetischen Korrelationen zwischen den analogen Merkmalen aus der Hengstleistungs- und Veranlagungsprüfung lagen mit Korrelationskoeffizienten von $r_g \geq 0,98$ auf sehr hohem Niveau (Tabelle 25). Aufgrund dieser sehr engen genetischen Beziehungen der analogen Merkmale zueinander, wurden die Daten aus der Veranlagungs- und Hengstleistungsprüfung für Folgeanalysen zusammengefasst.

Die phänotypischen Korrelationen lagen im Gegensatz zu den genetischen Korrelationen auf deutlich niedrigerem Niveau ($r_p = 0,45 - 0,66$).

Tabelle 25: Genetische (r_g), phänotypische (r_p) Korrelationen sowie deren Standardfehler (se) zwischen den analogen Merkmalen aus Veranlagungs- und Hengstleistungsprüfung.

Merkmal	r_g	se	r_p	se
Schritt	>0,99	<0,01	0,45	0,01
Trab	0,99	0,01	0,66	0,01
Galopp	0,98	0,01	0,58	0,01
Rittigkeit	>0,99	<0,01	0,52	0,01
Freispringen	0,98	0,02	0,57	0,01

In Tabelle 26 sind die phänotypischen und additiv-genetischen Korrelationskoeffizienten zwischen den Merkmalen der Veranlagungsprüfung und zwischen den Merkmalen der Hengstleistungsprüfung dargestellt. In beiden Prüfungsformen zeigten sich die Dressurmerkmale genetisch sehr eng korreliert ($r_g = 0,55 - 0,89$, VA; $r_g = 0,65 - 0,82$, HLP). Hier wurden die engsten Beziehungen zwischen dem Trab und der Rittigkeit geschätzt.

Während das Freispringen in negativer genetischer Beziehung zu den Dressurmerkmalen aus Veranlagungsprüfungen stand, waren die genetischen Korrelationen zwischen den Spring- und Dressurmerkmalen aus Hengstleistungsprüfungen teilweise deutlich positiv.

Die phänotypischen Korrelationen lagen im Vergleich zu den additiv-genetischen Korrelationen mit Schätzwerten von $r_p = -0,05 - 0,68$ (VA) und $r_p = 0,11 - 0,71$ (HLP) auf geringerem Niveau. Die Merkmale Trab, Galopp und Rittigkeit erwiesen sich sowohl in Veranlagungs- als auch in Hengstleistungsprüfung als eng korreliert. In der Veranlagungsprüfung stellten sich das Freispringen und die Dressurmerkmale als phänotypisch unkorreliert dar. Im Gegensatz dazu korrelierten die Spring- und Dressurmerkmale aus der Hengstleistungsprüfung leicht positiv. Die phänotypische Beziehung zwischen dem Frei- und Parcourspringen der Hengstleistungsprüfung lag auf mittlerem Niveau ($r_p = 0,55$).

Tabelle 26: Heritabilitäten, genetische (oberhalb der Diagonalen) und phänotypische (unterhalb der Diagonalen) Korrelationen mit nachgestellten Standardfehlern für Merkmale der Veranlagungsprüfung und der Hengstleistungsprüfung .

	Schritt	Trab	Galopp	Rittigkeit	Freispringen	Parcourspringen
<i>VA</i>						
Schritt	0,41 0,05	0,65 0,06	0,55 0,07	0,64 0,06	-0,31 0,08	
Trab	0,41 0,02	0,71 0,05	0,79 0,03	0,89 0,03	-0,32 0,07	
Galopp	0,38 0,02	0,68 0,01	0,56 0,05	0,84 0,04	-0,18 0,07	
Rittigkeit	0,41 0,02	0,65 0,01	0,61 0,01	0,50 0,05	-0,35 0,07	
Freispringen	-0,02 0,02	-0,05 0,02	0,08 0,02	0,02 0,02	0,74 0,05	
<i>HLP</i>						
Schritt	0,33 0,03	0,72 0,04	0,68 0,04	0,65 0,05	-0,15 0,07	-0,05 0,07
Trab	0,52 0,01	0,47 0,03	0,81 0,02	0,82 0,03	-0,06 0,06	0,01 0,06
Galopp	0,51 0,01	0,71 0,01	0,42 0,03	0,80 0,03	0,17 0,05	0,21 0,06
Rittigkeit	0,47 0,01	0,66 0,01	0,63 0,01	0,36 0,03	0,03 0,06	0,20 0,06
Freispringen	0,11 0,01	0,12 0,01	0,20 0,01	0,20 0,01	0,47 0,03	0,93 0,02
Parcourspringen	0,16 0,01	0,19 0,01	0,27 0,01	0,33 0,01	0,55 0,01	0,40 0,03

4.1.3 Beziehung zwischen Merkmalen aus Leistungsprüfungen für Zuchtpferde

Die additiv-genetischen und phänotypischen Korrelationskoeffizienten zwischen den vergleichbaren Merkmalen aus der Zuchtstutenprüfung und Veranlagungs- beziehungsweise Hengstleistungsprüfung sind in Tabelle 27 aufgeführt. Zudem sind die additiv-genetischen Korrelationen zwischen allen Merkmalen der Zuchtstutenprüfung und der Veranlagungs- beziehungsweise Hengstleistungsprüfung im Anhang in den Tabellen 1 und 2 dargestellt.

Es ergaben sich sehr enge genetische Korrelationen zwischen den analogen Merkmalen, wobei höhere Korrelationskoeffizienten für die Merkmale Schritt, Rittigkeit und Freispringen aus der Zuchtstuten- und Hengstleistungsprüfung geschätzt wurden.

Phänotypisch korrelierten die vergleichbaren Merkmale aus den Leistungsprüfungen für Stuten und Hengste weniger eng ($r_p = 0,25 - 0,40$).

Tabelle 27: Genetische (r_g) und phänotypische (r_p) Korrelationen und deren Standardfehler (se) zwischen den analogen Merkmalen aus Zuchtstutenprüfung und Veranlagungs- bzw. Hengstleistungsprüfung.

Merkmal	ZSP gegen VA				ZSP gegen HLP			
	r_g	se	r_p	se	r_g	se	r_p	se
Schritt	0,77	0,06	0,25	0,02	0,89	0,03	0,26	0,02
Trab	0,89	0,03	0,33	0,02	0,89	0,03	0,26	0,02
Galopp	0,89	0,03	0,40	0,02	0,89	0,02	0,34	0,01
Rittigkeit	0,89	0,04	0,32	0,02	0,94	0,02	0,29	0,02
Freispringen	0,88	0,04	0,39	0,02	0,95	0,03	0,31	0,02

4.1.4 Aufbauprüfungen

Die genetischen Parameter für das Merkmal Wertnote aus Aufbauprüfungen Dressur und Springen, welches auch in der aktuellen Routinezuchtwertschätzung für Reitpferde in Deutschland Anwendung findet, sind in Tabelle 28 dargestellt. Die additiv-genetische Varianz und die permanente Umweltvarianz waren für Dressur geringfügig niedriger ($\sigma_a^2 = 0,07$; $\sigma_{pe}^2 = 0,13$) als für Springen ($\sigma_a^2 = 0,11$; $\sigma_{pe}^2 = 0,16$). Die Restvarianz für die Wertnote im Springen war hingegen deutlich höher als für die Wertnote in der Dressur. Daraus resultierte ein geringerer Heritabilitätsschätzwert von $h^2 = 0,09$ und eine niedrigere Wiederholbarkeit von $w^2 = 0,21$ für Springen als für Dressur ($h^2 = 0,12$; $w^2 = 0,34$).

Tabelle 28: Additiv-genetische Varianz (σ^2_a), permanente Umweltvarianz (σ^2_{pe}), Restvarianz (σ^2_e), Heritabilität (h^2), Standardfehler (se) und Wiederholbarkeit (w^2) für das Merkmal Wertnote in Aufbauprüfungen Dressur und Springen.

Disziplin	σ^2_a	σ^2_{pe}	σ^2_e	h^2	se	w^2
Dressur	0,07	0,13	0,38	0,12	0,006	0,34
Springen	0,11	0,16	1,04	0,09	0,004	0,21

4.1.5 Turniersportprüfungen

Die geschätzten Varianzkomponenten und Heritabilitäten für das bisherige Zuchtwertschätzmerkmal transformierter Rang im Turniersport Dressur und Springen sind separat für jede Prüfungsklasse und über alle Prüfungsklassen hinweg in Tabelle 29 aufgeführt. Aus der Schätzung resultierten Heritabilitäten auf niedrigem Niveau ($h^2 \leq 0,15$), wobei geringfügig höhere Schätzwerte für Dressur als für Springen ermittelt wurden, die sich zudem mit steigendem Anforderungsniveau erhöhten. Die niedrigsten Heritabilitäten ergaben sich für Leistungen in der leichten Klasse (L) in der Dressur ($h^2 = 0,05$) und in der Anfängerklasse (A) im Springen ($h^2 = 0,02$).

Unterschiede zwischen den geschätzten Varianzkomponenten für den transformierten Rang in den Prüfungsklassen der beiden Disziplinen zeigten sich vor allem in den Restvarianzen. So ergaben sich für die Prüfungsklassen in der Dressur nur halb so große Werte ($\sigma^2_e = 0,70 - 1,08$) wie im Springen ($\sigma^2_e = 1,04 - 2,79$). Im Gegensatz zur Dressur zeigte sich im Springen ein Anstieg der Restvarianzen mit zunehmendem Anforderungsniveau. Die Wiederholbarkeiten waren in der Dressur ($w^2 = 0,28 - 0,46$) ungefähr doppelt so groß wie im Springen ($w^2 = 0,14 - 0,15$).

Tabelle 29: Additiv-genetische Varianz (σ^2_a), permanente Umweltvarianz (σ^2_{pe}), Restvarianz (σ^2_e), Heritabilität (h^2), Standardfehler (se) und Wiederholbarkeit (w^2) für den transformierten Rang in den einzelnen Prüfungsklassen im Turniersport Dressur und Springen.

Disziplin	Prüfungs- klasse/n	N _L ¹	N _P ²	σ^2_a	σ^2_{pe}	σ^2_e	h^2	se	w^2
Dressur	A	16.989	76.194	0,11	0,32	1,11	0,07	0,007	0,28
	L	32.367	85.617	0,07	0,31	0,90	0,05	0,005	0,29
	M	24.933	67.321	0,09	0,36	0,80	0,07	0,006	0,36
	S	12.318	57.851	0,18	0,41	0,70	0,14	0,010	0,46
	alle	28.763	76.299	0,28	0,50	1,04	0,15	0,008	0,43
	ohne S	25.883	70.237	0,19	0,46	1,08	0,11	0,007	0,38
Springen	A	24.948	71.721	0,05	0,27	1,82	0,02	0,008	0,15
	L	46.183	113.926	0,07	0,26	1,99	0,03	0,002	0,14
	M	34.393	85.295	0,11	0,26	2,26	0,04	0,004	0,14
	S	25.832	65.103	0,18	0,30	2,31	0,06	0,005	0,15
	alle	37.252	91.016	0,18	0,28	2,79	0,06	0,003	0,14
	ohne S	42.232	101.668	0,14	0,27	2,53	0,05	0,003	0,14

¹N_L - Anzahl Leistungstiere, ²N_P - Anzahl Pedigreetiere

4.2 Populationsparameter neuer Merkmalsdefinitionen

Für die Erarbeitung neuer Merkmalsdefinitionen dienten Leistungen im Turniersport als Grundlage, da diese einen direkten Bezug zum Zuchtziel des Reit- und Sportpferdes haben. Im Folgenden werden die Ergebnisse aus der genetischen Parameterschätzung für die drei alternativen Merkmalsdefinitionen für Leistungen im Turniersport vorgestellt. Zudem sind die Ergebnisse der weiterführenden Analysen für das Merkmal höchstes erreichtes Niveau im Turniersport aufgeführt.

4.2.1 Modifiziert transformierter Rang

Die Schätzungen der genetischen Parameter für den modifiziert transformierten Rang erfolgten separat für die einzelnen Prüfungsklassen in Dressur und Springen und sind in Tabelle 30 aufgeführt. Die geschätzten Heritabilitäten waren für Dressur geringfügig höher ($h^2 = 0,05 - 0,14$) als für Springen ($h^2 = 0,02 - 0,06$). In beiden Disziplinen wurde der höchste Schätzwert für Leistungen der schweren Prüfungsklasse ermittelt. In den Prüfungsklassen im Springen wurden gegenüber der Dressur höhere Varianzkomponenten geschätzt. Ähnlich wie

bei der bisherigen Transformation des Ranges ergaben sich ansteigende Wiederholbarkeiten mit zunehmendem Anforderungsniveau in der Dressur ($w^2 = 0,26 - 0,44$).

Tabelle 30: Additiv-genetische Varianz (σ_a^2), permanente Umweltvarianz (σ_{pe}^2), Restvarianz (σ_e^2), Heritabilität (h^2), Standardfehler (se) und Wiederholbarkeit (w^2) für den modifiziert transformierten Rang in den einzelnen Prüfungsklassen im Turniersport Dressur und Springen.

Disziplin	Prüfungs- klasse	N _L ¹	N _P ²	σ_a^2	σ_{pe}^2	σ_e^2	h^2	se	w^2
Dressur	A	16.989	76.194	5,0	13,9	53,5	0,07	0,007	0,26
	L	32.367	85.617	2,9	13,1	39,2	0,05	0,005	0,29
	M	24.933	67.321	3,7	14,7	34,1	0,07	0,006	0,35
	S	12.318	57.851	7,3	16,6	29,9	0,14	0,010	0,44
Springen	A	24.948	71.721	3,1	17,1	124,6	0,02	0,003	0,14
	L	46.183	113.926	5,0	19,5	156,0	0,03	0,002	0,14
	M	34.393	85.295	9,8	20,6	196,5	0,04	0,004	0,13
	S	25.832	65.103	14,6	25,7	209,7	0,06	0,005	0,16

¹ N_L - Anzahl Leistungstiere, ² N_P - Anzahl Pedigreetiere

4.2.2 Lebensergebnissumme und höchstes erreichtes Niveau im Turniersport

Die Ergebnisse der Schätzung genetischer Parameter für die Merkmalsdefinitionen Lebensergebnissumme und höchstes erreichtes Niveau im Turniersport Dressur und Springen sind in Tabelle 31 aufgeführt. Die geschätzten Heritabilitäten ordneten sich zwischen $h^2 = 0,16$ und $h^2 = 0,37$ ein. Dabei erwiesen sich die Merkmale in der Dressur als niedriger heritabel als die Merkmale im Springen. Zudem ergaben sich in beiden Disziplinen höhere Schätzwerte für die Merkmalsdefinition höchstes erreichtes Niveau als für die Lebensergebnissumme. In Tabelle 31 sind die Ergebnisse aus der Schätzung genetischer Parameter für Leistungen bis Ende 2014 für beide Merkmale und zusätzlich für das Merkmal höchstes erreichtes Niveau aus der Schätzung auf erweiterter Datengrundlage (Turniersport bis Ende 2016) aufgeführt. Sowohl die Varianzkomponenten als auch die Heritabilitäten aus den Schätzläufen 2014 und 2016 waren nahezu identisch.

Tabelle 31: Additiv-genetische Varianz (σ_a^2), Restvarianz (σ_e^2), Heritabilität (h^2) und Standardfehler (se) für die Lebensergebnisumme und das höchste erreichte Niveau im Turniersport Dressur und Springen.

			Lebensergebnisumme				Höchstes erreichte Niveau			
	N_L^1	N_P^2	σ_a^2	σ_e^2	h^2	se	σ_a^2	σ_e^2	h^2	se
Datenbestand Dressur										
2014	192.064	410.078	0,06	0,33	0,16	0,005	0,22	0,73	0,23	0,006
2016	209.607	415.138					0,22	0,75	0,22	0,005
Datenbestand Springen										
2014	220.547	441.366	0,11	0,38	0,22	0,005	0,44	0,78	0,36	0,006
2016	242.419	451.834					0,46	0,79	0,37	0,006

¹ N_L - Anzahl Leistungstiere, ² N_P - Anzahl Pedigreetiere

Die Erwartungswerte des höchsten erreichten Niveaus im Turniersport Dressur und Springen in den einzelnen Altersgruppen des fixen Effektes „maximales Alter im Turniersport“ sind in Abbildung 10 dargestellt. In beiden Disziplinen ist ein Anstieg der korrigierten Mittelwerte mit zunehmendem maximalem Alter im Turniersportdatenmaterial zu verzeichnen.

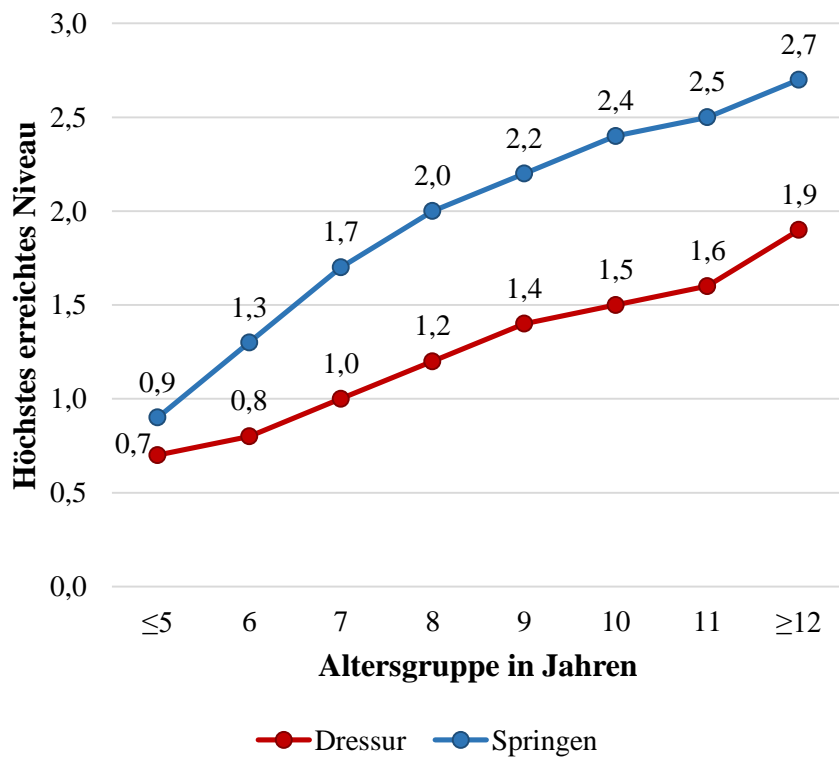


Abbildung 10: Korrigierte Mittelwerte des höchsten erreichten Niveaus im Turniersport Dressur und Springen in den einzelnen Effektstufen des maximalen Alters.

4.2.3 Genetische Beziehung zwischen den Disziplinen im Turniersport

Zwischen dem höchsten erreichten Niveau in der Dressur und dem höchsten erreichten Niveau im Springen wurde eine genetische Korrelation von $r_g = 0,44$ geschätzt (Tabelle 32). Die aus bivariaten Schätzläufen resultierenden Varianzkomponenten für beide Sportmerkmale stimmen mit denen aus den univariaten Schätzungen (Tabelle 31) überein.

Tabelle 32: Bivariat ermittelte additiv-genetische Varianz (σ_a^2), Restvarianz (σ_e^2), Heritabilität (h^2) und genetische Korrelation (r_g) mit in Klammern stehenden Standardfehlern für das höchste erreichte Niveau im Turniersport Dressur und Springen.

Disziplin	N _L ¹	N _P ²	σ_a^2	σ_e^2	h^2	r_g
Dressur	333.850	570.764	0,22	0,75	0,22 (0,01)	0,44
Springen			0,44	0,80	0,36 (0,01)	(0,006)

¹ N_L - Anzahl Leistungstiere, ² N_P - Anzahl Pedigreetiere

4.2.4 Beziehungen zwischen Turniersport und Leistungsprüfungen für Zuchtpferde

Die additiv-genetischen Korrelationen zwischen den Merkmalen aus den Leistungsprüfungen für Zuchtpferde und dem höchsten erreichten Niveau im Turniersport Dressur und Springen sind in Tabelle 33 aufgeführt. Das höchste erreichte Niveau im Turniersport Dressur und die Dressurmerkmale aus Zuchtstutenprüfungen erwiesen sich mit Schätzwerten von $r_g = 0,54 - 0,78$ als eng korreliert. Zu den Dressurmerkmalen aus Leistungsprüfungen für Hengste wurden geringere additiv-genetische Korrelationen ($r_g = 0,43 - 0,63$) geschätzt. Die engsten Beziehungen lagen zwischen dem Sportmerkmal Dressur und den Gangarten Galopp und Trab aus Zuchtstutenprüfungen sowie Rittigkeit und Trab aus Leistungsprüfungen für Hengste vor. Zu den Springmerkmalen aus Leistungsprüfungen für Stuten und Hengste wurden kaum bis leicht negative genetische Korrelationen geschätzt. Demgegenüber waren enge genetische Korrelationen zwischen dem höchsten erreichten Niveau im Springen und den Springmerkmalen aus Leistungsprüfungen für Zuchtpferde festzustellen ($r_g > 0,66$). Das Sportmerkmal korrelierte mit den Dressurmerkmalen aus Zuchtstutenprüfungen schwach bis leicht positiv ($r_g = 0,03 - 0,23$) und mit den Dressurmerkmalen aus Leistungsprüfungen für Hengste schwach bis leicht negativ ($r_g = -0,12 - +0,04$).

Tabelle 33: Genetische Korrelationen zwischen dem höchsten erreichten Niveau im Turniersport Dressur bzw. Springen und den Merkmalen aus Leistungsprüfungen für Zuchtperde mit in Klammern stehenden Standardfehlern.

Merkmal	Höchstes erreichtes Niveau Dressur		Höchstes erreichtes Niveau Springen	
	ZSP	HLP/VA	ZSP	HLP/VA
Schritt	0,54 (0,02)	0,43 (0,03)	0,03 (0,02)	-0,12 (0,03)
Trab	0,77 (0,02)	0,60 (0,03)	0,10 (0,02)	-0,08 (0,02)
Galopp	0,69 (0,02)	0,49 (0,03)	0,23 (0,02)	0,04 (0,01)
Rittigkeit	0,78 (0,02)	0,63 (0,04)	0,09 (0,03)	-0,08 (0,03)
Freispringen	-0,04 (0,02)	-0,16 (0,03)	0,71 (0,02)	0,66 (0,03)
Parcoursspringen		-0,02 (0,04)		0,72 (0,04)

4.2.5 Höchstes erreichtes Niveau im Turniersport mit Hilfsmerkmal

Die in bivariaten Schätzläufen ermittelten genetischen Parameter für das höchste erreichte Niveau im Turniersport und den Aufbauprüfungssportstatus sind für beide Disziplinen in Tabelle 34 aufgeführt. Die Heritabilitäten des Sportmerkmals von $h^2 = 0,21$ in Dressur und $h^2 = 0,34$ im Springen waren unwesentlich geringer als die univariat ermittelten Schätzwerte (Tabelle 31). Für das Hilfsmerkmal Aufbauprüfungssportstatus wurden Heritabilitäten von $h^2 = 0,17$ in der Dressur und $h^2 = 0,29$ im Springen geschätzt. Zwischen dem höchsten erreichten Niveau und dem Aufbauprüfungssportstatus ergab sich eine höhere genetische Korrelation in der Dressur ($r_g = 0,5$) als im Springen ($r_g = 0,05$).

Tabelle 34: Additiv-genetische Varianz (σ_a^2), Restvarianz (σ_e^2), Heritabilität (h^2), genetische Korrelation (r_g) und in Klammern stehende Standardfehler für das höchste erreichte Niveau und den ABP-Sportstatus im Turniersport Dressur und Springen.

Disziplin	Höchstes erreichtes Niveau im TSP			ABP-Sportstatus			r_g
	σ_a^2	σ_e^2	h^2	σ_a^2	σ_e^2	h^2	
Dressur	0,20	0,74	0,21 (0,005)	0,03	0,15	0,17 (0,005)	0,50 (0,02)
Springen	0,40	0,80	0,34 (0,006)	0,04	0,10	0,29 (0,006)	0,05 (0,01)

4.3 Zuchtwertauswertungen

Die folgenden Ergebnisse beziehen sich auf die Auswertung der Relativzuchtwerte für das Merkmal höchstes erreichtes Niveau im Turniersport. Es wurde ein Vergleich der Relativzuchtwerte für das höchste erreichte Niveau mit den Zuchtwerten für das bisherige Merkmal transformierter Rang 2014 / 2016 und ein Vergleich der Relativzuchtwerte aus dem Jahr 2014 und 2016^(*) (Abbildung 9) sowie 2009 und 2014 durchgeführt.

4.3.1 Vergleich RZW 2014 und TZW Turniersport 2014

Der Vergleich des alternativen Merkmals höchstes erreichtes Niveau im Turniersport mit dem bisherigen Merkmal transformierter Rang erfolgte anhand der Relativzuchtwerte (RZW) aus der Schätzung 2014 und den Teilzuchtwerten (TZW) Turniersport aus der Integrierten Zuchtwertschätzung 2014. Der Vergleich wurde mit Hengsten, die im Relativzuchtwert höchstes erreichtes Niveau Sicherheiten von mindestens 75 % erreichten, durchgeführt. Die Korrelation zwischen den Relativzuchtwerten höchstes erreichtes Niveau und den Teilzuchtwerten Turniersport für den transformierten Rang wurde mit Hilfe des Korrelationskoeffizienten nach Pearson überprüft und in einem Verteilungsplot grafisch dargestellt (Abbildung 11). Beide Zuchtwerte erwiesen sich als sehr eng korreliert ($r \sim 0,9$). Die grafische Verteilung der Zuchtwerte ließ erkennen, dass einzelne Hengste außerhalb der dichten Punktwolke liegen, was die deutlicheren Differenzen zwischen beiden Zuchtwerten widerspiegelt. Die Differenzen wurden aus den Teilzuchtwerten Turniersport und den Relativzuchtwerten höchstes erreichtes Niveau gebildet und sind in Tabelle 35 aufgeführt sowie im Anhang in Abbildung 1 grafisch dargestellt. Es lag eine durchschnittliche Zuchtwertdifferenz von 3,4 Zuchtwertpunkten in Dressur und 2,8 Zuchtwertpunkten im Springen vor. Demnach waren die Zuchtwerte für das neue Merkmal tendenziell höher als die Zuchtwerte für das bisherige Merkmal. Die Spanne der Differenzen reichte von -29,7 bis 44,5 Zuchtwertpunkten in der Dressur und -31,5 bis +43,3 Zuchtwertpunkten im Springen. In der Dressur lagen die Zuchtwerte bei jeweils 10 % der Hengste zehn und mehr Zuchtwertpunkte niedriger beziehungsweise 16 und mehr Zuchtwertpunkte höher. Im Vergleich dazu ergaben sich im Springen hinsichtlich der Zuchtwertdifferenzen, dass jeweils 10 % der Hengste um 11,5 und mehr Zuchtwertpunkte niedrigere Zuchtwerte beziehungsweise um 17 und mehr Zuchtwertpunkte höhere Zuchtwerte erhielten.

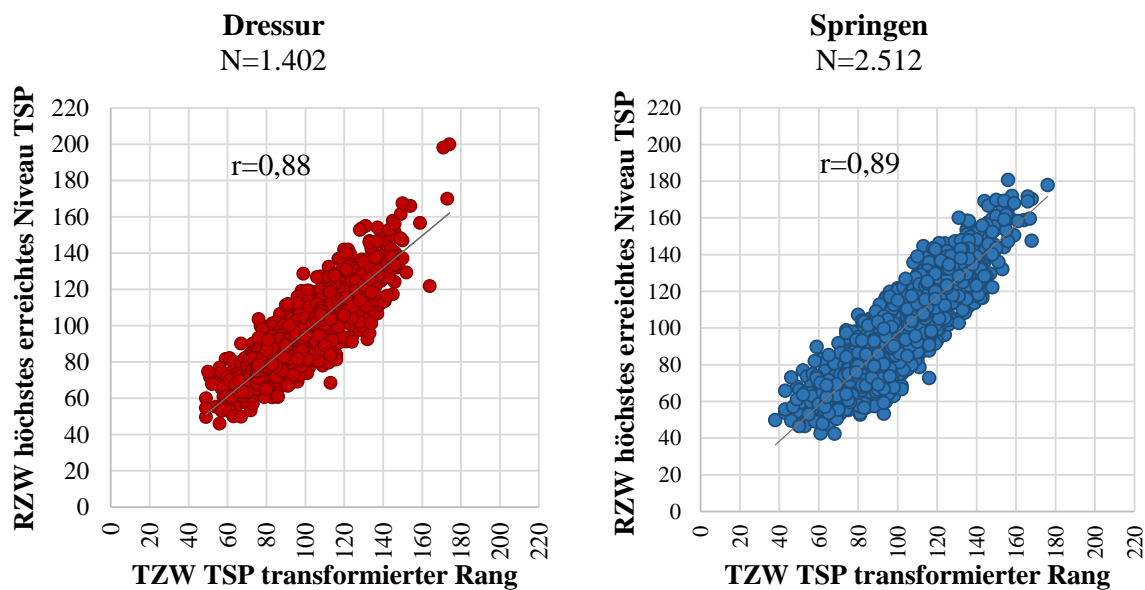


Abbildung 11: Verteilung der RZW höchstes erreichtes Niveau und der TZW Turniersport transformierter Rang in der Dressur (links) und im Springen (rechts) mit Korrelationskoeffizient nach Pearson (r) für Hengste mit einer Zuchtwertsicherheit von mind. 75 %.

Tabelle 35: Lageparameter und Perzentile für Zuchtwertdifferenzen aus dem TZW Turniersport transformierter Rang und dem RZW höchstes erreichtes Niveau für Hengste mit einer Zuchtwertsicherheit von mind. 75 %.

Disziplin	N Hengste	Mittelwert	Std.	Min - Max	P10	P90
Dressur	1.402	3,4	10,3	-29,7 - 44,5	-10,0	16,0
Springen	2.512	2,8	10,8	-31,5 - 43,3	-11,5	17,0

4.3.2 Vergleich RZW 2016 und FN ZW 2016

Für den Vergleich der Relativzuchtwerte für das höchste erreichte Niveau im Turniersport und den FN Zuchtwerten für den transformierten Rang aus dem Jahr 2016 wurden Zuchtwertkorrelationen und Zuchtwertdifferenzen für Hengste, die eine Sicherheit von mindestens 75 % im Relativzuchtwert erreichten, abgebildet. Die Verteilungen der Zuchtwerte beider Merkmalsdefinitionen sind in Abbildung 12 für Dressur und Springen dargestellt. Zwischen den Zuchtwerten wurde ein Korrelationskoeffizient nach Pearson von $r = 0,84$ in der Dressur und $r = 0,89$ im Springen ermittelt.

Die Zuchtwertdifferenzen wurden aus den FN Zuchtwerten und den Relativzuchtwerten 2016 gebildet und sind in Abbildung 2 (Anhang) grafisch dargestellt und in Tabelle 36 aufgeführt.

Für Springen ergab sich eine geringfügig niedrigere mittlere Zuchtwertdifferenz von -7,3 Zuchtwertpunkten als für Dressur (-4,1 Zuchtwertpunkte). Jeweils 10 % der Hengste erhielten um 17 und mehr Zuchtwertpunkte niedrigere beziehungsweise sechs und mehr Zuchtwertpunkte höhere Zuchtwerte in der Dressur. Dagegen lagen für Springen bei jeweils 10 % der Hengste die Zuchtwerte um 22 und mehr Zuchtwertpunkte niedriger beziehungsweise um sieben und mehr Zuchtwertpunkte höher.

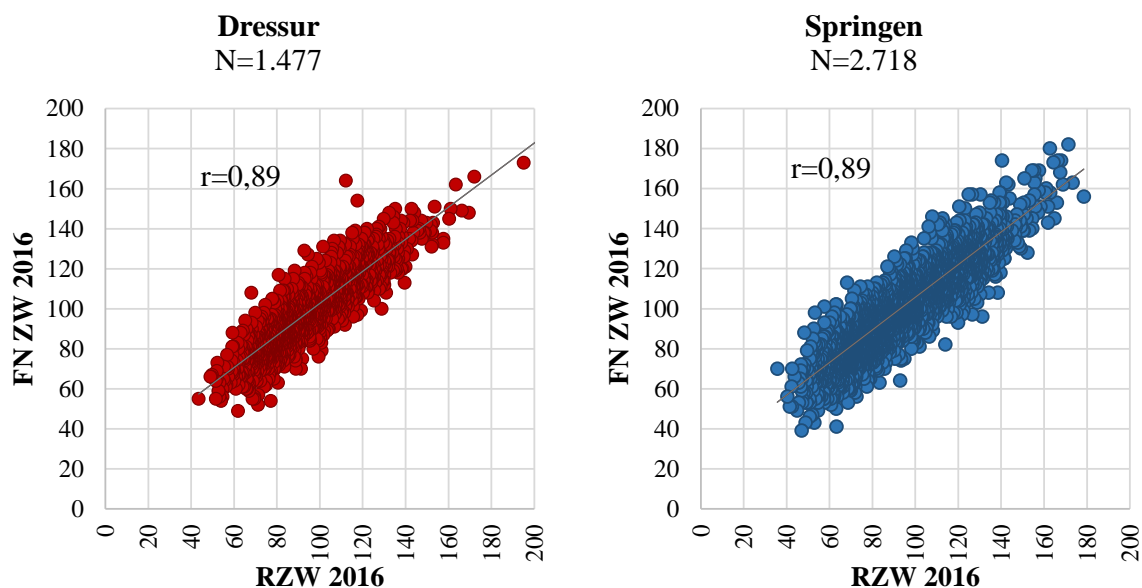


Abbildung 12: Verteilung der RZW höchstes erreichtes Niveau 2016 und FN ZW transformierter Rang 2016 in der Dressur und im Springen mit Korrelationskoeffizient nach Pearson (r) für Hengste mit einer Zuchtwertsicherheit von mind. 75 %.

Tabelle 36: Lageparameter und Perzentile für Zuchtwertdifferenzen aus dem FN ZW 2016 und dem RZW 2016 für Hengste mit einer Zuchtwertsicherheit von mind. 75 %.

Disziplin	N Hengste	Mittelwert	Std.	Min - Max	P10	P90
Dressur	1.477	-4,1	9,9	-51,9 - 40,9	-17	6
Springen	2.718	-7,3	11,0	-45,0 - 35,2	-22	7

4.3.3 Darstellung der Relativzuchtwerte 2014 und 2016

Die Verteilungen der Relativzuchtwerte für das höchste erreichte Niveau im Turniersport in den Disziplinen Dressur und Springen 2014 und 2016 sind in den Abbildungen 13 und 14 für Hengste mit einer Zuchtwertsicherheit von mindestens 75 % grafisch dargestellt. Die dazugehörige deskriptive Statistik ist in Tabelle 37 aufgeführt. Für die Dressur wurden 2014

im Mittel 84,6 Zuchtwertpunkte für Hengste geschätzt, ein geringfügig niedrigerer Durchschnittswert als im Jahr 2016. Für das höchste erreichte Niveau im Turniersport Springen ergaben sich vergleichsweise geringere durchschnittliche Zuchtwerte für Hengste, die zudem eine größere Varianz aufwiesen. Die Verteilungen der Relativzuchtwerte zeigten in beiden Disziplinen und Schätzungen eine Linksschiefe.

Tabelle 37: Mittelwerte, Standardabweichungen, Minima und Maxima der RZW höchstes erreichtes Niveau 2014 und 2016 in der Dressur und im Springen für Hengste mit einer Zuchtwertsicherheit von mind. 75 %.

Disziplin	Jahr	N Hengste	Mittelwert	Std.	Min - Max
Dressur	2014	1.402	84,6	21,0	37 - 191
	2016	1.542	86,4	21,5	37 - 199
Springen	2014	2.522	79,2	24,2	26 - 164
	2016	2.729	79,9	24,3	24 - 167

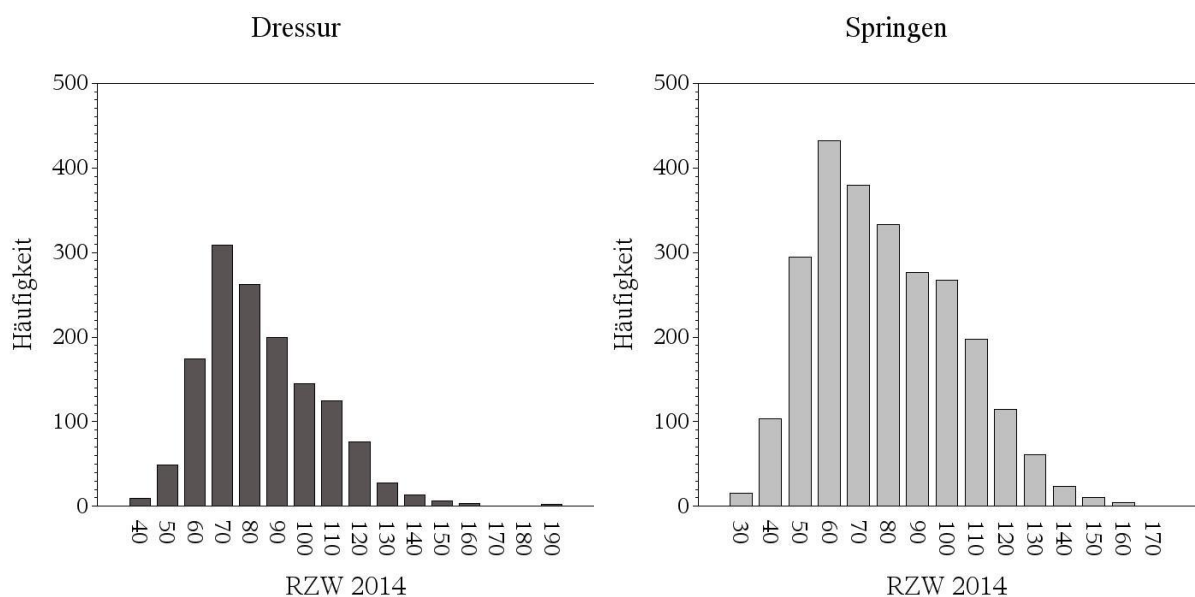


Abbildung 13: Verteilung der RZW höchstes erreichtes Niveau 2014 in der Dressur (links) und im Springen (rechts) von Hengsten mit einer Zuchtwertsicherheit von mind. 75 %.

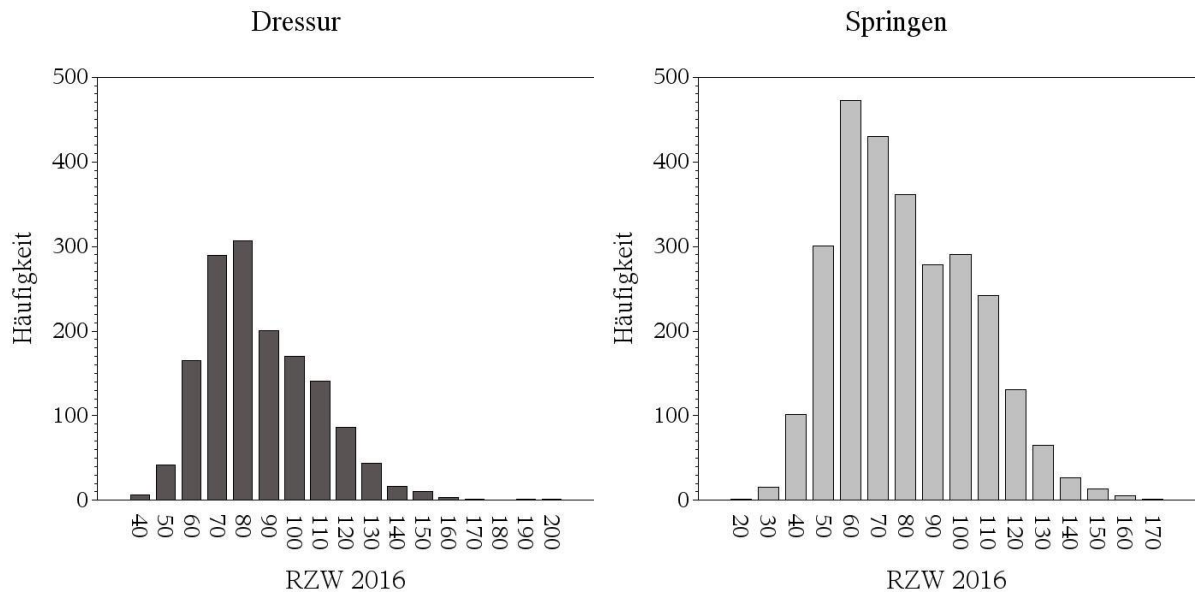


Abbildung 14: Verteilung der RZW höchstes erreichtes Niveau 2016 in der Dressur (links) und im Springen (rechts) von Hengsten mit einer Zuchtwertsicherheit von mind. 75 %.

Die genetischen Trends für das Merkmal höchstes erreichtes Niveau im Turniersport sind in den Abbildungen 15 und 16 für Hengste mit einer Zuchtwertsicherheit von mindestens 75 % für die Schätzungen 2014 und 2016 dargestellt. In beiden Disziplinen war ein positiver genetischer Trend zu verzeichnen, der im Springen einen geringfügig steileren Anstieg als in der Dressur zeigte. Im Mittel wurde ein jährlicher Zuchtfortschritt von 1,2 Zuchtwertpunkten in der Dressur und 1,3 (ZWS 2014) beziehungsweise 1,2 (ZWS 2016) Zuchtwertpunkten im Springen erreicht. Während sich die jährlichen mittleren Relativzuchtwerte zwischen den Schätzläufen in der Dressur kaum unterschieden, lagen im Springen ab dem Geburtsjahr 1993 (mit Ausnahme des Geburtsjahres 1999) höhere Relativzuchtwerte aus der Schätzung 2014 vor.

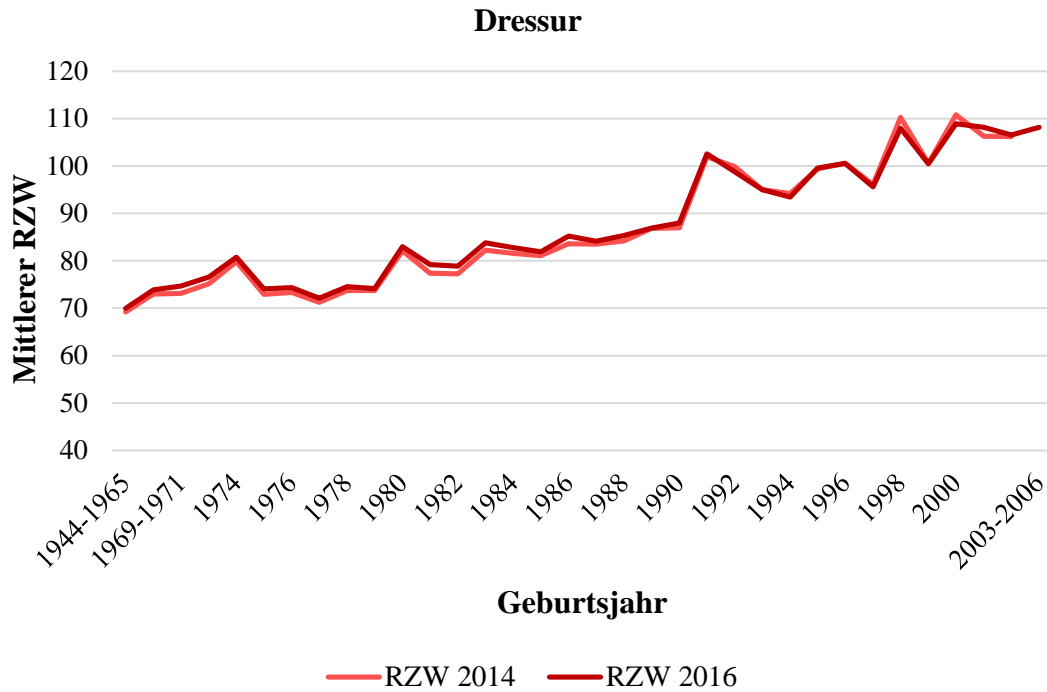


Abbildung 15: Genetische Trends für das höchste erreichte Niveau im Turniersport Dressur aus der ZWS 2014 und 2016 für Hengste mit einer Zuchtwertsicherheit von mind. 75 %.

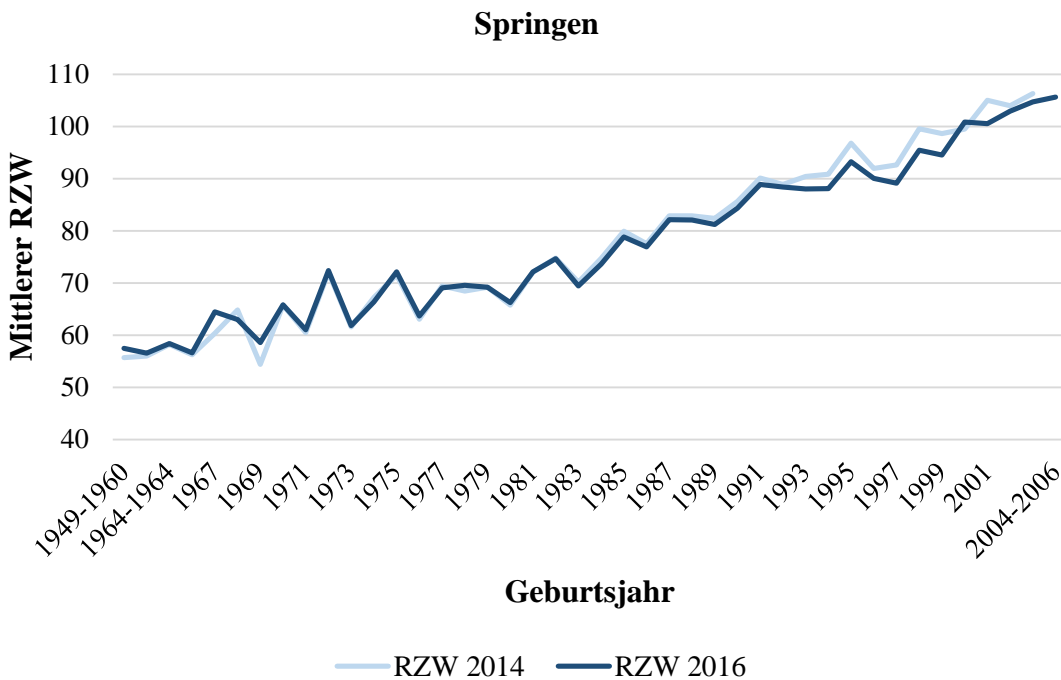


Abbildung 16: Genetische Trends für das höchste erreichte Niveau im Turniersport Springen aus der ZWS 2014 und 2016 für Hengste mit einer Zuchtwertsicherheit von mind. 75 %.

4.3.4 Vergleich der Relativzuchtwerte 2014 und 2016*

Die Relativzuchtwerte 2014 und 2016* für das höchste erreichte Niveau stammen aus den mit Varianzkomponenten für Leistungen bis 2014 durchgeführten Zuchtwertschätzungen. Die deskriptive Statistik der Verteilung der Zuchtwerte aus beiden Schätzläufen ist für alle Hengste in Tabelle 38 aufgeführt. Zwischen den Schätzungen 2014 und 2016* waren in beiden Disziplinen nur geringfügige Unterschiede festzustellen. Es lag eine größere Spannweite der Zuchtwerte aus dem Jahr 2016 vor.

Tabelle 38: Mittelwerte, Standardabweichungen, Minima und Maxima der RZW höchstes erreichtes Niveau 2014 und 2016* in Dressur und Springen für alle Hengste.

Disziplin	Datenschnitt	N Hengste	Mittelwert	Std.	Min - Max
Dressur	2014	13.070	73,5	18,3	25,9 - 198,9
	2016	14.222	72,6	18,6	22,6 - 199,8
Springen	2014	14.204	72,8	22,3	19,8 - 164,8
	2016	15.588	72,7	22,5	17,4 - 169,5

Die grafische Verteilung der Relativzuchtwerte 2014 und 2016* ist in Abbildung 17 dargestellt. In beiden Disziplinen zeigten sich die Relativzuchtwerte 2014 und 2016* als sehr eng korreliert ($r = 0,99$). Geringfügige Unterschiede ließen sich bei Betrachtung der Zuchtwertdifferenzen, die aus dem Relativzuchtwert 2016* und dem Relativzuchtwert 2014 gebildet wurden, herausstellen. Diese sind in Abbildung 3 im Anhang grafisch dargestellt und in Tabelle 39 deskriptiv beschrieben. Es ergab sich eine mittlere Zuchtwertdifferenz von -1 Zuchtwertpunkt für Dressur und -0,2 Zuchtwertpunkten für Springen. Jeweils 10 % der Hengste erhielten dabei um drei und mehr (Springen) beziehungsweise 3,5 und mehr (Dressur) Zuchtwertpunkte niedrigere Zuchtwerte. In beiden Disziplinen hatten 10 % der Hengste um mindestens einen Zuchtwertpunkt höhere Zuchtwerte.

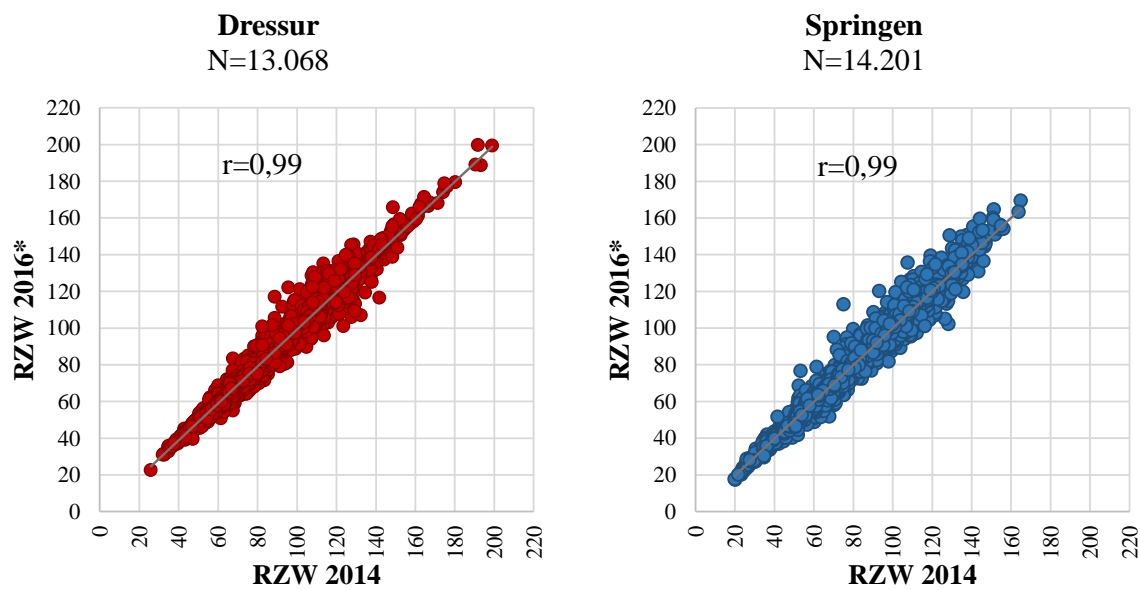


Abbildung 17: Verteilung der RZW höchstes erreichtes Niveau 2014 und 2016* in der Dressur und im Springen mit Korrelationskoeffizient nach Pearson (r) für alle Hengste.

Tabelle 39: Lageparameter und Perzentile für Zuchtwertdifferenzen aus RZW 2016* und RZW 2014 für alle Hengste.

Disziplin	N Hengste	Mittelwert	Std.	Min - Max	P10	P90
Dressur	13.068	-0,92	2,3	-25,4 - 28,5	-3,5	1
Springen	14.201	-0,15	2,6	-25,8 - 38,0	-3	1

Hengste mit Zuchtwertabweichungen von über fünf Zuchtwertpunkten (ZWPunkte) zwischen den Jahren 2014 und 2016* wurden anhand ihrer Geburtsjahre näher analysiert (Abbildungen 18 und 19). Das mittlere Geburtsjahr der Hengste, die fünf und mehr Zuchtwertpunkte verloren, lag in beiden Disziplinen bei 1996. Dagegen wurde ein durchschnittliches Geburtsjahr von Hengsten, für die sich eine Steigerung um fünf und mehr Zuchtwertpunkte ergab, von 1998 in der Dressur und 1996 im Springen ermittelt. Insgesamt ist festzustellen, dass es sich eher um jüngere Hengste handelte, die von einem nennenswerten Verlust oder Zuwachs von Zuchtwertpunkten betroffen waren.

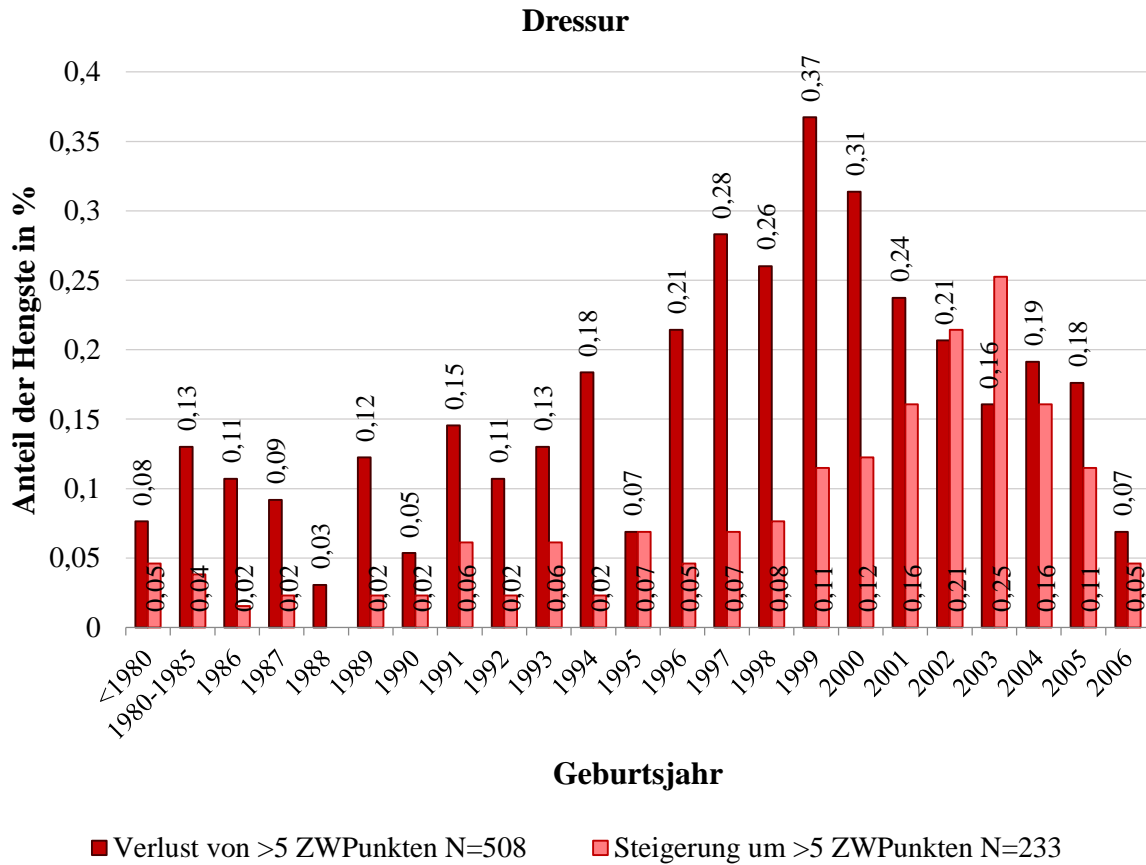


Abbildung 18: Prozentualer Anteil der Hengste, die in der ZWS 2016* gegenüber der ZWS 2014 in der Dressur einen Verlust oder eine Steigerung um mehr als 5 ZWPunkten erfuhren.

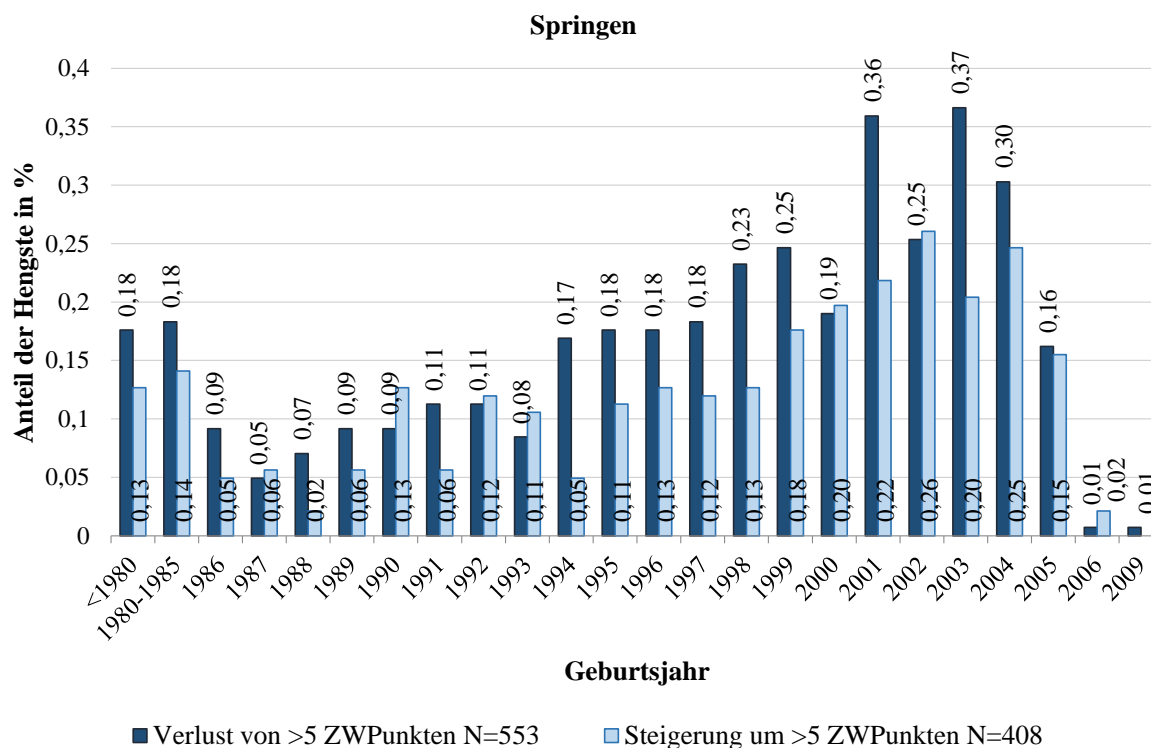


Abbildung 19: Prozentualer Anteil der Hengste, die in der ZWS 2016* gegenüber der ZWS 2014 im Springen einen Verlust oder eine Steigerung um mehr als 5 ZWPunkten erfuhren.

4.3.5 Vergleich der Naturalzuchtwerte 2009 und 2014

Zur Überprüfung der Stabilität ist die grafische Verteilung der Naturalzuchtwerte aus der Schätzung 2009 und 2014 in Abbildung 20 für Hengste, für die in 2009 maximal zwei und in 2014 mindestens fünf Nachkommen im Turniersport vorlagen, dargestellt. Hierbei handelte es sich um 222 Hengste in der Dressur und 194 Hengste im Springen. Diese wiesen einen durchschnittlichen Zuwachs an Nachkommen in der Dressur von 10,7 und im Springen von 12,4 auf. Zwischen den Naturalzuchtwerten 2009 und 2014 ergaben sich sehr enge genetische Beziehungen ($r \sim 0,90$). Desweiteren sind die Korrelationskoeffizienten zwischen den Naturalzuchtwerten 2009 und 2014 für Hengste, die bis 2009 maximal einen und 2014 mindestens drei beziehungsweise zehn Nachkommen im Turniersport aufwiesen, in Tabelle 40 aufgeführt. Die Naturalzuchtwerte 2009 und 2014 zeigten sich in allen Hengstgruppen eng korreliert ($r \geq 0,88$).

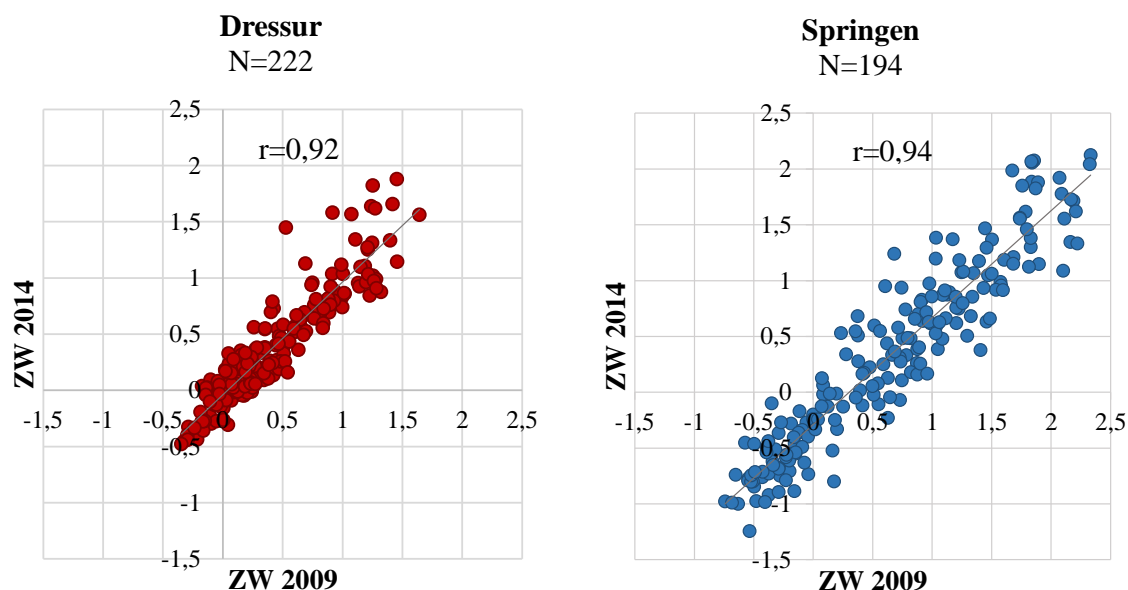


Abbildung 20: Verteilung der Naturalzuchtwerte höchstes erreichtes Niveau 2009 und 2014 in Dressur und Springen mit Korrelationskoeffizient nach Pearson (r).

Tabelle 40: Korrelationskoeffizient nach Pearson (r) zwischen den Naturalzuchtwerten höchstes erreichtes Niveau 2009 und 2014 für Hengstgruppen mit jeweiliger Nachkommenzahl (NK).

Disziplin	N NK 2009	N NK 2014	N Hengste	Ø NK Zuwachs	r
Dressur	= 1	≥ 3	233	6,7	0,94
		≥ 10	46	19,6	0,88
	≤ 2	≥ 5	222	10,7	0,92
Springen	= 1	≥ 3	209	8,1	0,95
		≥ 10	35	32,0	0,93
	≤ 2	≥ 5	194	12,4	0,94

4.3.6 Index-Zuchtwerte für das höchste erreichte Niveau mit Hilfsmerkmal

Die Gegenüberstellungen der Zuchtwerte des höchsten erreichten Niveaus im Turniersport für Dressur und Springen aus der univariaten und bivariaten Schätzung unter Berücksichtigung des Hilfsmerkmals Aufbauprüfungssportstatus für Hengste mit einer Zuchtwertsicherheit von mindestens 75 % sind in Abbildung 21 grafisch dargestellt und in Tabelle 41 deskriptiv beschrieben. Zwischen den univariaten Relativzuchtwerten und den Index-Zuchtwerten ergaben sich Korrelationskoeffizienten von $r = 0,98$ in der Dressur und $r = 0,99$ im Springen.

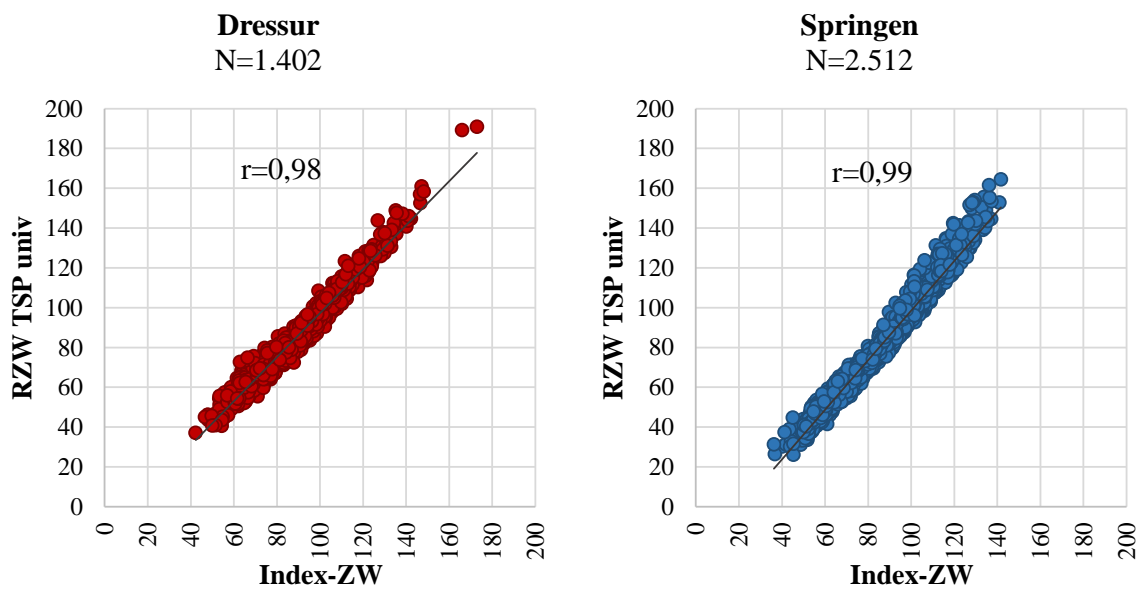


Abbildung 21: Verteilung der univariat (univ) geschätzten RZW höchstes erreichtes Niveau und der Index-ZW aus dem bivariat geschätzten RZW höchstes erreichtes Niveau und dem ABP-Sportstatus mit Korrelationskoeffizient nach Pearson (r).

Die Differenzen aus dem Index-Zuchtwert und dem Relativzuchtwert höchstes erreichtes Niveau (univariat) sind in Abbildung 4 im Anhang grafisch dargestellt und in Tabelle 41 deskriptiv für Hengste mit einer Zuchtwertsicherheit von mindestens 75 % aufgeführt. Die mittleren Zuchtwertdifferenzen lagen bei 3,9 Zuchtwertpunkten für Dressur und 5,4 Zuchtwertpunkten für Springen. Für 10 % der Hengste verringerten sich die Zuchtwerte um zwei und mehr Zuchtwertpunkte in der Dressur und um drei und mehr Zuchtwertpunkte im Springen. Gleichzeitig stiegen die Zuchtwerte für je 10 % der Hengste um mindestens neun (Dressur) beziehungsweise 13 (Springen) Zuchtwertpunkte.

Tabelle 41: Lageparameter und Perzentile für Zuchtwertdifferenzen aus dem Index-ZW und dem RZW Turniersport (univariat) für Hengste mit einer Zuchtwertsicherheit von mindestens 75%.

Disziplin	N Hengste	Mittelwert	Std.	Min - Max	P10	P90
Dressur	1.402	3,9	4,4	-23 - 16	-2	9
Springen	2.512	5,4	6,1	-25 - 19	-3	13

Die grafische Verteilung der Zuchtwertdifferenzen lässt erkennen, dass für die meisten Hengste höhere Index-Zuchtwerte geschätzt wurden. Diese Hengste wurden analysiert, indem

mittlere Zuchtwertdifferenzen für ausgewählte Hengstgruppen gebildet wurden (Tabellen 42 und 43). Die größten Zuchtwertzuwächse beim Vergleich zwischen dem Index-Zuchtwert und dem Relativzuchtwert in der Dressur wurde bei Hengsten ermittelt, die mindestens 40% Nachkommen ausschließlich mit Leistungen im Turniersport aufwiesen oder über eine Eigenleistung im Turniersport verfügten. Im Springen ergab sich hinsichtlich der Zuchtwertveränderungen in den einzelnen Hengstgruppen ein sehr ähnliches Muster wie in der Dressur. Die größten Zuchtwertverluste wurden in beiden Disziplinen für ausländische Hengste, die mindestens 40% Nachkommen nur mit Leistungen im Turniersport aufwiesen, festgestellt.

Tabelle 42: Lageparameter der Zuchtwertdifferenzen aus Index-ZW und RZW höchstes erreichtes Niveau (univariat) für einzelne Hengstgruppen im Turniersport Dressur.

Hengstgruppe	N Hengste	Mittelwert	Std.	Min-Max
alle sicheren (75% Si)	1.402	3,9	4,4	-23 - 16
≥ 40% NK nur in ABP	23	-1,8	3,2	-8 - 6
≥ 40% NK nur in TSP	849	4,9	3,9	-23 - 16
davon dt. Hengste	843	5,0	3,7	-12 - 16
davon ausl. Hengste	6	-10,4	8,3	-23 - (-2)
≥ 60% NK in ABP und in TSP	205	2,0	4,4	-18 - 16
Eigenleistung nur in TSP	148	3,5	4,8	-14 - 13
Eigenleistung nur in ABP	33	0,6	3,5	-6 - 8
Eigenleistung in TSP und ABP	228	0,4	4,2	-18 - 10

Tabelle 43: Lageparameter der Zuchtwertdifferenzen aus Index-ZW und RZW höchstes erreichtes Niveau (univariat) für einzelne Hengstgruppen im Turniersport Springen.

Hengstgruppe	N Hengste	Mittelwert	Std.	Min-Max
alle sicheren (75% Si)	2.512	5,4	6,1	-25 - 19
≥ 40% NK nur in ABP	52	-1,9	3,4	-9 - 7
≥ 40% NK nur in TSP	923	6,9	7,0	-25 - 19
davon dt. Hengste	889	7,7	5,8	-24 - 19
davon ausl. Hengste	34	-12,6	7,6	-25 - 8
≥ 60% NK in ABP und in TSP	1.057	4,2	4,8	-12 - 16
Eigenleistung nur in TSP	343	3,1	6,9	-24 - 15
Eigenleistung nur in ABP	72	4,2	4,7	-6 - 12
Eigenleistung in TSP und ABP	544	1,8	4,5	-12 - 13

5 Diskussion

In der vorliegenden Arbeit wurden Merkmalsdefinitionen und Modelle für Leistungen von Reitpferden im Turniersport vergleichend untersucht und dem bisherigen Verfahren mit dem Merkmal transformierter Rang gegenüber gestellt. Für die Merkmalsdefinition höchstes erreichtes Niveau im Turniersport wurden weiterführende Analysen durchgeführt, um seine Eignung für die Routinezuchtwertschätzung besser einschätzen zu können. Einen zweiten Schwerpunkt der Arbeit bildete die Schätzung genetischer Parameter für die zuchtwertschätzungsrelevanten Merkmale aus den Leistungsprüfungen für Stuten und Hengste, auf die in der nachfolgenden Diskussion zunächst eingegangen wird.

5.1 Leistungsprüfungen für Zuchtpferde

Leistungsprüfungen für Zuchtpferde dienen der Beurteilung phänotypischer Ausprägungen von Leistungsmerkmalen und der Ermittlung frühzeitiger Informationen zur Reit- und Springeignung von Zuchtpferden unter möglichst standardisierten Bedingungen. Es gilt, Hilfsmerkmale zu erfassen, die möglichst eng mit den Leistungskriterien des Zuchtzieles korrelieren, um Zuchtpferde im Hinblick auf den Einsatz im Sport selektieren zu können (Von Velsen-Zerweck, 1998).

5.1.1 Zuchtstutenprüfungen

In früheren Untersuchungen wurde der züchterische Wert der Leistungsdaten aus Zuchtstutenprüfungen analysiert, wobei meist nur auf Informationen eines Verbandes oder einiger weniger Verbände Bezug genommen wurde (Christmann, 1996; Schade, 1996; Brockmann, 1998; Schöpke, 2011). Dies erschwert aufgrund der Betrachtung unterschiedlicher Datengrundlagen, Prüfungszeiträume, Verbände und Modellierungen einen direkten Vergleich der Untersuchungen. Für die Schätzung der genetischen Parameter für Merkmale der Zuchtstutenprüfungen lag für diese Arbeit ein umfangreiches, verbandsübergreifendes Datenmaterial vor, welches die Anzahl an Informationen bisheriger Untersuchungen weitaus überstieg. Den Ergebnissen der vorliegenden Studie und vorangegangenen Untersuchungen zufolge spiegelt sich das höhere Maß der Standardisierung der Leistungsprüfungen auf Station gegenüber Leistungsprüfungen im Feld in höheren

Heritabilitäten wider, die allerdings mit höheren Standardfehlern behaftet sind (Uphaus, 1993; Christmann, 1996). Die hohen additiv-genetischen Korrelationen zwischen den analogen Merkmalen der Stations- und Feldleistungsprüfung weisen darauf hin, dass beide Prüfungsformen gleichermaßen geeignete Informationen zur Leistung der Stuten liefern. Diese rechtfertigen eine Zusammenführung der Daten aus beiden Prüfungsformen für die Schätzung genetischer Parameter und Zuchtwerte, da diese über den fixen Effekt des Prüfungsdurchgangs ohnehin indirekt berücksichtigt wird (Christmann, 1996).

Der Vergleich der Heritabilitäten und genetischen Korrelationen zwischen den einzelnen Merkmalen der Zuchtstutenprüfung aus der vorliegenden Untersuchung mit früheren Studien ergab trotz der Auswertung von Daten, die sich hinsichtlich des Umfangs, der Herkunft und Struktur erheblich unterschieden, und der Anwendung verschiedener statistischer Modelle weitgehend konsistente Schätzwerte und Muster (Christmann, 1996; Schade, 1996; Brockmann, 1998; Schöpke, 2011, Lührs-Behnke, 2005).

5.1.2 Leistungsprüfungen für Hengste

Leistungsprüfungen für Hengste werden aktuell in Deutschland in Form der dreitägigen Sportprüfungen, der 14-tägigen Veranlagungsprüfung und der 50-tägigen Hengstleistungsprüfung jeweils auf Station angeboten. Zum neuen Prüfverfahren mit Leistungstests unter Sportbedingungen liegen bislang keine Ergebnisse wissenschaftlicher Studien vor. In früheren Untersuchungen wurden jedoch Hengstleistungsprüfungen unterschiedlicher Prüfungszeiträume und -anstalten umfassend analysiert. Festzustellen ist, dass die zunehmende Standardisierung der Prüfungsform in höheren Heritabilitäten resultiert (Kühl 1991; Schade, 1996; Brockmann, 1998; Lührs-Behnke, 2005). Zwischen den Dressurmerkmalen der Hengstleistungsprüfung, Gangarten und Rittigkeit, ergaben sich analog zur Zuchtstutenprüfung sowohl in früheren Studien (Brockmann, 1998; Lührs-Behnke, 2005) als auch vorliegenden Ergebnissen zufolge enge additiv-genetische Korrelationen. Während in einigen Untersuchungen mitunter positive genetische Beziehungen zwischen Dressurmerkmalen wie Rittigkeit oder Galopp und Springmerkmalen festgestellt wurden (Brockmann, 1998; Lührs-Behnke, 2005), ergaben sich in anderen Studien leicht negative genetische Korrelationen (Kühl, 1991; Schade, 1996). Unterschiedliche Ergebnisse in der vorliegenden Studie und in früheren Analysen lassen sich auf Heterogenität hinsichtlich des

Datenumfangs, der Datenstrukturen sowie der verwendeten statistischen Modelle zurückführen.

Die Veranlagungsprüfung stellt eine spezielle Form der Leistungsprüfung für Hengste dar, die sich in ihrer konzeptionellen Ausrichtung an der Hengstleistungsprüfung orientiert, aber eine kürzere und frühere Prüfungsmöglichkeit mit altersgerechten Anforderungen bietet. Durch die späte Etablierung im Jahr 2000 liegen kaum Erkenntnisse zu genetischen Parametern für diese Prüfungsform vor. Eine Auswertung der Leistungen von 1.048 Hengsten in Veranlagungsprüfungen ergab Heritabilitäten von $h^2 = 0,40 - 0,71$ (Harder und Kalm, 2005). Die aktuell geschätzten Heritabilitäten liegen in ähnlicher Größenordnung, liefern aber für alle Merkmale mit Ausnahme des Schritts geringfügig höhere Schätzwerte. In der früheren und in dieser Studie wurden sehr enge genetische Beziehungen zwischen den analogen Merkmalen der Veranlagungs- und der Hengstleistungsprüfung festgestellt. Die phänotypischen Korrelationen zwischen diesen Merkmalen lagen in der vorangegangenen Studie auf weit niedrigerem Niveau als in der gegenwärtigen. Aus diesem Grund wurde sich, anders als in der vorliegenden Untersuchung, bewusst gegen eine Zusammenführung der beiden Prüfungsformen (Harder und Kalm, 2005) entschieden.

5.1.3 Genetische Beziehung zwischen Leistungsprüfungen für Hengste und Stuten

Zwischen den analogen Merkmalen der Leistungsprüfungen für Hengste und Stuten wurden bereits in früheren Untersuchungen enge additiv-genetische Korrelationen ($r_g = 0,74 - 0,96$) festgestellt (Schade, 1996; Brockmann, 1998; Von Velsen-Zerweck, 1998), die in einer späteren umfassenderen Studie auf noch höherem Niveau lagen (Lühns-Behnke et al., 2002). Die am vorliegenden Datenmaterial geschätzten genetischen Korrelationen waren nahezu identisch mit den Ergebnissen aus der letztgenannten Studie. Demnach wirkt sich das unterschiedliche Maß der Vorselektion von Hengsten und Stuten nicht auf die Schätzwerte der genetischen Korrelationen zwischen beiden Prüfungsformen aus. Dies lässt den Schluss zu, dass die Informationen aus den Leistungsprüfungen für Hengste und Stuten gleichermaßen Selektionsentscheidungen zu Reit- und Sparteignung unterstützen.

5.2 Aufbauprüfungen

Dem Zuchtziel näher als die Merkmale, die in den Leistungsprüfungen für Zuchtpferde erhoben werden, ist die Leistung im Sport. Aufbauprüfungen in Dressur und Springen dienen der Vorbereitung sowie der Beurteilung der Eignung des Pferdes für die entsprechende turniersportliche Disziplin und liefern damit wichtige Hinweise für die Selektion talentierter Sportpferde. Zwar spiegeln die Leistungen in Aufbauprüfungen das Zuchtziel nicht direkt wider, sie sind aber früher verfügbar als die Leistungen in Turniersportprüfungen. In vorangegangenen Studien wurden die logarithmierte Gewinnsumme (in Anlehnung an das entsprechende Sportmerkmal) und die Wertnote als Merkmal für Leistungen aus Aufbauprüfungen analysiert (Brockmann, 1998; Lührs-Behnke, 2005). Für die Verwendung der Wertnote sprach, dass sie für alle Pferde vorlag (Brockmann, 1998). Bei der Einordnung der Ergebnisse aus der Literatur ist zu beachten, dass sich die Datenqualität hinsichtlich der Abdeckung der Veranstaltungen und der Vollständigkeit der Starterfelder innerhalb der einzelnen Prüfungen erst im Laufe der Jahre verbesserten. In früheren Analysen gingen folglich teils nur wenige Daten ein. In der vorliegenden Studie konnte für beide Disziplinen deutlich umfangreicheres Datenmaterial einbezogen werden, was sich auch auf die Auswertungsansätze auswirkte. Die statistische Modellierung für die Wertnote in Aufbauprüfungen erfolgte in Anlehnung an die Untersuchung von Brockmann (1998). Die aktuell geschätzten Heritabilitäten waren allerdings mit Werten von $h^2 = 0,12$ für Dressur und $h^2 = 0,09$ für Springen deutlich niedriger. In anderen Modellierungsansätzen ging zusätzlich der individuelle Reiter als fixer Effekt ein, wenn für diesen mindestens 30 Starts mit drei Pferden pro Jahr vorlagen, andernfalls wurde er über seine Leistungsklasse berücksichtigt (Jaitner und Reinhardt, 2002; Lührs-Behnke, 2005). Auf die Ergebnisse der genetisch-statistischen Analysen wirkte sich das jedoch kaum aus (Jaitner und Reinhardt, 2002; Lührs-Behnke, 2005). Gewisse Unterschiede mögen eher auf uni- oder multivariate Schätzläufe zurückzuführen sein (Jaitner und Reinhardt, 2002). Im Vergleich zu den Heritabilitäten für Leistungen in Turniersportprüfungen lagen die Schätzwerte für die Wertnote in Aufbauprüfungen auf höherem Niveau. Mögliche Ursachen sind Alters- und Trainingseffekte, auch in Verbindung mit variablen Einflüssen des Reiters, sowie unterschiedliche Merkmalsdefinitionen. An Turniersportprüfungen nehmen ältere Pferde mit entsprechend längeren Ausbildungs- und Trainingszeiten teil. Im Turniersport liegen die der Rangierung

zugrunde liegenden Ergebnisse weder in der Dressur noch im Springen in einheitlicher Form vor, wie dies bei den Aufbauprüfungen mit der Wertnote der Fall ist.

5.3 Turniersportprüfungen

Viele Zuchtorganisationen für Reitpferde haben sich zum Ziel gesetzt, talentierte Sportpferde, die wettbewerbsfähig sind, gute Turniersportergebnisse liefern und sich erfolgreich auf hohem Niveau im Turniersport auf nationaler oder internationaler Ebene etablieren, zu züchten (Wallin et al., 2003; Koenen et al., 2004; Wikström et al., 2005; Olsson et al., 2008; Rovere, 2016). Demnach sind Leistungen im Turniersport die aufschlussreichste Informationsquelle für die erfolgreiche Zucht von Sportpferden. Allerdings liegen diese Ergebnisse erst zu einem sehr späten Zeitpunkt im Leben eines Pferdes und nur für einen Teil der Population vor (Koenen und Aldridge, 2002). Die Qualität und der Zeitpunkt des Vorliegens von züchterisch relevanten Informationen stellen damit wesentliche Herausforderungen in der Sportpferdezucht dar.

Zur Schätzung der genetischen Veranlagung des Pferdes für die jeweilige turniersportliche Disziplin bedarf es einer geeigneten Merkmalsdefinition, um das Zuchtziel möglichst genau widerzuspiegeln. Daraus ergeben sich unterschiedliche Anforderungen, den vielfältigen Einflüssen, die auf das jeweilige Merkmal einwirken, gerecht zu werden. Hierzu zählen etwa Managementfaktoren, wie die Art der Vorbereitung und Vorstellung der Pferde in den Prüfungen sowie spezifische Turniergegebenheiten (z. B. Wetter, Boden), zu denen meist keine Informationen vorliegen (Bartolomé et al., 2013). Desweiteren sind die Pferde für die Teilnahme im Turniersport vorselektiert, basierend auf ihrem Pedigree, ihrem Talent für die jeweilige Disziplin und ihrer Eignung für den Sport auf der einen Seite und dem Interesse des Besitzers am sportlichen Wettkampf oder aber am Einsatz in der Zucht auf der anderen Seite (Viklund et al., 2015). Diese Faktoren führen zu einer komplexen, schwer abzubildenden Struktur von Leistungsdaten aus dem Turniersport.

In der Vergangenheit wurden zahlreiche Merkmalsdefinitionen auf ihre Eignung für die Zuchtwertschätzung für Leistungen im Turniersport analysiert. Verwendet wurden dabei wiederholte Leistungen, wie der individuelle Rang innerhalb einer Prüfung (Janssens et al., 1997; Aldridge et al., 2000; Lührs-Behnke, 2005), und auch Einzelleistungen, wie die Lebenspunktesumme (Wikström et al., 2005; Viklund et al., 2010; Viklund et al., 2015) oder

die höchste erreichte Leistung (Ducro et al., 2007; Quinn-Brady et al., 2013a; Rovere et al., 2016). Prinzipiell lassen sich zwei grundsätzlich unterschiedliche Ansätze voneinander abgrenzen: In den Vordergrund wird entweder die Wettbewerbsfähigkeit des Pferdes und demnach die Maximierung der Chance, eine einzelne Prüfung zu gewinnen, oder die Eignung des Pferdes für die Leistungserbringung auf hohem Niveau und somit die Maximierung der Chance, auf hohem Anforderungsniveau in einer Wettbewerbssituation Leistung zu erbringen, gestellt. Während die aktuelle Zuchtwertschätzung in Deutschland den ersten Ansatz verfolgt, zielte diese Studie auf den zweiten Ansatz ab.

Nicht in allen früheren Untersuchungen erlaubte die Datenlage, direkte Vergleiche zwischen den genannten Ansätzen durchzuführen. Für die aktuelle Studie standen die Informationen des in der einzelnen Prüfung erzielten Ranges des Pferdes, der Prüfungsklasse einer Prüfung und der Anzahl an Startern innerhalb dieser Prüfung für die Definition von Merkmalen für Leistungen im Turniersport zur Verfügung. Hieraus wurden die Merkmale modifiziert transformierter Rang, Lebensergebnissumme und höchstes erreichtes Niveau definiert. Umfassende Vergleichsmöglichkeiten waren demnach gegeben.

5.3.1 Wiederholte Leistungen im Turniersport

Wiederholte Leistungen von Pferden gehen häufig als individueller Rang innerhalb einer Prüfung in die Zuchtwertschätzung für Leistungen im Turniersport ein. In der Vergangenheit erfolgten bereits vielfältige Analysen zu Transformationsmöglichkeiten des Ranges (Tavernier, 1990; Janssens et al., 1997; Reilly et al., 1998; Lührs-Behnke, 2005; Janssens et al., 2007; Posta et al., 2009; Ricard und Legarra, 2010; Jönsson et al., 2014). Zwar kann eine Transformation dazu führen, dass unterschiedlich große Starterfelder angemessen berücksichtigt werden (Reilly et al., 1998), allerdings muss nicht zwangsläufig dem Schwierigkeitsgrad einer Prüfung Rechnung getragen werden. Auf diesen wird häufig erst über den fixen Effekt der Prüfung im statistischen Modell korrigiert (Janssens et al., 1997; Hassenstein, 1998).

Um das Anforderungsniveau im Merkmal zu integrieren, kommen Gewichtungsfaktoren zum Einsatz, die die Pferde mit einer Rangierung auf höherem Niveau auch höher (besser) bewerten als die Pferde mit dem gleichen Rang auf niedrigerem Niveau (Mezei et al., 2015). Dies erfolgte etwa bei der Transformation des Ranges in einer dänischen und einer ungarischen Studie (Jönsson et al., 2014, Mezei et al., 2015). Der Literatur zufolge ergaben

die unterschiedlichen Transformationen gleichermaßen sehr niedrige Heritabilitätsschätzwerte (Janssens et al., 1997; Hassenstein, 1998; Aldridge et al., 2000; Lührs-Behnke, 2005, Jönsson et al., 2015, Mezei et al., 2015). In der vorliegenden Untersuchung wurden vergleichend der Rang, wie er in der aktuellen Routinezuchtwertschätzung für Reitpferde in Deutschland Berücksichtigung findet, mittels der Formel $\text{Rang}^* = 11 - (\text{Rang})^{1/2}$ sowie als Alternative der modifiziert transformierte Rang, $\text{Rang}^* = \text{Rangmittel} - \text{Rang}$, analysiert. Beide Transformationen lieferten nahezu identische Heritabilitäten und Wiederholbarkeiten. Die differenzierte Betrachtung nach Prüfungsklassen ergab für beide Disziplinen einen Anstieg der Heritabilitätsschätzwerte mit zunehmendem Anforderungsniveau, was sich mit den Erkenntnissen aus der Literatur deckt (Hassenstein, 1998; Aldridge et al., 2000; Lührs-Behnke, 2005). Möglicherweise deuten die zunehmenden Heritabilitäten für Leistungen in den schweren Prüfungsklassen darauf hin, dass additiv-genetische Effekte auf höherem Anforderungsniveau mehr zum Tragen kommen beziehungsweise dass genetische Differenzen zwischen Pferden auf niedrigem Anforderungsniveau weniger erkennbar sind oder sich zumindest weniger in den Rangierungsergebnissen widerspiegeln (Aldridge et al., 2000).

Die Schätzung über alle Prüfungsklassen hinweg ergab in dieser Studie Heritabilitäten von $h^2 = 0,15$ für Dressur und $h^2 = 0,06$ für Springen. Diese Ergebnisse sind höher als die aus der deutschen Literatur (Hassenstein, 1998; Lührs-Behnke, 2005; FN, 2015). Mögliche Unterschiede liegen im einbezogenen Datenumfang und in der Modellierung des Effektes des Reiters, der in der vorliegenden Untersuchung nur über die Leistungsklasse, in früheren Studien sowohl über die Leistungsklasse als auch individuell einbezogen wurde. In einer niederländischen Studie wurden Modellierungsansätze mit und ohne den fixen Effekt des Reiters oder seiner Leistungsklasse, die das Niveau und die Erfahrung des Reiters widerspiegelte, analysiert (Rovere et al., 2016). Sowohl die Berücksichtigung des Reiters als auch seiner Leistungsklasse im statistischen Modell führten zu einer Reduzierung der additiv-genetischen Varianzen und Heritabilitäten. Das Schätzmodell, welches den fixen Effekt der Leistungsklasse einbezog, lieferte allerdings, Validierungsergebnissen zufolge, eine bessere Vorhersagefähigkeit der genetischen Parameter (Rovere et al., 2016). Die Ergebnisse aus der eigenen Untersuchung lagen in ähnlicher Größenordnung wie die Heritabilitäten aus internationalen Studien, in denen der Reiter ebenfalls über seine Leistungsklasse in das Schätzmodell einging (Janssens et al., 1997; Aldridge et al., 2000; Jönsson et al., 2014). So

lieferte eine dänische Studie einen Schätzwert von $h^2 = 0,16$ für den transformierten Rang im Dressursport (Jönsson et al., 2014) und eine belgische Studie einen Wert von $h^2 = 0,10$ für den transformierten Rang aus den Cycle Classique Prüfungen (Springen) für vier- bis siebenjährige Sportpferde (Janssens et al., 1997).

5.3.2 Vor- und Nachteile wiederholter Leistungen im Turniersport

Die Rangierung innerhalb einer Prüfung erlaubt den Vergleich und die Einordnung aller in dieser Prüfung gestarteten Pferde (Tavernier, 1990), indem angenommen wird, dass hinsichtlich der Umwelt unter weitestgehend gleichen Bedingungen Leistungen abgefragt werden. Diese Vergleichsgruppe der individuellen Prüfung bildet dementsprechend eine geeignete Grundlage zur Schätzung genetischer Differenzen zwischen allen gestarteten Pferden. Durch die Berücksichtigung der Verwandtschaftsmatrix und damit der genetischen Konkurrenz im statistischen Modell wird indirekt auch das Anforderungsniveau erkannt, so dass dieses nicht als zusätzlicher Effekt in das Modell eingehen muss. Die hohen Korrelationen, die sich in dieser Studie zwischen den Zuchtwerten für den transformierten Rang und für das höchste erreichte Niveau ergaben, können als Bestätigung dieser Modelleigenschaft interpretiert werden. Im Schätzmodell für wiederholte Leistungen geht der permanente Umwelteffekt des Pferdes ein, der eine gleichzeitige Korrektur auf nicht-genetische Effekte, wie beispielsweise den Reiter oder das Training, bewirkt (Reilly et al., 1998). Im Gegensatz zu summarischen Leistungen gewährleisten wiederholte Leistungen demnach eine bessere Reflexion der Genauigkeit der Zuchtwertschätzung für jedes Pferd, die sich mit zunehmendem Umfang von Leistungs- und Verwandteninformationen erhöht.

Die Arbeit mit wiederholten Leistungen stellt allerdings aufgrund der Größe des deutschen Reitsportsektors erhebliche Ansprüche an Rechen- und Speicherkapazitäten. Zudem ist bei der Verwendung des Ranges innerhalb einer Prüfung und der damit verbundenen Berücksichtigung der permanenten Umweltvarianz mit einer Unterschätzung der additiv-genetischen Varianz zu rechnen (Von Velsen-Zerweck, 1998; Hassenstein, 1998; Ricard und Legarra, 2010). Individuelle Ränge sind, neben vielen weiteren Faktoren, auch von der subjektiven Bewertung und dem Zusammenspiel von Pferd und Reiter sowie der Erfahrung des Reiters, das Pferd optimal vorzustellen, abhängig (Welker et al., 2018). Desweiteren ist nicht auszuschließen, dass die Rangierung der Pferde im oberen Bereich präziser ist als die Rangierung im unteren Bereich (Viklund et al., 2010). Im Datenmaterial der vorliegenden

Studie lagen die mittleren transformierten Ränge in den einzelnen Prüfungsklassen in der Dressur und im Springen bei 7,0 - 8,0 (Tabellen 13 und 14). Diese Werte implizieren eine mittlere Starterfeldgröße in den Prüfungen beider Disziplinen von $N = 8 - 9$, was wenig plausibel erscheint. Dies gilt umso mehr, als die angegebene maximale Starterfeldgröße bei $N = 340$ lag. Möglicherweise kommen im zugrunde liegenden Datenmaterial entsprechend unvollständige Starterfelder durch die Einschränkung der Daten auf die Rassegruppen Warmblüter, Vollblüter und Araber zustande.

5.3.3 Maximalleistung im Turniersport

Einige Zuchtwertschätzungen für Sportpferde verwenden Merkmale, die neben dem Erfolg auch die Langlebigkeit und Nutzungsdauer des Pferdes im Turniersport widerspiegeln sollen (Viklund et al., 2010; KWPN, 2018). In wissenschaftlichen Studien wurden verschiedene Merkmalsdefinitionen, die in diesem Sinne als Lebensleistung angesprochen werden können, näher untersucht (Viklund et al., 2010; Quinn-Brady et al., 2013a,b; Jönsson et al., 2016; Rovere et al., 2016). Zur Definition des auch in dieser Arbeit untersuchten Merkmals Lebensergebnissumme wurden, analog zum Vorgehen für das Merkmal höchstes erreichtes Niveau, entsprechende Merkmalsdefinitionen internationaler Studien nachvollzogen und in abgewandelter Form auf das Datenmaterial des deutschen Turniersports angewendet. So basiert die Lebensleistung in Skandinavien auf der Summe von Punkten (Lebenspunktesumme), die jedes Pferd mit einer Platzierung unter den Besten 20 % in der jeweiligen Schwierigkeitsklasse erhält (Viklund et al., 2010; Jönsson et al., 2016). Dieses Merkmal gibt somit zusätzlich zum Leistungsniveau und zum Erfolg auf diesem Niveau auch die Häufigkeit der erfolgreichen Turnierteilnahme wider. Da die Lebenspunktesumme kein normalverteiltes Merkmal ist, wurde der dekadische Logarithmus gebildet und der Wert Eins aufaddiert, um Nullwerte zu vermeiden (Viklund et al., 2010; Jönsson et al., 2016). Demgegenüber wird die Lebensleistung in den Niederlanden als höchste erreichte Leistung so definiert, dass sie das Niveau einer Prüfung und die auf diesem Niveau gewonnenen Punkte („winning points“) abbildet. Die höchste Punktzahl und das Anforderungsniveau werden in eine lineare Skala umgewandelt und durch Bildung der Quadratwurzel transformiert. Auch in der niederländischen Merkmalsdefinition erhalten nur erfolgreiche Pferde entsprechende „winning points“ (Rovere et al., 2016). In der vorliegenden Untersuchung wurde zur Definition der beiden Merkmale Lebensergebnissumme sowie höchstes erreichtes Niveau ein

Punktesystem erarbeitet, welches nicht nur erfolgreiche oder platzierte, sondern auch alle übrigen gestarteten Pferde einbezog. Die Lebensergebnissumme setzte sich summarisch aus allen Leistungen eines Pferdes zusammen und wurde in Anlehnung an die skandinavischen Untersuchungen (Viklund et al., 2010; Jönsson et al., 2016) transformiert. Hingegen spiegelte das höchste erreichte Niveau nur das höchste erfolgreiche Ergebnis, welches, um Berücksichtigung zu finden, mindestens dreimal erzielt worden sein musste, wider. Transformationsmöglichkeiten für das letztgenannte Merkmal wurden in verschiedenen Studien untersucht, zeigten in den Ergebnissen allerdings kaum Unterschiede zu den originalen Merkmalswerten. In der Literatur lassen sich Heritabilitäten für das Merkmal Maximalleistung von $h^2 = 0,16 - 0,30$ in der Dressur und $h^2 = 0,27 - 0,33$ im Springen finden (Viklund et al., 2010 und 2015; Jönsson et al., 2016; Rovere et al., 2016). Die Heritabilitätsschätzwerte der vorliegenden Untersuchung für die Merkmale Lebensergebnissumme und höchstes erreichtes Niveau in der Dressur lagen ebenfalls in dieser Größenordnung. Im Turniersport Springen wurde für die Lebensergebnissumme ein geringfügig niedrigerer Wert ($h^2 = 0,22$) und für das höchste erreichte Niveau ein geringfügig höherer Wert ($h^2 = 0,36$) geschätzt. Für die Leistungen im Springen ergaben sich deutlich höhere Schätzwerte als für die Leistungen in der Dressur, was möglicherweise darauf zurückzuführen ist, dass Disziplinunterschiede hinsichtlich des Turniereinsatzmanagements der Pferde bestehen, die sich auf die Merkmale Lebensergebnissumme und höchstes erreichtes Niveau auswirken. Der Vergleich zu internationalen Studien ist schwierig, da diese sich in den Definitionen der Lebensleistung und der Datengrundlage maßgeblich unterscheiden.

Neben den verschiedenen Definitionsmöglichkeiten für die Maximalleistung eines Pferdes finden unterschiedliche fixe Effekte im Schätzmodell Berücksichtigung. Zu den wesentlichen Einflussfaktoren auf die Leistung des Pferdes zählen das Alter und das Geschlecht. Die Leistung steigt demnach mit zunehmendem Alter durchschnittlich an, und Hengste sowie Wallache haben oft erfolgreichere Turniersportkarrieren als Stuten (Koenen und Aldridge, 2002; Stewart et al., 2010). Das Alter wirkt sich zum einen physiologisch auf die individuelle Leistungsfähigkeit aus und steht zum anderen in Beziehung mit der Dauer der Ausbildung und des Trainings, was die Einbeziehung in statistischen Analysen begründet (Rovere, 2016). Dies gilt insbesondere, wenn mit der höchsten Leistung im Turniersport gearbeitet wird. Denn die Absichten des Reiters, Entscheidungen und Umstände, wann und wie ein Pferd im

Turniersport erstmals und im weiteren Verlauf eingesetzt wird, aber auch die Lernfähigkeit und die Entwicklung des Pferdes im Turniersport wirken sich direkt auf die Merkmalsausprägung aus (Welker et al., 2018). Mögliche Definitionen des Alters, die in Schätzmodellen einbezogen wurden, sind das Alter beim Erreichen der höchsten Leistung und das maximale Alter im Turniersportdatenmaterial (Ducro et al., 2007; Rovere et al., 2016; Welker et al., 2018). Die Berücksichtigung des Alters beim Erreichen der höchsten Leistung ist insofern schwierig, als dass innerhalb einer Vergleichsgruppe nicht unterschieden werden kann, ob die Pferde noch die Möglichkeit haben, sich weiter zu entwickeln oder nicht, weil sie nicht mehr am Turniersport teilnehmen werden (Rovere, 2016). Die Vielfalt der Einsatzbereiche von Pferden jenseits des Turniersports hat zur Folge, dass das absolute Alter nur bedingt als Entscheidungsgrundlage über das Vorliegen zensierter Daten dienen kann. In der vorliegenden Untersuchung wurde deshalb im Schätzmodell für das höchste erreichte Niveau das maximale Alter des Pferdes im Turniersportdatenmaterial verwendet. Dieses fängt zusätzliche Faktoren besser ab und bezieht die Dauer sowie die zeitliche Entwicklungsmöglichkeit des Pferdes im Turniersport ein. Statt des fixen Alterseffektes ging in das Schätzmodell der in dieser Studie definierten Lebensergebnissumme und in anderen Studien der fixe Effekt des Geburtsjahres ein (Wikström et al., 2005; Viklund et al., 2010 und 2015; Jönsson et al., 2016; Rovere, 2016). Dieser Effekt wird der Entwicklung des Turniersports im Laufe der Jahre gerecht und berücksichtigt, dass den Pferden gleichen Alters unter identischen Turnierbedingungen dieselben Erfolgsmöglichkeiten gegeben werden (Viklund et al., 2015). Zudem wird angenommen, dass die Pferde einer Geburtskohorte zeitlich die gleichen Möglichkeiten hatten, die höchste Leistung zu erreichen (Rovere, 2016). Unterschiede im Ausbildungsmanagement und –verlauf lassen sich anhand der für Auswertungen zur Verfügung stehenden Daten üblicherweise nicht herausarbeiten und berücksichtigen.

Zu weiteren Faktoren, die hinsichtlich ihres Einflusses auf die Merkmale der Maximalleistung im Turniersport untersucht wurden, zählten der Vollblutanteil, das Jahr der ersten Turniersportleistung und der Reiter (Viklund et al., 2010; Quinn-Brady et al., 2013b; Rovere et al., 2016). Ein gutes Zusammenspiel von Reiter und Pferd ist die Voraussetzung für eine gute Leistung des Pferdes (Schöllhorn et al., 2006, zit. nach Rovere et al., 2016). Es wird demzufolge als notwendig erachtet, den Reiter im Modell zu berücksichtigen (Bartolomé et al., 2013). Eine klare Trennung der Effekte des Reiters und des Pferdes ist jedoch nur dann

möglich, wenn einerseits jedem Pferd ein bestimmter Reiter zugeordnet werden kann und wenn andererseits jeder Reiter mehrere Pferde geritten ist (Bartolomé et al., 2013; Rovere et al., 2016). Durch die Struktur des Datenmaterials aus dem Turniersport ist diese Trennungsmöglichkeit allerdings nicht oder nur in Ansätzen gegeben, da ein Großteil der Reiter, vor allem diejenigen, die auf niedrigem Niveau geritten sind, nur Leistungen mit einem Pferd erbrachten und viele Pferde, nur über längere Zeiträume betrachtet, von mehreren Reitern geritten wurden. Zudem kann nicht differenziert werden, welcher Reiter das Pferd zum Erfolg führte und welcher Reiter in erster Linie von der erfolgreichen Ausbildung profitierte.

Dass die Vernachlässigung des Reiters im Schätzmodell in einer Überschätzung der Heritabilitäten und Genauigkeiten resultiert, belegt eine niederländische Studie, in der Ergebnisse aus der Schätzung mit und ohne Reitereffekt verglichen wurden. In dieser Studie wurden 50 % der Gesamtvarianz in der Dressur und 37 % der Gesamtvarianz im Springen durch den Reiter erklärt, wenn dieser als zufälliger Effekt in das statistische Modell einging (Rovere et al., 2016). Andererseits kann die Berücksichtigung des Reiters aber auch zu einer Unterschätzung der genetischen Parameter für Leistungen im Turniersport führen, wenn die Trennungsmöglichkeiten der Effekte von Reiter und Pferd, wie zuvor dargestellt, nur unzureichend gegeben sind (Peeters et al., 2009; Bartolomé et al., 2013; Sánchez Guerrero et al., 2014). Die Autoren der niederländischen Studie plädierten aufgrund der besseren Vorhersagefähigkeit und Erwartungstreue der Zuchtwerte für die Einbeziehung der Leistungsklasse des Reiters in das Schätzmodell für die höchste erreichte Leistung (Rovere et al., 2016). Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass je nach Anforderungsniveau der Prüfungen nur gewisse Leistungsklassen überhaupt startberechtigt sind und die Differenzierungsmöglichkeiten hierdurch begrenzt werden.

5.3.4 Vor- und Nachteile des Merkmals Maximalleistung im Turniersport

Gegenüber Merkmalen mit wiederholten Leistungen stellt die Maximalleistung im Turniersport einen sehr geringen Anspruch an Rechen- und Speicherkapazitäten. Zudem werden für Merkmalsdefinitionen der Maximalleistung höhere Heritabilitäten geschätzt (Viklund et al., 2010; Quinn-Brady et al., 2013b; Jönsson et al., 2016; Rovere et al., 2016), die einen schnelleren Zuchtfortschritt und eine Stärkung des Zuchtprogramms implizieren (Welker et al., 2018). Dadurch, dass nicht jedes Pferd im Turniersport eingesetzt wird und der

Turniersportereinsatz einer Vielzahl von Einflussfaktoren unterliegt, ergibt sich eine äußerst komplexe Datenstruktur, die eine angemessene, stabile Modellierung erschwert. Beim höchsten erreichten Niveau werden die relevanten Informationen aus sämtlichen Turniersportdaten so genutzt, dass sie das Zuchtziel reflektieren und gleichzeitig stabile genetisch-statistische Analysen unterstützen.

Die Schätzmodelle der Maximalleistung erlauben keine Korrektur auf nicht-genetische Effekte, wie Reiter, Richter, Prüfungsdatum, Veranstaltungsort oder die anderen teilnehmenden Pferde (Reilly et al., 1998; Jönsson et al., 2016). Folglich ist die Modellierung einer Vergleichsgruppe analog zur individuellen Prüfung (Ort, Datum, Prüfung/Abteilung) bei der Arbeit mit wiederholten Leistungen schwierig. Als Ergebnis von Modellvergleichen wurde in dieser Studie für das Merkmal höchstes erreichtes Niveau ein Modell mit dem maximalen Alter im Turniersportdatenmaterial und dem Jahr des Erreichens des höchsten Niveaus verwendet.

Während wiederholte Leistungen es erlauben, die Turniersportlaufbahnen der Pferde direkt durch die in die Analysen eingehenden Daten nachzuzeichnen, bietet die Maximalleistung diesbezüglich kaum Möglichkeiten (Rovere, 2016). Lediglich über die Definition von Mindestanforderungen, wie sie in dieser Studie für das Merkmal höchstes erreichtes Niveau festgelegt wurden, lässt sich eine gewisse Abstufung vornehmen. In der irischen Routinezuchtwertschätzung erfolgt dies entsprechend (Quinn-Brady et al., 2013b). Im Gegensatz dazu bleibt bei einer summarisch definierten Maximalleistung, wie die Lebensergebnissumme, offen, ob die kumulierten Punkte eher die Häufigkeit der Starts oder die Fähigkeit des Pferdes für ein hohes Anforderungsniveau im Turniersport widerspiegeln (Reilly et al., 1998). Eine solche Differenzierung zwischen Qualität und Quantität würde zusätzliche Maßnahmen bei der Datenverarbeitung erfordern.

Die Struktur des Turniersportdatenmaterials bringt es mit sich, dass ein schwer abschätzbarer Anteil zensierter Daten in die Analysen eingeht und diesem Umstand durch die Modellierung bestmöglich Rechnung zu tragen ist. Beispielsweise fehlen Informationen, ob ein Turniersportereinsatz beendet oder nur unterbrochen wurde und wo die Ursache fehlender aktueller Turniersportdaten zu suchen ist. Zensierte Daten können zu einer Verzerrung der geschätzten genetischen Parameter und Zuchtwerte führen. Ergebnisse aus der Literatur zeigen, dass sich dieser Effekt in geringem Maße auch auf die genetischen Parameter der höchsten erreichten Leistung auswirkt (Rovere et al., 2016). In der vorliegenden Studie wurde

mit der Berücksichtigung des maximalen Alters im Schätzmodell für das höchste erreichte Niveau ein neuer Ansatz zur Reduzierung der Auswirkungen zensierter Daten verfolgt. Die Zuchtwertschätzergebnisse aus reduziertem und vollständigem Datenbestand sind als erfolgreiche Validierung anzusehen und belegen, dass zensierte Daten mit diesem Modellierungsansatz nur noch einen sehr geringen Einfluss auf die Schätzung haben.

Insgesamt sprechen die aktuellen Ergebnisse für ein Überwiegen der Vorteile, das Merkmal höchstes erreichtes Niveau im Turniersport in der Zuchtwertschätzung für Reitpferde zu verwenden, um möglichst zuverlässig auf die genetische Leistungsveranlagung eines Pferdes für den Einsatz im Turniersport auf hohem Niveau zu schließen. Da diese Merkmalsdefinition ein wichtiges Kriterium des Zuchtzieles stärker herausstellt und im Vergleich zum bisherigen Merkmal transformierter Rang gezieltere Aussagen zur Leistungsfähigkeit des Pferdes auf hohem Niveau liefert, könnten Zuchtwerte diesbezüglich einen hohen Informationswert für den einzelnen Züchter bieten und Selektionsentscheidungen unterstützen. Das höchste erreichte Niveau im Turniersport könnte daher einen wertvollen Beitrag zu Stärkung des Zuchtprogrammes des Deutschen Reitpferdes leisten.

5.4 Weiterführende Analysen zum höchsten erreichten Niveau im Turniersport

5.4.1 Genetische Beziehung zwischen Dressur und Springen

Im Hinblick auf das Zuchtziel, Erfolge auf hohem Niveau zu erbringen, konkurrieren Pferde vorrangig in einer Disziplin, und Selektionsmaßnahmen sind überwiegend darauf ausgerichtet, entweder in der Dressur oder im Springen die Gewinnchancen zu maximieren. Den Fokus auf eine Disziplin zu setzen, erfordert nicht nur die entsprechende Ausbildung und das Training des Pferdes, sondern auch die Spezialisierung in der Zucht (Rovere et al., 2017). Begründet wird diese Argumentation durch teils negative genetische Korrelationen zwischen Dressur- und Springveranlagung, wie diese sich in der vorliegenden Arbeit auch im Datenmaterial der Leistungsprüfungen für Hengste andeutete.

Zwischen dem höchsten erreichten Niveau im Turniersport Dressur und Springen wurde in dieser Studie allerdings eine genetische Korrelation von $r_g = 0,44$ geschätzt. Dieses Ergebnis deckt sich mit den mittleren positiven Schätzwerten der additiv-genetischen Korrelationen, die unter Anwendung eines Vatermodells auf der Basis von Daten aus dem

Vielseitigkeitsturniersport in Großbritannien zwischen den Strafpunkten in der Dressur und dem Springen ermittelt wurden (Kearsley et al., 2008; Stewart et al., 2012). Am deutschen Turniersportmaterial wurde in vorangegangenen Studien für das Merkmal transformierter Rang ebenfalls eine positive, wenn auch niedrigere genetische Beziehung zwischen den beiden Disziplinen geschätzt ($r_g = 0,21$, Lührs-Behnke, 2005; $r_g = 0,14$, FN, 2015). Die deutlich positiven genetischen Korrelationen zwischen den Disziplinen könnten darauf hindeuten, dass das Maß der Spezialisierung in Deutschland derzeit noch niedriger als in anderen Ländern ist. Eine aktuelle Studie ergab für die niederländische Warmblutpopulation, in der klar zwischen Dressur- und Springlinien unterschieden wird, eine leicht negative genetische Korrelation ($r_g = -0,21$) zwischen der höchsten erreichten Leistung in der Dressur und im Springen (Rovere et al., 2017). Allerdings mögen positive Schätzwerte auch auf die Bedeutung einer gewissen Grundveranlagung für die Leistungserbringung unter Turniersportbedingungen, wie Lernfähigkeit, Reiteignung und Abrufbarkeit der Leistung in Stresssituationen, zurückzuführen sein.

5.4.2 Genetische Beziehungen zu Merkmalen aus Leistungsprüfungen für Zuchtpferde

Bis ein Pferd sein höchst mögliches Niveau im Turniersport erreicht hat, vergehen einige Jahre. Werden die Pferde erst zu diesem späten Zeitpunkt anhand ihrer Leistung selektiert, resultieren daraus ein langes Generationsintervall und ein langsamer Zuchtfortschritt (Thorén Hellsten, 2008). Leistungen, die bei jungen Pferden erfasst werden und in enger Beziehung zum eigentlichen Zuchtzielmerkmal stehen, unterstützen Selektionsentscheidungen zu einem früheren Zeitpunkt (Philipsson, 2005). So sind Merkmale aus den Leistungsprüfungen für Zuchtpferde, die entsprechende genetische Korrelationen zum Zuchtzielmerkmal, Leistung im Turniersport, aufweisen, als Hilfsmerkmale zur Selektion in der Sportpferdezucht anzusehen (Thorén Hellsten et al., 2006; Viklund et al., 2008 und 2010). Für das Sportmerkmal höchstes erreichtes Niveau in der Dressur ergaben sich mittlere bis hohe genetische Beziehungen ($r_g = 0,43 - 0,78$) zu den Dressurmerkmalen der Leistungsprüfungen für Zuchtpferde. Diese Ergebnisse entsprechen den genetischen Korrelationen zwischen der Lebensleistung in der Dressur und den Grundgangarten aus der einwöchigen Hengstleistungsprüfung (Olsson et al., 2008) beziehungsweise aus dem Riding Horse Quality Test vier- bis fünfjähriger Pferde in Schweden (Wallin et al., 2003, Viklund et al., 2010). Insgesamt wurden zu den Merkmalen aus Leistungsprüfungen für Zuchtpferde weniger enge genetische Beziehungen geschätzt als

in vorangegangenen Analysen für das Sportmerkmal transformierter Rang (Lührs-Behnke, 2005; Jönsson et al., 2014). Von allen Dressurmerkmalen korrelierte die Rittigkeit am engsten mit dem höchsten erreichten Niveau in der Dressur, wie es zuvor bereits für das Sportmerkmal logarithmierte Gewinnsumme festgestellt wurde (Schade, 1996; Brockmann, 1998). Erwartungsgemäß erwiesen sich die Springmerkmale der Leistungsprüfungen für Stuten und Hengste als weitgehend unkorreliert mit den Leistungen im Dressursport (Wallin et al., 2003; Lührs-Behnke, 2005; Viklund et al., 2010).

Das Merkmal höchstes erreichtes Niveau im Springen wies geringe positive genetische Korrelationen ($r_g = 0,03 - 0,23$) zu den Dressurmerkmalen der Zuchtstutenprüfung und leicht negative genetische Beziehungen ($r_g = -0,12 - +0,04$) zu denen der Hengstleistungsprüfung auf. Vergleichbare Ergebnisse lassen sich auch in vorangegangenen Studien finden (Huizinga et al., 1990; Lührs-Behnke, 2005; Viklund et al., 2008). Entsprechend den früheren Ergebnissen waren die Springmerkmale aus den Leistungsprüfungen für Zuchtpferde eng mit der Leistung im Turniersport Springen korreliert (Schade, 1996; Brockmann, 1998; Lührs-Behnke, 2005). Vergleichsweise engere genetische Beziehungen ergaben sich in schwedischen Studien zwischen dem Merkmal Lebenspunktesumme und den Springmerkmalen aus dem Riding Horse Quality Test (Wallin et al., 2003; Olsson et al., 2008, Viklund et al., 2010) sowie in einer niederländischen Studie zwischen der höchsten erreichten Leistung im Springen und der Springeignung aus der Hengstleistungsprüfung (Huizinga et al., 1991).

5.4.3 Nutzung der Daten aus den Aufbauprüfungen

Eine Zuchtwertschätzung, die nur auf Leistungen im Turniersport basiert, lässt verzerrte Zuchtwerte erwarten (Thorén Hellsten et al., 2006), da Turniersportdaten deutlich von Vorselektionseffekten beeinflusst sind. Ein Großteil der Population nimmt gar nicht an Turniersportprüfungen teil und wird zumindest teilweise aufgrund von leistungsbezogenen Entscheidungen vorselektiert (Rovere et al., 2016). Desweiteren kommen Folgen des hohen Maßes an Internationalisierung des Pferdesektors zum Tragen. So werden einerseits Pferde, die nach ihrer Leistung ausgewählt wurden, nach Deutschland importiert, um unmittelbar im Turniersport eingesetzt werden zu können. Andererseits führt der Export deutscher Pferde, die nachfolgend auf nationalen oder internationalen Turnieren im Ausland vertreten sind (Pettersson et al., 2017), dazu, dass nur ein Teil ihrer Leistungsdaten zu Auswertungszwecken

verfügbar wird. Unabhängig von der Art der Vorselektionseffekte können diese zu einer Unterschätzung der Heritabilitäten und einer Verzerrung der Zuchtwerte führen (Janssens et al., 2007), die besonders stark bei jüngeren Hengsten (Bruns, 1998) und ausländischen Hengsten mit vorwiegend leistungsstarken Nachkommen in nationalen Turniersportprüfungen zum Tragen kommt (Pettersson et al., 2017).

Frühere Untersuchungen, die den Einfluss internationaler Leistungsinformationen aus dem Turniersport auf die Zuchtwertschätzung analysierten, wiesen deutliche Änderungen in der Rangierung der Hengste nach ihren Zuchtwerten (Janssens et al., 2012) sowie eine bessere Vorhersagefähigkeit und Genauigkeit der Zuchtwerte ausländischer Hengste nach (Vandenplas et al., 2013). Die Berücksichtigung eines binären Hilfsmerkmals, wie des Sportstatus, der die Teilnahme an Turniersportprüfungen widerspiegelt und in vorangegangenen Studien Verwendung fand, kann innerhalb einer Population helfen, Verzerrungen von Zuchtwerten zu reduzieren (Janssens et al., 2007; Ducro, 2010; Albertsdóttir et al., 2012; Rovere et al., 2016). Vorselektionseffekte, die auf ausländische Pferde zurückzuführen sind, lassen sich dadurch jedoch nicht reduzieren (Pettersson et al., 2017).

Die aktuelle Studie ergab für das höchste erreichte Niveau im Turniersport insbesondere für die Dressur teils sehr hohe Zuchtwerte. Diese Extreme, die vor allem für ausländische Hengste geschätzt wurden, lassen auf ein vorselektiertes Datenmaterial und eine mögliche Verzerrung der Zuchtwerte schließen. Um Ansätze zur Kompensation dieser Vorselektionseffekte zu entwickeln, erfolgte die Prüfung der Daten aus Aufbauprüfungen als zusätzliche Informationsquelle (Hilfsmerkmal). Diese wurden herangezogen, da sie früh verfügbar werden und insbesondere in der Dressur von einer engen Beziehung zum Turniersporteinsatz auszugehen ist. In diesem Sinne wurde eine Modifikation des bereits bewährten multivariaten Ansatzes der genetisch-statistischen Analysen mit dem Hilfsmerkmal Sportstatus untersucht. Ob ein Pferd mit Leistungen im Turniersport auch in Aufbauprüfungen vertreten war, wurde so parallel zum Merkmal höchstes erreichtes Niveau berücksichtigt. Insgesamt wirkte sich dieses Vorgehen nur marginal auf die Zuchtwertschätzergebnisse aus, allerdings konnten in Einzelfällen auch deutliche Auswirkungen auf die Zuchtwerte beobachtet werden. Diese betrafen in beiden Disziplinen in erster Linie ausländische Hengste, für die geringere Zuchtwerte geschätzt wurden, wenn der

jeweilige ABP-Sportstatus in der Zuchtwertschätzung für das höchste erreichte Niveau im Turniersport integriert wurde.

Ohne Zweifel sind Pferde für die Teilnahme an Aufbauprüfungen auch bereits vorselektiert und unterliegen einem gezielten Management zur Förderung ihrer Leistung unter dem Reiter, überwiegend mit dem Fokus auf dem Turniersport. Diese gezielten Managemententscheidungen können sich beispielsweise auf die Fragen, wann, wie und ob ein Pferd überhaupt in Aufbauprüfungen eingesetzt wird, beziehen und wirken sich damit auch auf das Hilfsmerkmal ABP-Sportstatus aus. Hinweise hierzu könnten die genetischen Korrelationen zwischen dem Hilfsmerkmal ABP-Sportstatus und dem Sportmerkmal höchstes erreichtes Niveau liefern. Die genetische Korrelation von $r_g = 0,5$ für die Disziplin Dressur lässt darauf schließen, dass der Einsatz eines Pferdes in Dressurpferdeprüfungen (ABP) in relevantem Maße mit der Qualität im Sinne der Leistungsveranlagung des Pferdes konform geht. Für das Springen gilt dies nicht, was möglicherweise mit der grundsätzlich anderen Leistungseinschätzung der Pferde in Springpferdeprüfungen (ABP, Wertnote) und in Springprüfungen (Turniersport, Fehlerpunkte, Zeit) zu tun hat.

Inwieweit sich der neue Ansatz der Nutzung des Hilfsmerkmals ABP-Sportstatus in der Routinezuchtwertschätzung zu etablieren vermag, muss zunächst offen bleiben. Diese Studie liefert Hinweise, dass das Hilfsmerkmal zur Stärkung der Aussagekraft der Zuchtwerte für Hengste, die im deutschen Turniersport selbst oder mit Nachkommen in Erscheinung treten, beitragen kann.

5.5 Ausblick

Bisher führen verschiedene Länder eigenständige Selektionsprogramme und Routinezuchtwertschätzungen für Reit- und Sportpferde durch, die ausschließlich auf Informationen nationaler Leistungen basieren (Koenen und Aldridge, 2002). Um diese nationalen Zuchtprogramme zu stärken und die Selektion insbesondere im Hinblick auf die Leistung im Sport zu verbessern, sollten ausländische nationale sowie internationale Turniersportergebnisse Berücksichtigung finden, wie beispielsweise durch die Implementierung einer internationalen Zuchtwertschätzung (Koenen und Aldridge, 2002) nach dem in der Milchrinderzucht bewährten Modell. Diese würde allerdings bedeuten, dass nur solche Länder einbezogen werden, die bereits eine nationale Zuchtwertschätzung, die

gängigen Validierungskriterien standhält, durchführen und zwischen deren Zuchtpopulationen eine genügend enge genetische Verknüpfung gegeben ist (Árnason und Ricard, 2001).

Eine weitere Grundvoraussetzung ist ein einheitliches und eindeutiges Identifikationssystem der Pferde (Koenen und Aldridge, 2002; Bruns et al., 2004; Thorén Hellsten et al., 2008; Ruhlmann et al., 2009). Zwar wurde mit der Universal Equine Life Number (UELN), welche seit 2009 in der EU verpflichtend ist, ein geeignetes einheitliches Identifikationssystem etabliert, allerdings bedarf es einiger Zeit, nachträglich allen lebenden Pferden und den als Vorfahren im Pedigree auftauchenden Pferden, die korrekten UELN zuzuweisen (Thorén Hellsten et al., 2008; Viklund et al., 2015). Auch in aktuellen Analysen ist mit einer mehr oder weniger großen Zahl von Dubletten, also Pferden mit mehr als einer Lebensnummer, zu rechnen, deren Zusammenführung entscheidend für die Sicherung der Qualität der Zuchtwertschätzung ist.

Desweiteren unterscheiden sich die in den einzelnen Ländern von den verantwortlichen Zuchtorganisationen definierten Zuchtziele und die durchgeführten Zuchtprogramme, teils bedingt durch die nationalen Regelungen von Pferdezeit und –sport (Koenen und Aldridge, 2002; Bruns et al., 2004). Heterogenität hinsichtlich des Turniersports und der Leistungsprüfungen für Zuchtpferde und junge Pferde bezüglich der Art, der Dauer und der erfassten Merkmale sowie der angewandten Zuchtwertschätzverfahren erschweren die Etablierung einer internationalen multivariaten Zuchtwertschätzung für Reitpferde (Bruns et al., 2004).

Im Gegensatz dazu ergaben Analysen für die nordischen Länder Schweden, Dänemark, Norwegen und Finnland, dass ähnliche Zuchtziele und in wesentlichen Punkten vergleichbare Zuchtprogramme für Sportpferde geeignete Rahmenbedingungen für eine länderübergreifende Zuchtwertschätzung schaffen (Viklund et al., 2015). Das in Skandinavien weitgehend einheitliche Konzept für Leistungsprüfungen für junge Reitpferde wirkte sich positiv auf die Ergebnisse aus. Für die Turniersportmerkmale reduzierte die gemeinsame Datenanalyse die Anteile zensierter Daten und nur bedingt repräsentativer Nachkommengruppen, die mit dem Import und Export von Pferden verbunden sind.

Aufgrund der unterschiedlichen Zuchtprogramme einzelner Länder insbesondere im Bereich der Leistungsprüfungen wäre eine gemeinsame internationale Zuchtwertschätzung für das Sportpferd, die ausschließlich auf nationalen und internationalen Leistungen im Turniersport beruht, zunächst naheliegender als eine solche, die auch Leistungsinformationen aus den

nationalen Prüfsystemen integriert. Dies erfordert allerdings in naher Zukunft eine verbesserte internationale Zusammenarbeit, die einen länderübergreifenden Austausch beziehungsweise eine zentrale Datenbank zur Speicherung von nationalen und internationalen Turniersportergebnissen regelt. Um die Zucht von Sportpferden zukünftig weiter zu stärken, müssen die entscheidenden Zuchtzielkriterien möglichst direkt und auf maximaler Informationsgrundlage für die Zuchtarbeit verfügbar werden. Die Merkmalsdefinition höchstes erreichtes Niveau im Turniersport stellt einen geeigneten Ansatz dar, um dies zu realisieren. Während sich ein Austausch sämtlicher nationaler Turniersportergebnisse aus formalen, datenschutzrechtlichen und logistischen Gründen problematisch darstellt, mag die länderübergreifende Sammlung und Nutzung der Daten zur höchsten erreichten Leistung eines Pferdes einen gangbaren Weg darstellen, um der Internationalität von Pferdesport und – zucht angemessen Rechnung zu tragen.

Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war es, für die Reitpferdezucht in Deutschland alternative Merkmalsdefinitionen für Leistungen in Turniersportprüfungen in den Disziplinen Dressur und Springen vergleichend zu untersuchen und dem bisherigen Merkmal transformierter Rang gegenüber zu stellen. Zudem waren die genetischen Parameter für die zuchtwertschätzrelevanten Merkmale aus den Leistungsprüfungen für Stuten (Zuchtstutenprüfung) und Hengste (Hengstleistungs- und Veranlagungsprüfungen) neu zu schätzen. Für die Analysen standen 94.784 Ergebnisse von Leistungsprüfungen für Zuchtpferde aus den Jahren 1986 bis 2014 sowie im Bereich der Sportdaten 3.629.681 Leistungen aus Aufbauprüfungen und 14.743.059 Leistungen aus Turniersportprüfungen der Jahre 1995 bis 2014 zur Verfügung.

Die Definition eigenständiger Leistungsprüfungsmerkmale für Stuten und Hengste bildete die Grundlage für die genetische Parameterschätzung, für die lineare Ein- und Mehrmerkmalstiermodelle verwendet wurden. Die Heritabilitäten für die Merkmale der Grundgangarten und des Springens bei Zuchtpferden lagen auf mittlerem bis teils hohem Niveau ($h^2 = 0,26 - 0,71$). Ein höheres Maß der Standardisierung und der Selektion spiegelte sich in tendenziell höheren Heritabilitätsschätzwerten wider. Sehr enge additiv-genetische Korrelationen zwischen analogen Merkmalen der Prüfungsformen unterstützen den Ansatz der Merkmalsdefinitionen über Prüfungsformen hinweg sowohl für Stuten als auch für Hengste und lassen den Schluss zu, dass die Leistungsprüfungen gleichermaßen wertvolle Informationen zur Selektion auf Reit- und Springeignung liefern.

Für die Analyse der Turniersportleistungen wurden in dieser Arbeit die Merkmalsdefinitionen modifiziert transformierter Rang als Alternative zum bisherigen transformierten Rang, die Lebensergebnissumme und das höchste erreichte Niveau untersucht. Während der modifiziert transformierte Rang ($\text{Rang}^* = \text{Rangmittel} - \text{Rang}$) als wiederholte Beobachtung in die Zuchtwertschätzung einging, lieferten die beiden anderen Merkmalsdefinitionen als Maximalleistung nur eine Beobachtung pro Pferd. Zur Erarbeitung dieser beiden Merkmale wurden Merkmalsdefinitionen internationaler Studien, die in der Routinezuchtwertschätzung einzelner Länder Berücksichtigung finden, nachvollzogen und abgewandelt auf das Datenmaterial des deutschen Turniersports angewendet. Hierfür wurde ein Punktesystem für die Teilnahme, die Platzierung und den Sieg in den Anforderungsniveaus des deutschen Turniersports erstellt. Während sich die Lebensergebnissumme summarisch aus allen

Leistungen eines Pferdes zusammensetzt, spiegelte das höchste erreichte Niveau die höchste Leistung im Turniersport, welche mindestens dreimal erreicht werden musste, wider.

Die Ergebnisse vergleichender genetisch-statistischer Analysen dienten dazu, die Auswahl eines geeigneten Merkmals für Turniersportleistungen in der Zuchtwertschätzung zu unterstützen.

Die Heritabilitäten für die bisherig verwendete und die alternative Transformation des Ranges waren gleichermaßen sehr gering (überwiegend $h^2 \leq 0,07$). Im Vergleich dazu lagen die Schätzwerte für die beiden Merkmalsdefinitionen der Maximalleistung auf deutlich höherem Niveau: für die Lebensergebnissumme bei $h^2 = 0,16 - 0,22$ und für das höchste erreichte Niveau bei $h^2 = 0,22 - 0,37$. Durch die Verwendung dieser Merkmale in der Zuchtwertschätzung ließen sich folglich ein schnellerer Zuchtfortschritt und eine Stärkung des Zuchtprogrammes bewirken. Als kritisch anzusehen ist jedoch, dass für die Maximalleistung keine Berücksichtigung der genetischen Konkurrenz erfolgen kann, wie dies über die Modellierung einer Vergleichsgruppe der individuellen Prüfung beim transformierten Rang erfolgt.

Der Vergleich der Merkmalsdefinitionen ergab ein Überwiegen der Vorteile für das Merkmal höchstes erreichtes Niveau. Dieses unterstützt im Hinblick auf die komplexe Datenstruktur stabile genetisch-statistische Analysen und liefert gezieltere Aussagen zur Leistungsfähigkeit und der genetischen Veranlagung des Pferdes für den Turniersporteinsatz auf hohem Niveau. Mit dem im Schätzmodell des höchsten erreichten Niveaus berücksichtigten maximalen Alter im Turniersportdatenmaterial konnte ein neuer Ansatz zur Reduzierung der Auswirkungen zensierter Daten erfolgreich verfolgt werden.

Die Vorselektion des zur Auswertung kommenden Datenmaterials anhand von Kriterien, die in unmittelbarer Beziehung zum Auswertungsmerkmal stehen, kann zu Verzerrungen in der Zuchtwertschätzung führen. In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, ob die Nutzung der Daten aus den Aufbauprüfungen eine Möglichkeit ist, Vorselektionseffekten durch den Einsatz importierter Pferde im Turniersport (Überschätzung der Zuchtwerte) Rechnung zu tragen. Das Hilfsmerkmal Aufbauprüfungssportstatus wurde daher erarbeitet und parallel zum Merkmal höchstes erreichtes Niveau berücksichtigt. Die Auswirkungen auf die Zuchtwertschätzergebnisse waren marginal, aber sie betrafen in beiden Disziplinen vorwiegend ausländische Hengste, für die damit geringere Zuchtwerte geschätzt wurden. Demnach liefert dieses Vorgehen einen Ansatz, um die Vorselektion importierter Pferde zu

reflektieren. Gleichzeitig muss beachtet werden, dass auch Pferde für den Einsatz in Aufbauprüfungen bereits vorselektiert sind.

Die Überlegungen zur Reduzierung des Einflusses nicht repräsentativer Nachkommengruppen wären in dieser Form nicht notwendig, wenn internationale und nationale Turniersportergebnisse anderer Länder für die Zuchtwertschätzung zur Verfügung stünden. Um Verzerrungen der Zuchtwerte zu reduzieren und dadurch eine Stärkung der Zuchtprogramme zu bewirken sowie verbesserte Selektionsentscheidungen beim Reit- und Sportpferd zu unterstützen, ist ein internationaler Austausch der Turniersportdaten erforderlich und sollte in naher Zukunft angestrebt werden.

Summary

The aim of this study was to analyze and to compare alternative equine competition performance traits using 4,583,487 results of dressage and 10,159,572 results of show jumping competitions in 1995 to 2016 in Germany. In addition, genetic parameters for traits from performance tests for mares and stallions, which are currently considered in the routine genetic evaluation, were estimated using 94,784 results obtained in 1986 to 2014.

Distinct definitions of performance test traits for mares and stallions provided the basis of genetic analyses, which were performed in linear single-trait and multiple-trait animal models.

Heritability estimates for gaits and jumping traits in the performance tests were medium to high ($h^2 = 0.26 - 0.71$). It was shown that greater selection intensities and standardization of performance tests were related to higher estimates. However, very high additive genetic correlations were found between analogous traits accessed in field tests and station tests of mares and between ability tests and performance tests of stallions. These results support trait definitions across types of performance tests for both, mares and stallions, and indicate the performance test results are equally important to back up selection decisions.

Competition performance traits were in this study analyzed using a modification of the transformed rank as an alternative to the current transformed rank, cumulative lifetime results and highest level achieved as measures of sport performance in dressage and show jumping. For the modified transformed rank ($\text{rank}^* = \text{mean of the ranks} - \text{rank}$) repeated observations were used in the genetic analyses, whereas only one record per horse reflecting maximal performance was used for the cumulative lifetime results and the highest level achieved. For the derivation of these parameters, international studies were analyzed with respect to competition performance traits used in the routine genetic evaluation for riding horses in other countries. A point system considering participation, placement and win in each performance class and with increasing weights according to the levels of difficulty was created. Cumulative lifetime results are the sum of all points obtained by a horse, and the highest level achieved reflects the highest performance class and result in competition on which a horse had at least three records.

The results of comparative genetic analyses were supposed to support choice of the performance trait definition suitable for genetic evaluation. Heritability estimates for the two rank traits, using current and modified transformation, were equally low (mostly $h^2 \leq 0.07$).

By contrast, the estimates for traits referring to the maximal performance of the horse were considerably higher: $h^2 = 0.16 - 0.22$ for cumulative lifetime results and $h^2 = 0.22 - 0.37$ for highest level achieved. The use of the traits could therefore aid in faster breeding progress and strengthens sire breeding programs. For both trait definitions, contemporary groups accounting for environmental and genetic levels cannot be defined as in models using repeated observations for rank traits, which is seen as critical. The advantages of results for the highest level achieved favor its use in genetic evaluation. Regardless of the complexity of data structure, the trait highest level achieved allows for an increased stability of genetic evaluations and provides information on performance ability and genetic disposition of horses to be used for competition on highest level. By including maximum age in the competition data in the statistical model, a new approach to reduce effects of censoring was successfully developed.

Preselection of data available for analyses is especially harmful if preselection criteria are closely correlated to the target traits. Biased breeding values may interfere with substantial breeding progress. In this study was investigated whether using data from young horse competitions could counteract the effects of preselection related to the use of imported horses in competition. The trait sport status in young horse competitions was therefore defined and considered together with the highest level achieved in genetic evaluation. Results of breeding values were only marginally affected. However, in both disciplines lower breeding values were estimated mainly for foreign stallions by including the sport status as second trait. So this multiple-trait approach could be seen as feasible way to account for preselection on imported horses. Nevertheless, it must be noted that the use in young horse competitions is also influenced by preselection.

If international and national results of competitions from other countries were available for genetic evaluation, considerations of how to minimize the impact of non-representative progeny groups may not be necessary. International exchange of data referring to performance in sport competitions would allow to reduce bias of estimated breeding values and by that to aid strengthening of breeding programs and selection decisions in riding and sport horses.

Literaturverzeichnis

- Aldridge, L. I.; Kelleher, D. L.; Reilly, M.; Brophy, P. O. (2000): Estimation of the genetic correlation between performances at different levels of show jumping competitions in Ireland. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 117: 65-72.
- Albertsdóttir, E.; Árnason, T.; Eriksson, S.; Sigurdsson, Á. Fikse, W. F. (2012): Effects on integrated genetic evaluations for Icelandic horses on predictive ability, accuracy and selection bias. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 129: 41-49.
- Árnason, T. (1987): Contribution of various factors to genetic evaluation of stallions. *Livestock Production Science* 16: 407-419.
- Árnason, T.; Ricard, A. (2001): Method for international genetic evaluation of sport horses. 52nd Annual Meeting of EAAP, 26. - 29. August 2001, Budapest, Hungary.
- Bartolomé, E.; Menéndez-Buxadera, A.; Valera, M.; Cervantes, I.; Molina, A. (2013): Genetic (co)variance components across age for show jumping performance as an estimation of phenotypic plasticity ability in spanish horses. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 130: 190-198.
- Brockmann, A. (1998): Entwicklung einer Eigenleistung im Feld für Hengste unter Berücksichtigung der Turniersportprüfung. *Dissertationsschrift Univ. Göttingen. Warendorf: FNverlag der Deutschen Reiterlichen Vereinigung e. V.*
- Bruns, E. (1998): Derzeitiger Stand der Zuchtwertschätzung unter Nutzung der Turniersportergebnisse - Theoretische Aspekte-. 2. Pferde-Workshop, 17. - 18. Februar 1998 Uelzen.
- Bruns, E.; Ricard, A.; Koenen, E. P. C. (2004): Interstallion - on the way to an international genetic evaluation of sport horses. 55th Annual Meeting of EAAP, 5. - 9. September 2004, Bled, Slovenia.
- Christmann, L. (1996): Zuchtwertschätzung für Merkmale der Stutbuchaufnahme und der Stutenleistungsprüfung im Zuchtgebiet Hannover. *Dissertationsschrift Univ. Göttingen. Göttingen: Cuvillier Verlag.*
- Deutsche Reiterliche Vereinigung e. V. (FN) (2015): Integrierte Zuchtwertschätzung Pferde. URL https://www.fnverlag.de/fn-erfolgsdaten/files/2/12/Integrierte_Zuchtwertschaetzung_2015.pdf (02.10.2018)
- Deutsche Reiterliche Vereinigung e. V. (FN) (2018). HLP-Richtlinien für Leistungsprüfungen von Hengsten der Deutschen Reitpferdezuchten. *Beschluss Beirat Zucht, Dezember 2018.*
- Dubois, C.; Ricard, A. (2007): Efficiency of past selection of the french sport horse: Selle Français breed and suggestions for the future. *Livestock Science* 112: 161-171.

- Ducro, B. J.; Koenen, E. P. C.; van Tartwijk, J. M. F. M.; Bovenhuis, H. (2007): Genetic relations of movement and free-jumping traits with dressage and show-jumping performance in competition of Dutch Warmblood horses. *Livestock Science* 107: 227-234.
- Frevert, H. (2016): Statistische Modellierungen zur Schätzung genetischer Parameter für das Merkmal Vielseitigkeit beim Deutschen Reitpferd. *Dissertationsschrift Univ. Göttingen*.
- Gilmour, A.; Gogel, B.; Cullis, B.; Thompson, R. (2009): *Asreml user guide*. Release 3.0. VSN International Ltd., Hemel Hempstead, UK.
- Groeneveld, E.; Kovač, M.; Wang, T. (1990): PEST, a general purpose BLUP package for multivariate prediction and estimation. *4th WCGALP*, 23. - 27. July 1990, Edinburgh.
- Groeneveld, E.; Kovač, M.; Mielenz, N. (2008): *VCE User's Guide and Reference Manual Version 6.0*.
- Harder, B.; Kalm, E. (2005): Genetische Analyse vom 30-Tage Veranlagungstest. 4. Pferde-Workshop, 22. - 23. Februar 2005, Uelzen.
- Hassenstein, C. (1998). Genetisch statistische Analyse von neuentwickelten Merkmalen aus Turniersportprüfungen für Reitpferde. *Dissertationsschrift Univ. Kiel*. Kiel: Selbstverlag des Instituts für Tierzucht und Tierhaltung.
- Horse Sport Ireland (HSI) (2015): *The Irish Sport Horse Studbook Mare Genetic Evaluation Report 2015*. URL <http://www.horsesportireland.ie/wp-content/uploads/2014/03/The-Irish-Sport-Horse-Studbook-Mare-Genetic-Evaluation-Report-2015.pdf> (04.11.2018)
- Huizinga, H. A.; Van der Meij, G. J. W. (1989): Estimated parameters of performance in jumping and dressage competition of the Dutch Warmblood horse. *Livestock Production Science* 21: 333-345.
- Huizinga, H. A.; Boukamp, M.; Smolders, G. (1990): Estimated parameters of field performance testing of mares from Dutch Warmblood riding horse population. *Livestock Production Science* 26: 291-299.
- Huizinga, H. A.; van der Werf, J. H. J.; Korver, S.; van der Meij, G. J. W. (1991): Stationary performance testing of stallions from the Dutch Warmblood riding horse population. 1. Estimated genetic parameters of scored traits and the genetic relation with dressage and jumping competition from offspring of breeding stallions. *Livestock Production Science* 27: 231-244.
- Jaitner, J.; Reinhardt, F.: Integrierte Zuchtwertschätzung Pferde - Umsetzung der Zuchtwertschätzung. 3. Pferde-Workshop, 19. - 20. Februar 2002, Uelzen.

- Janssens, S.; Geysen, D.; Vandepitte, W. (1997): Genetic parameters for show jumping in Belgian sporthorses. 48th Annual Meeting of EAAP, 25. - 28. August 1997, Vienna, Austria.
- Janssens, S.; Buys, N.; Vandepitte, W. (2007): Sport status and the genetic evaluation for show jumping in Belgian sport horses. 58th Annual Meeting of EAAP, 26. - 29. August 2007, Dublin, Ireland.
- Janssens, S.; Aerts, M.; Volckaert, F.; Buys, N. (2012): The effect of international show jumping performances on the genetic evaluation of Belgian Warmblood. 63rd Annual Meeting of EAAP, 27. - 31. August 2012, Bratislava, Slovakia.
- Janssens, S. (2017): Estimated breeding values for Belgian Warmblood horses. 8. Pferde-Workshop, 14. - 15. Februar 2017, Bad Bevensen.
- Jönsson, L.; Christiansen, K.; Holm, M.; Mark, T. (2014): Genetic correlations between young horse and dressage competition results in Danish Warmblood horses. 10th WCGALP, 17. - 22. August 2014, Vancouver, Canada.
- Jönsson, L.; Madsen, P.; Mark, T. (2016): Modelling repeated competition records in genetic evaluations of danish sport horses. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 133: 291-302.
- Kearsley, C. G. S.; Woolliams, J. A.; Coffey, M. P.; Brotherstone, S. (2008): Use of competition data for genetic evaluations of eventing horses in Britain: Analysis of the dressage, showjumping and cross country phases of eventing competition. *Livestock Science* 118: 72-81.
- Koenen, E. P. C.; Aldridge, L. I. (2002): Testing and genetic evaluation of sport horses in an international perspective. 7th WCGALP, 19. - 23. August 2002, Montpellier, France.
- Koenen, E. P. C.; Aldridge, L. I.; Philipsson, J. (2004): An overview of breeding objectives for warmblood sport horses. *Livestock Production Science* 88: 77-84.
- Koninklijk Warmbloed Paard Nederland (KWPN) (2016): About KWPN URL <https://www.kwpm.org/about-kwpm/organisation/organisation> (07.11.2016)
- Köhncke, H. (1998): Entwicklung der Stutenleistungsprüfungen und Datenerfassungskonzept der Zukunft. 2. Pferde-Workshop, 17. - 18. Februar 1998, Uelzen.
- Kühl, K. (1991): Analyse von Leistungsprüfungen und Entwicklung eines Gesamtzuchtwertes für die Reitpferdezucht. Dissertationsschrift Univ. Kiel. Kiel: Selbstverlag des Institutes für Tierzucht und Tierhaltung.
- Langlois, B. (1980): Estimation de la valeur génétique des chevaux de sport d'après les sommes gagnées dans les compétitions équestres françaises. *Annales de Génétique et de Sélection Animale* 12: 15-31.

- Leistungsprüfungsverordnung (LPO) (2013): Regelwerk für den deutschen Turniersport. Warendorf: FN-Verlag der Deutschen Reiterlichen Vereinigung GmbH.
- Lührs-Behnke, H. (2005): Genetisch statistische Analysen von Merkmalen der Leistungsprüfungen der Deutschen Reitpferdezucht. Dissertationsschrift Univ. Kiel. Kiel: Selbstverlag des Instituts für Tierzucht und Tierhaltung.
- Meinardus, H. (1988): Züchterische Nutzung der Turniersportprüfung für Reitpferde: Genetische Parameter und Zuchtwertschätzung nach einem Blup-Tiermodell. Dissertationsschrift Univ. Göttingen. Warendorf: FN-Verlag der Deutschen Reiterlichen Vereinigung e.V.
- Meinardus, H. (1995): Zuchtziel aus der Sicht des praktischen Pferdezüchters. Göttinger Pferdetage '95, Göttingen.
- Mezei, A.; Posta, J.; Mihók, S. (2015). Comparison of different measurement variables based on hungarian show jumping results. *Annals of animal science* 15: 177-183.
- Olsson, E.; Näsholm, A.; Strandberg, E.; 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.
- Peeters, K.; Ducro, B.; Janssens, S. (2009): Estimating genetic parameters for dressage performance in Belgian sport horses based on results from multiple competition levels. 60th Annual Meeting of EAAP, 24. - 27. August 2009, Barcelona, Spain.
- Pettersson, M.; Eriksson, S.; Viklund, A. (2017): Influence of imported sport horses on the genetic evaluation of Swedish Warmblood stallions. *Animal Science* 66: 183-189.
- Philipsson, J. (2005): Importance of young horse testing for genetic evaluations in Sweden. 4. Pferde-Workshop, 22. - 23. Februar 2005, Uelzen.
- Posta, J.; Mihók, S.; Márkus, S.; Komlósi, I. (2009): Analysis of Hungarian sport horse show jumping results using different transformations and models. *Archiv Tierzucht* 52, S. 451-458.
- Quinn-Brady, K. M.; Harty, D.; Corbally, A. (2013a): The inclusion of international showjumping results in the genetic evaluation of Irish Sport Horses. 64th Annual Meeting of EAAP, 26. - 30. August 2013, Nantes, France.
- Quinn-Brady, K. M.; Harty, D.; Corbally, A. (2013b): The inclusion of international showjumping results in the genetic evaluation of Irish Sport Horses. URL http://old.eaap.org/Previous_Annual_Meetings/2013Nantes/Papers/Published/S27_03.pdf (30.11.2018)
- Reilly, M.; Foran, M. K.; Kelleher, D. L.; Flanagan, M. J.; Brophy, P. O. (1998): Estimation of genetic value of showjumping horses from the ranking of all performances in all competitions. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 115: 17-25.

- Ricard, A.; Chanu, I. (2001): Genetic parameters of eventing horse competition in France. *Genetics Selection Evolution* 33: 175-190.
- Ricard, A.; Legarra, A. (2010): Validation of models for analysis of ranks in horse breeding evaluation. *Genetics Selection Evolution* 42: 3.
- Rovere, G. (2016): Sport horses: breeding specialist from a single breeding programme? Doctorial Thesis. Wageningen.
- Rovere, G.; Ducro, B. J.; van Arendonk, J. A. M.; Norberg, E.; Madsen, P. (2016): Analysis of competition performance in dressage and show jumping of Dutch Warmblood horses. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 133: 503-512.
- Rovere, G.; Ducro, B. J.; van Arendonk, J. A. M.; Norberg, E.; Madsen, P. (2017): Genetic correlations between dressage, show jumping and studbook-entry inspection traits in a process of specialization in Dutch Warmblood horses. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 134: 162-171.
- Ruhlmann, C.; Bruns, E.; Fraehr, E.; Philipsson, J.; Janssens, S.; Quinn, K.; Thorén Hellsten, E.; Ricard, A. (2009): Genetic connectedness between seven European countries for performance in jumping competitions of warmblood riding horses. *Livestock Science* 120: 75-86.
- Sánchez Guerrero, M. J.; Cervantes, I.; Valera, M.; Gutiérrez, J. P. (2014): Modelling genetic evaluation for dressage in Pura Raza Espanol horses with focus on the rider effect. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 131: 395-402.
- SAS Institute. (2013): Base SAS® 9.4 Procedures Guide: Statistical Procedures, Second Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Schade, W. (1996): Entwicklung eines Besamungszuchtprogramms für die Hannoversche Warmblutzucht. Dissertationsschrift Univ. Göttingen.
- Schöpke, K. (2011): Entwicklung einer Zuchtwertschätzung für das Deutsche Sportpferd. Dissertationsschrift Univ. Halle-Wittenberg.
- Stewart, I. D.; Woolliams, J. A.; Brotherstone, S. (2010): Genetic evaluation of horses for performance in dressage competitions in Great Britain. *Livestock Science* 128: 36-45.
- Stewart, I. D.; White, I. M. S.; Gilmour, A. R.; Thompson, R.; Woolliams, J. A.; Brotherstone, S. (2012): Estimating variance components and predicting breeding values for eventing disciplines and grades in sport horses. *Animal* 6: 1377-1388.
- Tavernier, A. (1990): Estimation of breeding value of jumping horses from their ranks. *Livestock Production Science* 26: 277-290.

- Tavernier, A. (1991): Genetic evaluation of horses based on ranks in competitions. *Genetics Selection Evolution* 23: 159-173.
- Thorén Hellsten, E. (2008): International Sport Horse Data for Genetic Evaluation. Doctorial Thesis. Uppsala: SLU Service/Repro.
- Thorén Hellsten, E. T.; Jorjani, H.; Philipsson, J. (2009): Genetic correlations between similar traits in the Danish and Swedish Warmblood sport horse populations. *Livestock Science* 124: 15-20.
- Thorén Hellsten, E.; Viklund, A.; Koenen, E.; Ricard, A.; Bruns, E.; Philipsson, J. (2006): Review of genetic parameters estimated at stallion and young horse performance tests and their correlations with later results in dressage and show-jumping competition. *Livestock Science* 103: 1-12.
- Uphaus, H. (1993): Feld- und Stationsprüfung für Stuten und deren Nutzung im Rahmen eines Zuchtprogrammes. Dissertationsschrift Univ. Kiel.
- Von Velsen-Zerweck, A. (1998): Integrierte Zuchtwertschätzung für Zuchtpferde. Dissertationsschrift Univ. Göttingen. Warendorf: FN-Verlag der Deutschen Reiterlichen Vereinigung.
- Vandenplas, J.; Janssens, S.; Buys, N.; Gengler, N. (2013): An integration of external information for foreign stallions into the Belgian genetic evaluation for jumping horses. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 130: 209-217.
- Viklund, A.; Thorén Hellsten, E.; Näsholm, A.; Strandberg, E.; Philipsson, J. (2008): Genetic parameters for traits evaluated at field tests of 3- and 4-year-old Swedish Warmblood horses. *Animal* 2: 1832-1841.
- Viklund, A.; Braam, A.; Näsholm, A.; Strandberg, E.; Philipsson, J. (2010): Genetic variation in competition traits at different ages and time periods and correlations with traits at field tests of 4-year-old Swedish Warmblood horses. *Animal* 4: 682-691.
- Viklund, A.; Furre, S.; Eriksson, S.; Vangen, O.; Philipsson, J. (2015): Genetic conditions of joint Nordic genetic evaluations of lifetime competition performance in warmblood sport horses. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 132: 308-317.
- Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung w. V. (vit) (2018): FN-Zuchtwertschätzung Pferde. URL https://www.vit.de/fileadmin/DE/Zuchtwertschaetzung/Beschreibung_FN_ZWS_Pferde.pdf (29.11.2018)
- Wallin, L.; Strandberg, E.; Philipsson, J. (2003): Genetic correlations between field test results of Swedish Warmblood Riding Horses as 4-year-olds and lifetime performance results in dressage and show jumping. *Livestock Production Science* 82: 61-71.

- Welker, V.; Stock, K. F.; Schöpke, K.; Swalve, H. H. (2018): Genetic parameters of new comprehensive performance traits for dressage and show jumping competitions performance of German riding horses. *Livestock Science* 212: 93-98.
- Wikström, A.; Viklund, A.; Näsholm, A.; Philipsson, J. (2005): Genetic parameters for competition traits at different ages of swedish riding horses. 56th Annual Meeting of EAAP. 5. - 8. June 2005, Uppsala, Sweden.
- Zuchtverbandsordnung (ZVO) (2016): URL <http://www.pferd-aktuell.de/misc/filePush.php?id=16407&name=Zuchtverbandsordnung+%28ZVO%29+Beschluss+Mai+2016> (01.11.2016)

Anhang

Tabelle 1: Genetische Korrelationen zwischen Merkmalen aus Zuchtstutenprüfung und Veranlagungsprüfung mit nachgestellten Standardfehlern.

	VA	Schritt	Trab	Galopp	Rittigkeit	Freispringen
ZSP						
Schritt		0,77 0,06	0,57 0,05	0,52 0,05	0,59 0,06	-0,24 0,06
Trab		0,47 0,06	0,89 0,03	0,76 0,04	0,80 0,05	-0,18 0,05
Galopp		0,41 0,06	0,66 0,04	0,89 0,03	0,74 0,04	-0,09 0,05
Rittigkeit		0,45 0,07	0,77 0,04	0,75 0,05	0,89 0,04	-0,17 0,06
Freispringen		-0,27 0,07	-0,29 0,05	-0,15 0,05	-0,21 0,05	0,88 0,04

Tabelle 2: Genetische Korrelationen zwischen Merkmalen aus Zuchtstutenprüfung und Hengstleistungsprüfung mit nachgestellten Standardfehlern.

	ZSP	Schritt	Trab	Galopp	Rittigkeit	Freispringen
HLP						
Schritt		0,89 0,03	0,65 0,04	0,59 0,04	0,69 0,04	-0,15 0,04
Trab		0,61 0,04	0,89 0,03	0,71 0,03	0,80 0,03	-0,06 0,04
Galopp		0,68 0,04	0,78 0,03	0,89 0,02	0,83 0,03	0,06 0,04
Rittigkeit		0,59 0,04	0,76 0,03	0,71 0,04	0,94 0,02	0,04 0,04
Freispringen		-0,04 0,05	0,15 0,03	0,15 0,03	0,04 0,04	0,95 0,03
Parcoursspringen		0,06 0,04	0,09 0,04	0,25 0,04	0,19 0,03	0,81 0,04

Tabelle 3: Anzahl Prüfungen und durchschnittliche Anzahl Starter je Prüfung in Prüfungsklassen im Turniersport und in Aufbauprüfungen in Dressur und Springen.

Prüfungsform	Prüfungsklasse	N Prüfungen	Ø Starter	Std.	Min - Max
TSP Dressur	A	100.821	21,8	7,7	1 - 97
	L	90.645	19,8	6,5	1 - 74
	M	46.381	20,0	6,8	1 - 74
	S	24.902	19,8	7,4	1 - 102
	alle	262.749	20,6	7,2	1 - 102
TSP Springen	A	116.193	31,5	14,7	1 - 152
	L	130.812	34,8	19,6	1 - 218
	M	118.710	41,3	28,4	1 - 340
	S	33.320	44,1	19,9	1 - 162
	alle	399.151	36,9	22,3	1 - 340
ABP Dressur	alle	51.449	14,1	6,5	1 - 57
ABP Springen	alle	144.879	19,4	10,1	1 - 148

Tabelle 4: Anzahl Reiter, durchschnittliche Anzahl an Starts je Reiter und Pferde je Reiter in Prüfungsklassen im Turniersport und in Aufbauprüfungen Dressur und Springen.

Prüfungsform	Prüfungs-klasse	N Reiter	Starts je Reiter			Pferde je Reiter		
			Mittel	Std.	Min - Max	Mittel	Std.	Min - Max
TSP Dressur	A	69.634	23,4	31,7	1 - 1.037	3,8	3,8	1 - 68
	L	43.835	31,5	46,6	1 - 707	3,3	3,7	1 - 64
	M	20.350	35,8	55,5	1 - 1.131	3,2	4,8	1 - 91
	S	8.596	43,8	89,7	1 - 1.152	3,2	5,3	1 - 92
TSP Springen	A	62.598	38,3	55,8	1 - 1.323	5,2	6,8	1 - 175
	L	43.407	67,2	108,6	1 - 1.953	6,7	12,6	1 - 284
	M	25.518	111,4	237,8	1 - 4.011	7,8	18,0	1 - 321
	S	10.055	92,6	246,6	1 - 3.867	6,8	13,4	1 - 174
ABP Dressur	alle	43.303	16,8	36,7	1 - 826	3,9	6,1	1 - 105
ABP Springen	alle	39.722	70,5	217,6	1 - 6.603	8,3	19,8	1 - 493

Tabelle 5: Mittlere Anzahl Starts je Pferd in den Prüfungsklassen im Turniersport und in Aufbauprüfungen Dressur und Springen.

Prüfungsform	Prüfungsklasse	N Pferde	Ø Starts	Std.	Min - Max
TSP Dressur	A	194.098	9,5	13,1	1 - 421
	L	103.956	14,7	21,0	1 - 291
	M	44.434	17,8	23,2	1 - 313
	S	19.901	20,5	27,5	1 - 335
TSP Springen	A	209.065	13,0	17,8	1 - 392
	L	163.785	19,7	25,8	1 - 366
	M	107.456	28,5	37,2	1 - 467
	S	44.548	22,4	37,3	1 - 386
ABP Dressur		128.463	5,7	6,5	1 - 94
ABP Springen		183.714	15,3	15,6	1 - 152

Tabelle 6: Mittelwerte, Standardabweichungen, Minima und Maxima der Leistungen im Merkmal modifiziert transformierter Rang in den Prüfungsklassen im Turniersport Dressur und Springen.

Disziplin	Prüfungsklasse	N Leistungen	Mittelwert	Std.	Min-Max
Dressur	A	1.629.000	0,6	6,5	-43,0 - 48,0
	L	1.383.242	0,5	5,8	-34,0 - 36,5
	M	729.735	0,3	6,0	-31,5 - 36,5
	S	376.425	0,3	6,1	-49,5 - 48,5
Springen	A	2.399.864	0,5	8,7	-69,5 - 69,5
	L	2.920.445	0,4	9,5	-103,5 - 103,5
	M	2.845.761	0,3	10,5	-100,5 - 115,5
	S	931.868	0,6	13,7	-78,5 - 80,5

Tabelle 7: Anzahl Hengste und mittlerer Naturalzuchtwert für das höchste erreichte Niveau in Dressur und Springen in der Basispopulation.

	Dressur	Springen
	N Hengste; mittlerer Naturalzuchtwert	
ZWS 2014	408; 0,76	532; 0,93
ZWS 2016	642; 0,72	882; 0,89
Vergleich RZW 2014 mit TZW TSP 2014	529; 0,52	506; 0,31
Vergleich RZW 2016 mit FN ZW 2016	508; 0,53	483; 0,44
Vergleich RZW 2014 mit RZW 2016*	408; 0,77	532; 0,88

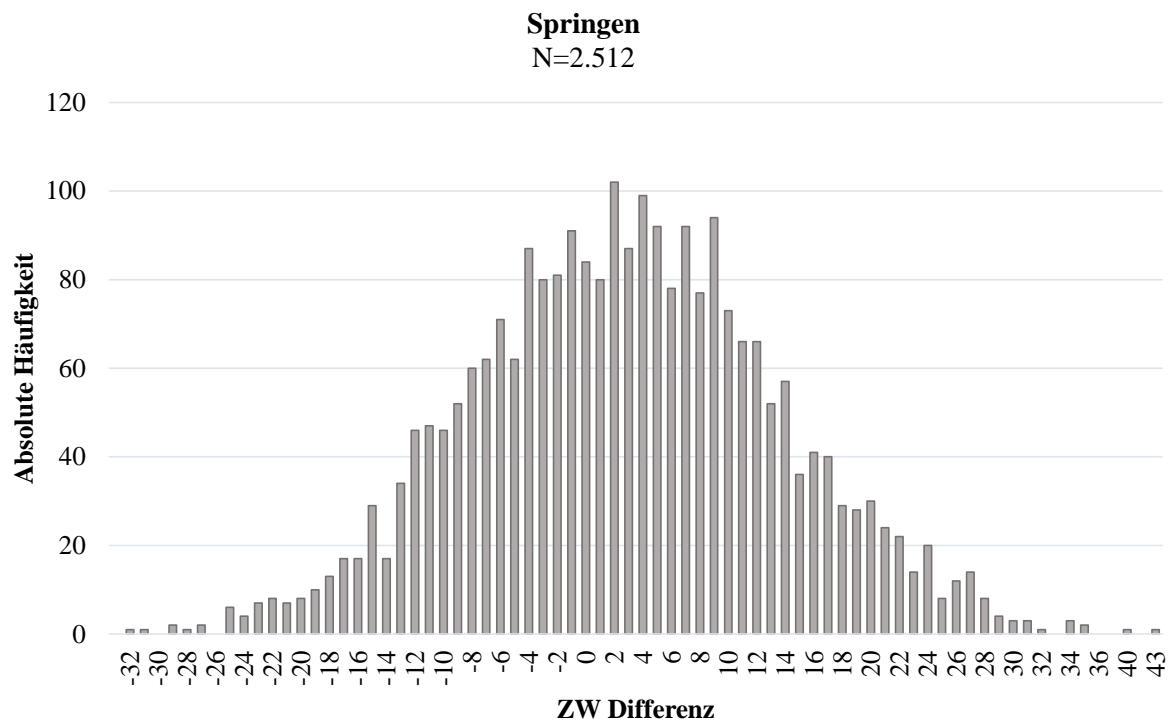
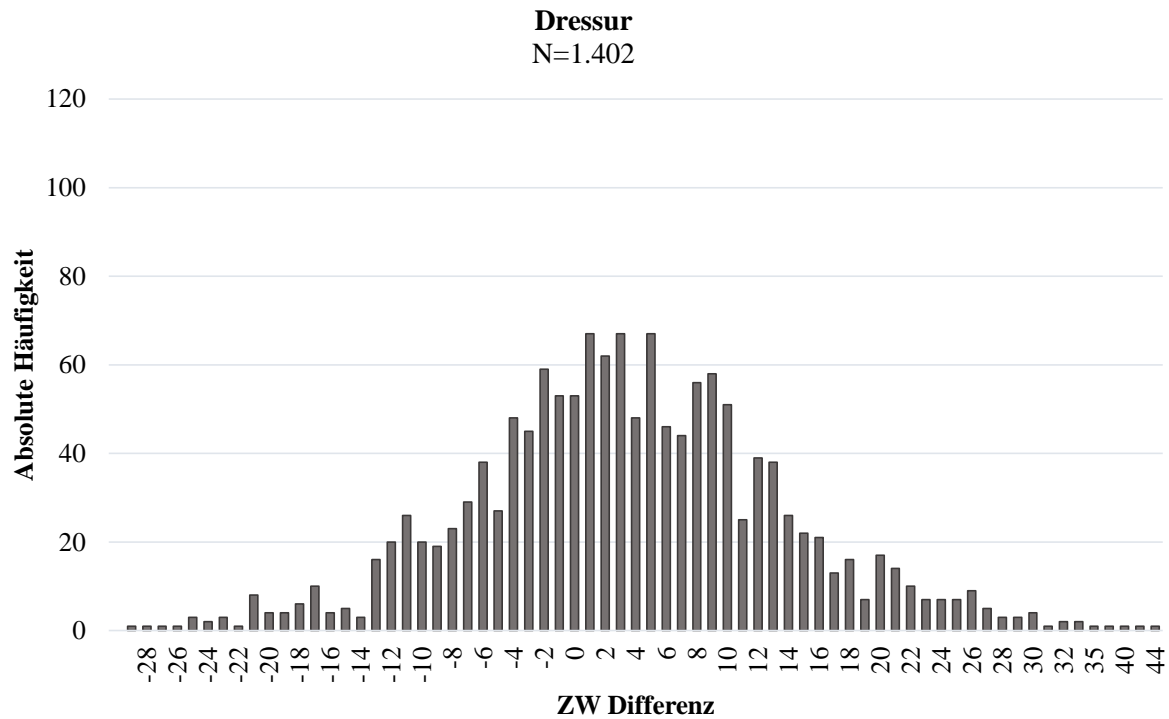


Abbildung 1: Verteilung der Zuchtwertdifferenzen aus TZW Turniersport transformierter Rang und RZW höchstes erreichtes Niveau für Hengste mit einer Zuchtwertsicherheit von mind. 75 %.

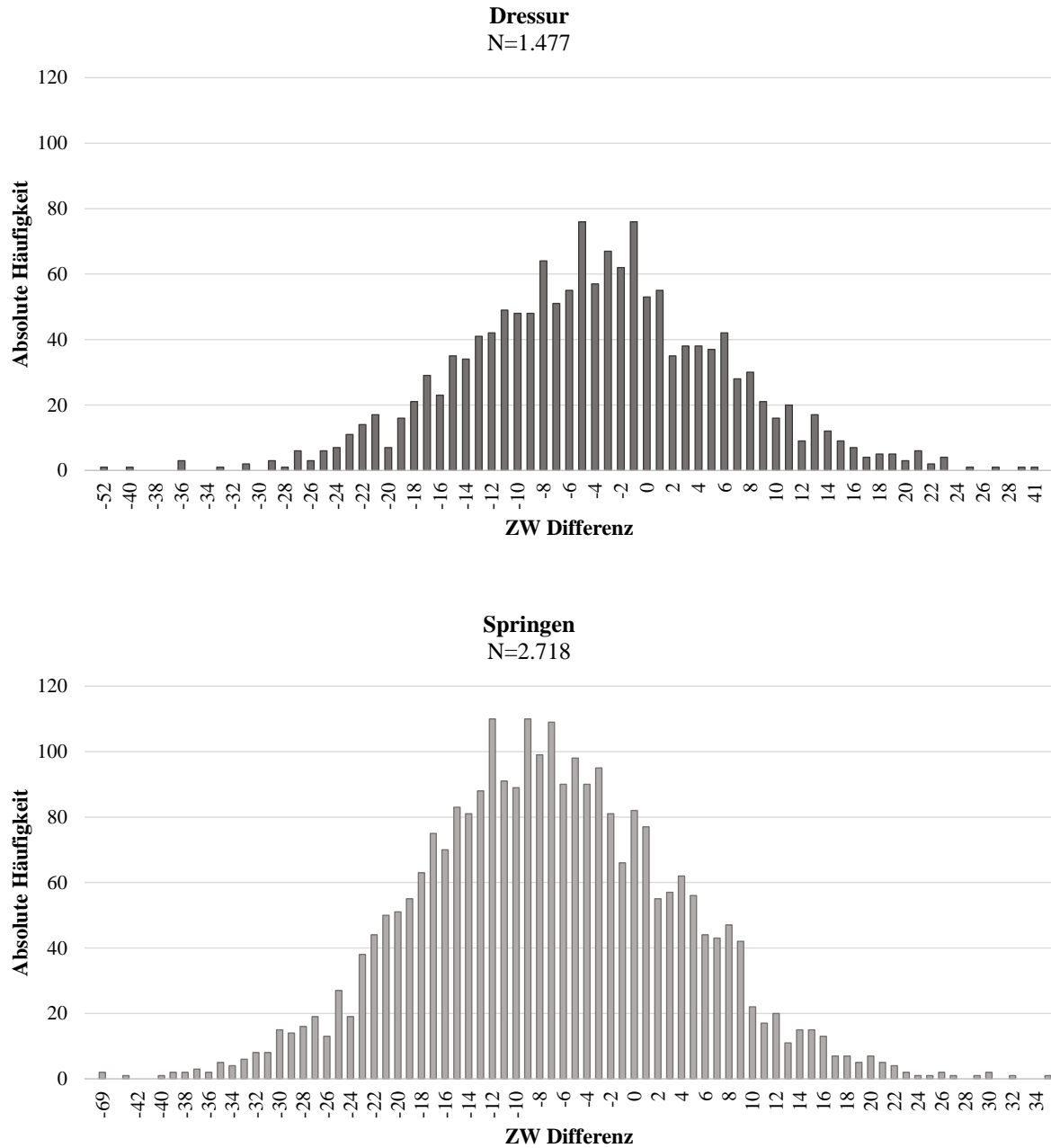


Abbildung 2: Verteilung der Zuchtwertdifferenzen aus FN ZW transformierter Rang 2016 und RZW 2016 höchstes erreichtes Niveau Dressur und Springen für Hengste mit einer Zuchtwertsicherheit von mind. 75 %.

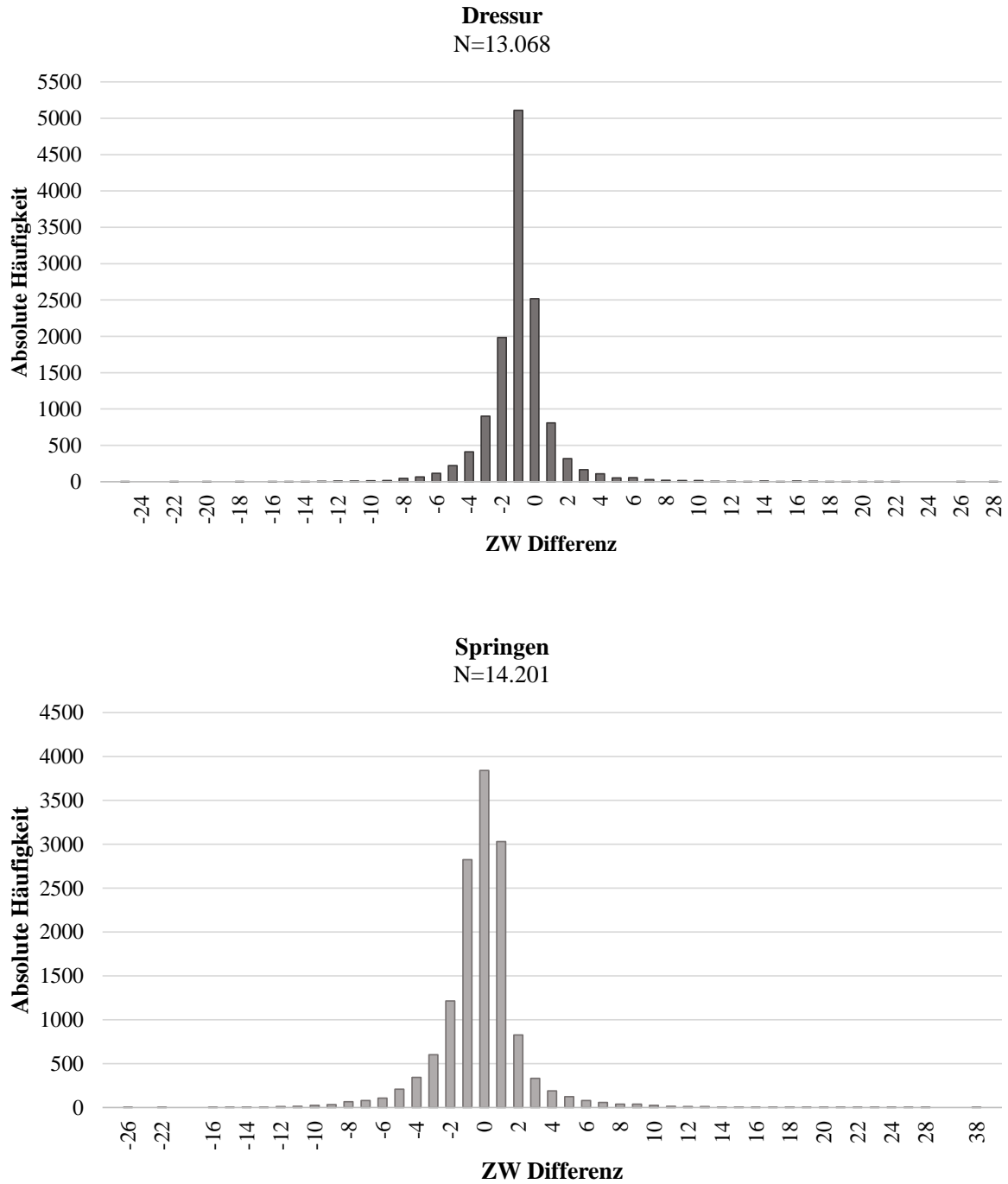


Abbildung 3: Verteilung der Zuchtwertdifferenzen aus RZW 2016* und RZW 2014 für das höchste erreichte Niveau in Dressur und Springen für alle Hengste.

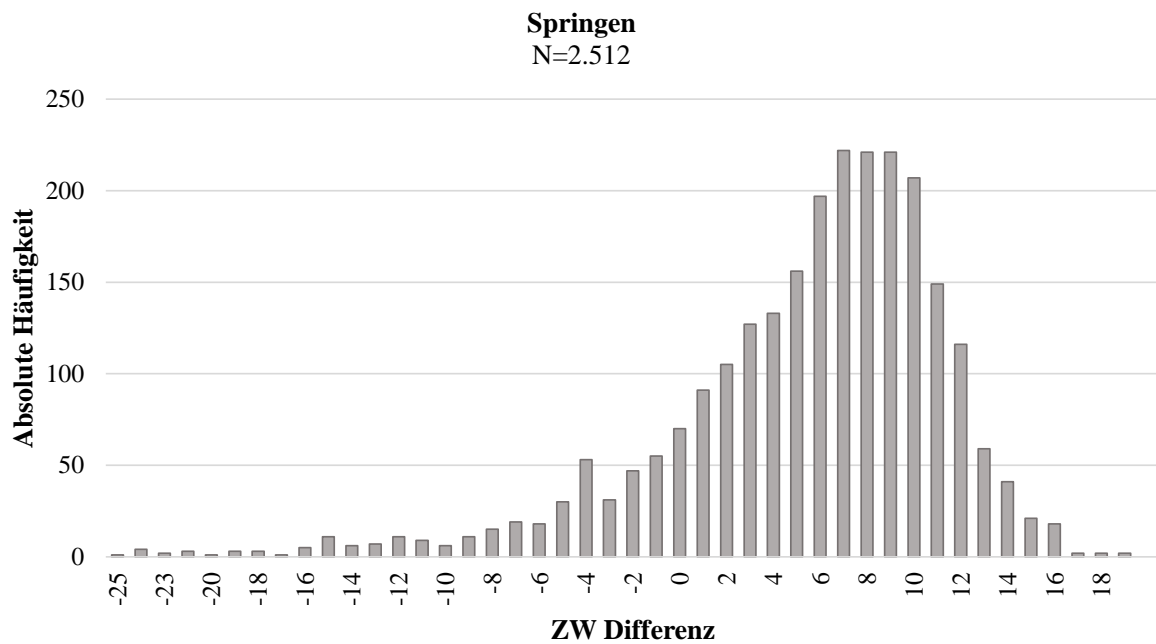
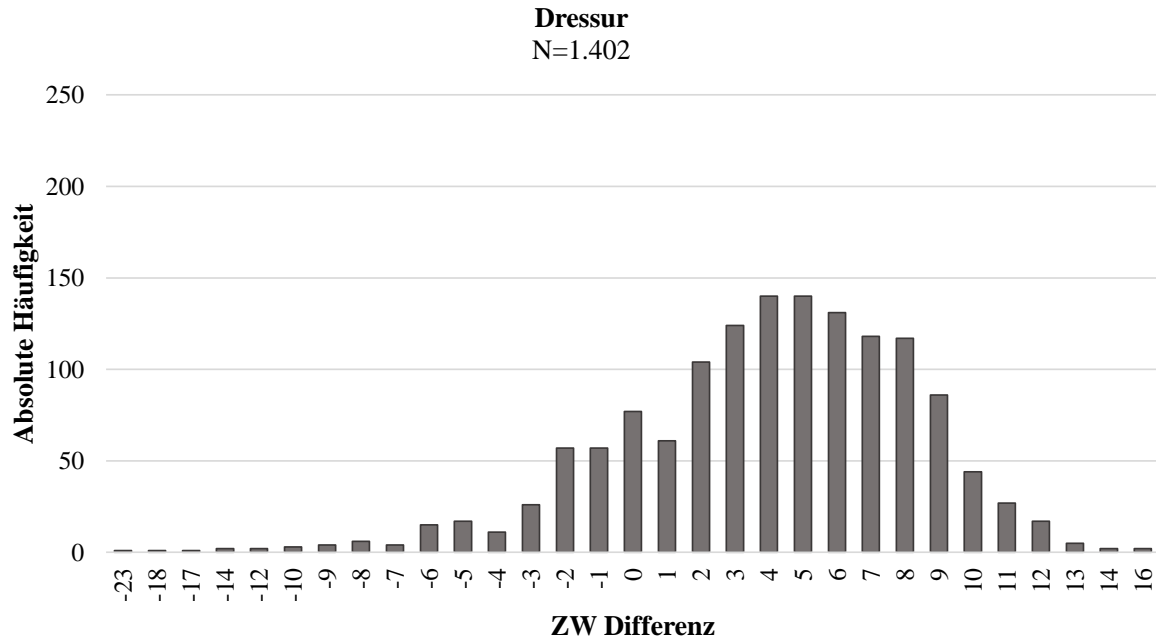


Abbildung 4: Verteilung der Zuchtwertdifferenzen aus Index-ZW und RZW höchstes erreichtes Niveau (univariat) Dressur und Springen für Hengste mit einer Zuchtwertsicherheit von mind. 75 %.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Menschen bedanken, die mich auf diesem Weg begleitet und unterstützt haben. Ich danke vor allem meinem Doktorvater Prof. Dr. Hermann H. Swalve, der es mir ermöglicht hat, das Projekt erfolgreich zu bearbeiten, die Ergebnisse auf Tagungen vorstellen zu können und mich tatkräftig in den Sitzungen des Fachgremiums Zuchtwertschätzung Pferd unterstützte. Ein großer Dank gilt auch PD Dr. habil. Kathrin Friederike Stock, welche viel Mühe und Zeit in gemeinsames Brainstorming investierte, viel Engagement bei der Bearbeitung des Projektes bewies und mir jederzeit unterstützend zur Seite stand. Ohne sie hätte ich einiges nicht meistern können. Ich möchte mich auch ganz herzlich bei Dr. Kati Schöpke für das Vertrauen, welches sie mir entgegenbrachte, bedanken. Durch ihr Wissen und ihre Kenntnisse im Bereich der praktischen Pferdezucht konnte sie mir zudem wertvolle Unterstützung leisten. Meinen Kollegen aus der Arbeitsgruppe Tierzucht und insbesondere den Doktoranden danke ich für die konstruktiven Diskussionen und Ideen in den Doktorandenseminaren sowie für die tatkräftige und moralische Unterstützung.

Für die finanzielle Unterstützung in Form eines Promotionsstipendiums danke ich der H. Wilhelm Schaumann Stiftung sowie meinen Eltern, die mir dadurch vieles ermöglichten. Ich möchte mich auch bei der Deutschen Reiterlichen Vereinigung e. V. für die Bereitstellung der Daten und bei den Mitgliedern des Fachgremiums Zuchtwertschätzung für die gewinnbringenden Diskussionen und Anregungen bedanken.

Zu guter Letzt danke ich meiner Familie und meinen Freunden für die moralische Unterstützung und die nötige Motivation zum Erreichen meines Zieles. Mein ganz besonderer Dank gilt an dieser Stelle Carolin Welker, Daniel Liebers, Marie Neubert, Holger Dressel und meinen Großeltern, die jeden Tag an mich geglaubt haben und fleißig drängelten, dass die Dissertation endlich fertiggestellt wird.

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und die den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Datum

Unterschrift

Wissenschaftlicher Werdegang

Ausbildung und Hochschulstudium

- 10/2013-04/2015 Masterstudiengang Agrarwissenschaften, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Schwerpunkt Nutztierwissenschaften,
Titel der Arbeit: „Effekte einer Valinergänzung auf zootechnische und physiologische Parameter von Sauen mit hohen Wurfgrößen“
- 10/2010-9/2013 Bachelorstudiengang Agrarwissenschaften, Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg, Schwerpunkt Nutztierwissenschaften,
Titel der Arbeit: „Effekte der mikrobiellen 6-Phytase von *Peniophora lycii* auf die Verdaulichkeit von Phosphor, Calcium, Natrium und Stickstoff in wachsenden Schweinen“
- 08/2002-06/2010 Gymnasium Einsiedel

Wissenschaftlicher Werdegang

- 04/2015 - 03/2018 Promotionsstudium Agrarwissenschaften, Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg, Professur für Tierzucht, Stipendium bei der H. Wilhelm Schaumann Stiftung zum Thema „Schätzung populationsgenetischer Parameter für die Reitpferdezucht unter besonderer Berücksichtigung innovativer Merkmalsdefinitionen für Turniersportleistungen“
- 04/2012-12/2014 Wissenschaftliche Hilfskraft, Fachbereich Tierernährung, Institut der Agrar- und Ernährungswissenschaften, Unterstützung und Auswertung von Fütterungsversuchen