

Merkmale der linearen Beschreibung in der Zuchtwertschätzung

*Kathrin F. Stock^{1,2}, Mirell Wobbe^{1,2}, Hatem Alkhoder¹, Georg Thaller³,
Jens Tetens⁴, Wietje Nolte⁵, Maren Bernau⁶, Julia Metzger², Harald Sieme⁷,
Ernst Kalm³, Reinhard Reents¹*

¹Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung w.V. (vit), Verden, ²Institut für Tiergenomik, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, ³Institut für Tierzucht und Tierhaltung, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, ⁴Department für Nutztierwissenschaften, Georg-August-Universität Göttingen, ⁵Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Moritzburg, ⁶Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, ⁷Reproduktionsmedizinische Einheit der Kliniken, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover

1. Einleitung

Die moderne Reit- und Sportpferdezucht ist schwerpunktmäßig auf die Leistung der Pferde unter dem Reiter im Dressur- oder Springsport ausgerichtet. Zwar sind für diese Eigenschaften der Bewegung bzw. des Springens von besonderer Bedeutung, aber auch Aspekte des Verhaltens und des Exterieurs spielen eine Rolle, was sich in den Zuchtprogrammen der einzelnen Verbände und den darin vorgesehenen Datenerhebungen widerspiegelt. Die lineare Beschreibung hat sich dabei für die Datenerfassung sowohl in Deutschland als auch international in den vergangenen rund 15 Jahren zunehmend durchgesetzt (DUENSING et al. 2014). Die durch sie verfügbare, objektive Detailinformation wird von Züchtern und Zuchtverantwortlichen als wertvolle Ergänzung der Ergebnisse der traditionellen Wertnotenvergabe (Bonitierung) geschätzt (NAZARI-GHADIKOLAEI et al. 2023). Auch für die Zuchtwertschätzung haben sich durch die Etablierung der linearen Beschreibung beim Pferd die Möglichkeiten erheblich erweitert, mit den ermittelten Ergebnissen Selektions- und Anpaarungsentscheidungen sowie letztlich den Zuchtfortschritt gezielt zu unterstützen (STOCK et al. 2021, CHAPARD et al. 2023).

Allerdings wurde und wird in vielen Fällen der Praxistransfer von Pilotstudien zu Routineanwendungen dadurch erschwert bzw. verzögert, dass die oft verhältnismäßig geringen Zahlen von Pferden, die einzelnen Verbänden im Laufe eines Jahres zur Beurteilung vorgestellt werden, mit dem noch kurzen zeitlichen Horizont der Verfügbarkeit von Lineardaten zusammentreffen. Gerade für kleinere Zuchtverbände ist die kritische Datenmenge, die für eine routinefähige Zuchtwertschätzung benötigt wird, und sind höhere Zuchtwertsicherheiten schwer zu erreichen. In Deutschland gelang es 2018 dem Verband der Züchter des Oldenburger Pferdes e.V. (OL) und dem Springpferdezuchtverband Oldenburg International e.V. (OS) gemeinsam, die Zuchtwertschätzung für lineare Exterieur- und Leistungsmerkmale zu etablieren. Seit 2021 unterstützt eine Webanwendung, die Verbandsmitglieder über ihren individuellen online-Account für die Anpaarungsplanung ihrer Stuten nutzen können, dass der Mehrwert der linearen Beschreibung umfassend zum Tragen kommt.

Durch die verbandsübergreifende Zusammenarbeit innerhalb der International Association for Future Horse Breeding GmbH & Co. KG (IAFH) haben sich für die deutsche Reit- und Sportpferdezucht die Perspektiven im Hinblick auf Merkmale aus der linearen Beschreibung in der Zuchtwertschätzung nochmals maßgeblich erweitert. So ist zum einen im Bereich der Datenerfassung eine Abstimmung gesichert, die die Vergleichbarkeit der jeweils verbandsintern erstellten Linearprofile fördert und damit die Voraussetzungen für verbandsübergreifende Datenanalysen verbessert. Zum anderen gewährleistet die Untersuchung genomweiter Marker (Single Nucleotide Polymorphisms, SNPs), die bei den beteiligten Zuchtverbänden seit 2021 flächendeckend im Kontext der Abstammungsüberprüfung erfolgt, dass an die gemeinsamen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Etablierung der genomischen Selektion beim Reitpferd unmittelbar angeknüpft werden kann (WOBBE et al. 2021). Eine wichtige Voraussetzung für die Etablierung eines genomischen Zuchtwertschätzungssystems ist die Kenntnis der genetischen Parameter für die Zielmerkmale. Das im Rahmen von Eintragungsterminen, Leistungsprüfungen und weiteren Veranstaltungen von fünf Zuchtverbänden gesammelte Datenmaterial aus der linearen Beschreibung wurde daher nach Abschluss der Zuchtsaison 2024 genutzt, um eine verbandsübergreifende Varianzkomponentenschätzung durchzuführen und so die Basis für die geplanten weiteren Arbeiten an genomisch unterstützten Anwendungen beim Pferd zu liefern.

2. Material und Methoden

2.1 Datengrundlage

Für die Auswertungen standen Ergebnisse der linearen Beschreibung aus dem Zeitraum 2012 bis 2024 von insgesamt 64.695 Pferden zur Verfügung, wobei der Verband der Züchter des Oldenburger Pferdes e.V. und der Springpferdezuchtverband Oldenburg International e.V. ab 2012, der Holsteiner Verband e.V. ab 2013 sowie das Westfälische Pferdestammbuch e.V. und der Trakehner Verband e.V. ab 2016 Linear-daten beisteuerten. Als einheitliche Auswertungsgrundlage diente das umfassende, harmonisierte Linearschema, das von allen beteiligten Verbänden ab 2016 über das vom Oldenburger Verband entwickelte mobile elektronische Erfassungssystem genutzt wurde.

Analog zum Vorgehen in der verbandsinternen Routinezuchtwertschätzung wurde nach dem Alter zum Zeitpunkt der linearen Beschreibung zwischen Linearprofilen von Fohlen (F) und Adultpferden (A) unterschieden, wobei Letztere Zuchtstuten, Kör-anwärter bzw. Körhengste sowie junge Reitpferde umfassten. Sofern Pferde mehrfach linear beschrieben worden waren, ging in diese Studie für den Komplex der Exterieur-merkmale die aktuelle lineare Beschreibung ein, wohingegen für die leistungs-bezogenen Linearmerkmale etwaige wiederholte Beobachtungen eines Pferdes zur Auswertung kamen. Je nach Verband und Anlass der linearen Beschreibung variierte der Umfang der Beurteilung der Pferde sowie bei den Adultpferden die Verfügbarkeit

von Daten zur Vorstellung an der Hand, zum Freilaufen / Freispringen und zur Vorstellung unter dem Reiter. Die Verteilung der Lineardaten auf die beiden Altersgruppen (F, A) sowie die Merkmalskomplexe Exterieur und Leistung (Grundgangarten, Auffälligkeiten, Verhalten, Springen) wird aus Tabelle 1 ersichtlich.

Tabelle 1: Verteilung der für die Schätzung genetischer Parameter genutzten Daten aus der linearen Beschreibung von Exterieur- und Leistungsmerkmalen mit Angabe der Anzahl (N) an Linearprofilen und Pferden nach Altersgruppen

Merkmalskomplex	Fohlen		Adultpferde	
	N _{Linearprofile}	N _{Pferde}	N _{Linearprofile}	N _{Pferde}
Exterieur	43.573	43.573	25.472	25.472
Leistung				
Schritt, Trab, Besonderheiten	30.782	30.762	48.610	26.867
Galopp	-	-	25.407	18.255
Springen	-	-	11.007	10.580

2.2 Datenaufbereitung und Varianzkomponentenschätzung

In die Schätzung genetischer Parameter wurden insgesamt 46 Linearmerkmale einbezogen, deren Auswahl unter Berücksichtigung der Ergebnisse deskriptiver Analysen in vorangegangenen Studien erfolgt war. Die 23 linearen Exterieurmerkmale charakterisieren Format (N = 5), Vorderpferd (N = 7), Rücken (N = 5) und Fundament / Korrektheit (N = 6) des Pferdes. Die 23 leistungsbezogenen Linearmerkmale beschreiben Schritt (N = 2), Trab (N = 6), Galopp (N = 4; nur A), Auffälligkeiten (N = 1) und Springen (N = 10; nur A).

Für die Prüfung und Aufbereitung der Lineardaten, deskriptive Analysen sowie die Modellentwicklung für die genetisch-statistischen Analysen kamen das Softwarepaket SAS (Statistical Analysis System; SAS Institute Inc., Cary, NC, USA), Version 9.4, sowie die Software PEST (GROENEVELD et al. 1990) zum Einsatz. Der Aufbau der Verwandtschaftsmatrix erfolgte unter Berücksichtigung von vier Ahnengenerationen (insgesamt N = 162.980 Pferde). Varianzkomponenten wurden anschließend uni- und bivariat in linearen Ein- bzw. Mehrmerkmalswiederholbarkeitstiermodellen mittels VCE6 (GROENEVELD et al. 2008) geschätzt, wobei in bivariate Läufe jeweils Paare analoger Linearmerkmale bei Fohlen und Adultpferden (z. B. Kaliber F – Kaliber A, Schritt Vorhandraumgriff F – Schritt Vorhandraumgriff A).

In die Schätzmodelle gingen der Verband (OL, OS, TRAK, HOL, WESTF), der kombinierte Effekt von Veranstaltung (Ort und Datum) und Beurteilungsteam (Beurteiler und Assistenz), das Beurteilungsalter in Monaten (F) bzw. Jahren (A) sowie bei den Fohlen das Geschlecht und bei den älteren Pferden die Vorstellungsart als fixe Effekte ein. Der additiv-genetische Effekt und der permanente Umwelteffekt des Tieres wurden als zufällige Effekte modelliert.

Fohlen (F):

$$y_{ijkno} = \mu + \text{VERBAND}_i + \text{EVENT-TEAM}_j + \text{ALTER_M}_k + \text{GESCHLECHT}_l + \text{animal}_o + e_{ijklop}$$

Adultpferde (A):

$$y_{ijmnop} = \mu + \text{VERBAND}_i + \text{EVENT-TEAM}_j + \text{ALTER_J}_m + \text{VART}_n + \text{animal}_o + pe_o + e_{ijmnop}$$

mit $y_{...p}$ = Auswertungsmerkmal, μ = Modellkonstante, VERBAND_i = fixer Effekt des i-ten Zuchtverbandes ($i = 1-5$), EVENT-TEAM_j = fixer Effekt der j-ten Kombination von Veranstaltung und Beurteilungsteam (F: $j = 1-562$, A: $j = 1-521$), ALTER_M_k = fixer Effekt des k-ten Alters in Monaten ($k = 1-5$; 1, 2, 3, 4, ≥ 5 Monate), GESCHLECHT_l = fixer Effekt des l-ten Geschlechts ($l = 1-2$; männlich, weiblich), ALTER_J_m = fixer Effekt des m-ten Alters in Jahren ($m = 1-4$; 3-, 4-, 5-, ≥ 6 -jährig), VART_n = fixer Effekt der n-ten Vorstellungsart ($n = 1-3$; an der Hand, frei, unter dem Reiter), animal_o = zufälliger Effekt des o-ten Tieres ($o = 1-162.980$), pe_o = zufälliger permanenter Umwelteffekt des o-ten Tieres und $e_{ij...p}$ = zufälliger Rest

3. Ergebnisse und Diskussion

Die Analyse der uni- und bivariat geschätzten genetischen Parameter ergab im direkten Vergleich jeweils nur geringfügige Schätzwertunterschiede. Bivariat waren die ausgewiesenen, approximierten Schätzfehler (SE) jeweils geringer als die der entsprechenden univariaten Läufe. Im Folgenden wird für die bei beiden Altersgruppen verfügbaren Linearmerkmale auf die Ergebnisse der bivariaten Schätzläufe Bezug genommen, welche auch die Basis für die künftige Zuchtwertschätzung liefern.

Für die linearen Exterieurmerkmale ergaben sich Heritabilitäten von $h^2_F = 0,16$ (0,04 - 0,38, $SE_{h^2} \leq 0,06$) und $h^2_A = 0,18$ (0,07 - 0,35, $SE_{h^2} \leq 0,02$). Die größte Ähnlichkeit der Altersgruppen im Verteilungsmuster höherer und niedrigerer Schätzwerte bestand bei den Merkmalen mit Bezug zum Format (**Abb. 1**).

Für die in beiden Altersgruppen verfügbaren Linearmerkmale der Bewegung ergaben sich Heritabilitäten von $h^2_F = 0,20$ (0,09 - 0,35, $SE_{h^2} \leq 0,02$) und $h^2_A = 0,12$ (0,05 - 0,20, $SE_{h^2} \leq 0,01$). Das Verteilungsmuster der geschätzten Heritabilitäten zeigte für die linearen Bewegungsmerkmale große Ähnlichkeit zwischen den Altersgruppen, wobei anhand der Fohlendaten bis zu 2,7-fach höhere Werte ermittelt wurden als für das jeweilige Adultpferdemerkmal (**Abb. 2**). Für Galopp und Springen lagen die univariat geschätzten Heritabilitäten bei $h^2_A = 0,16$ (0,05 - 0,31, $SE_{h^2} \leq 0,05$).

Die phänotypischen Korrelationen zwischen analogen Linearmerkmalen bei F und A lagen mit $r_p = 0,15$ (0,04 - 0,39) / Exterieur und $r_p = 0,11$ (0,06 - 0,17) / Bewegung jeweils deutlich niedriger als die entsprechenden geschätzten additiv-genetischen Korrelationen, für die sich im Mittel Werte von $r_g = 0,73$ (0,48 - 0,88, $SE_{r_g} \leq 0,08$) / Exterieur und $r_g = 0,76$ (0,57 - 0,84, $SE_{r_g} \leq 0,06$) / Bewegung ergaben. Hohe positive Schätzwerte von $> 0,7$ wurden nicht nur für Merkmale mit Bezug zum Format sowie zu Schritt und Trab, sondern auch für Merkmale mit Bezug zum Vorderpferd, Rücken und Fundament ermittelt (**Abb. 3** und **Abb. 4**). Dies entspricht ersten Ergebnissen

vergleichbarer altersgruppenübergreifender Lineardatenanalysen zum Schwedischen Warmblut (THORÉN-HELLSTEN et al. 2020).

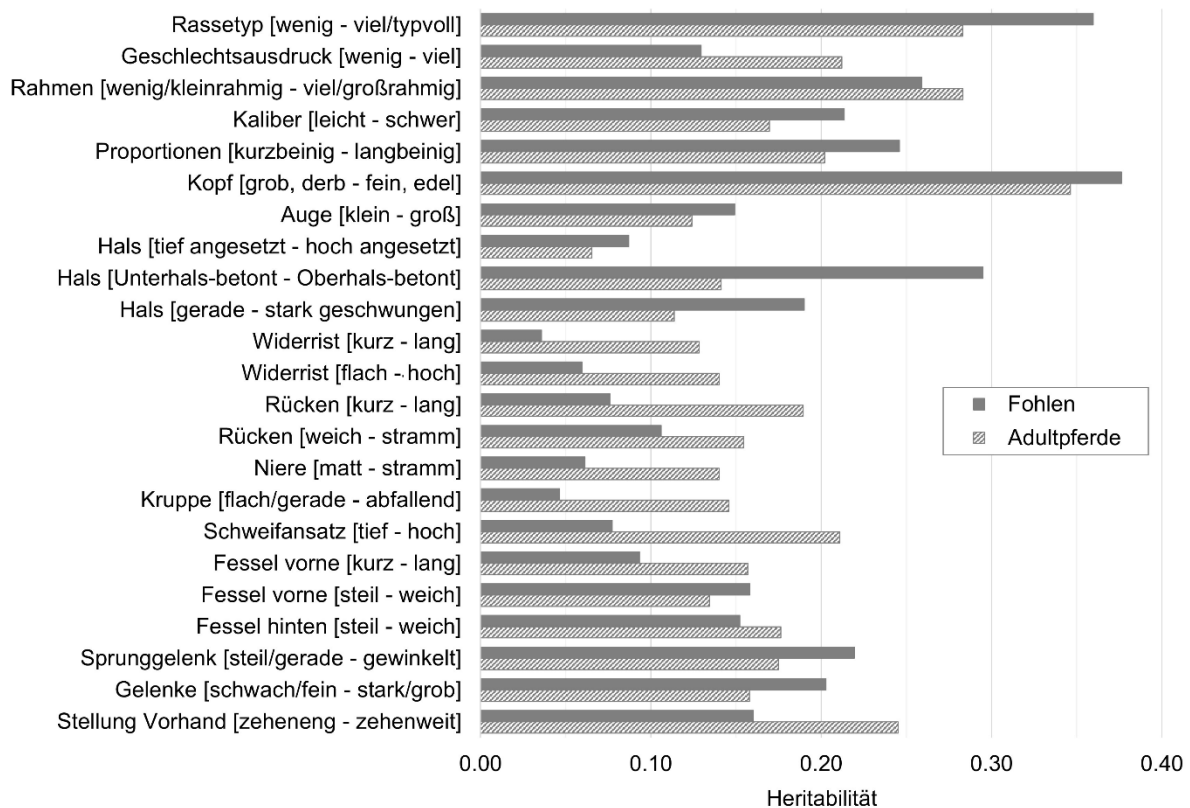


Abbildung 1: Heritabilitätsschätzwerte aus bivariaten Analysen linearer Exterieurmerkmale von Fohlen (43.573 Linearprofile) und Adultpferden (25.472 Linearprofile)

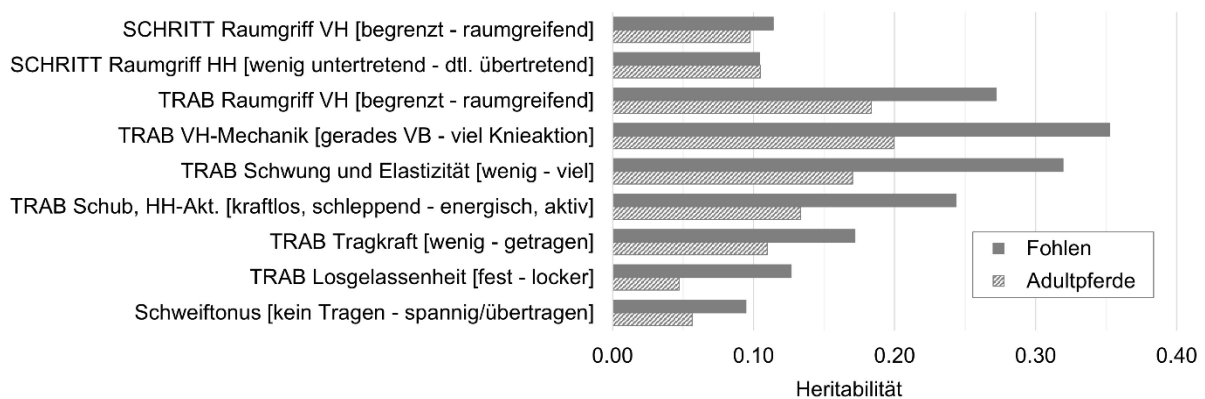


Abbildung 2: Heritabilitätsschätzwerte aus bivariaten Analysen linearer Leistungsmerkmale von Fohlen (30.762 Linearprofile) und Adultpferden (48.610 Linearprofile)

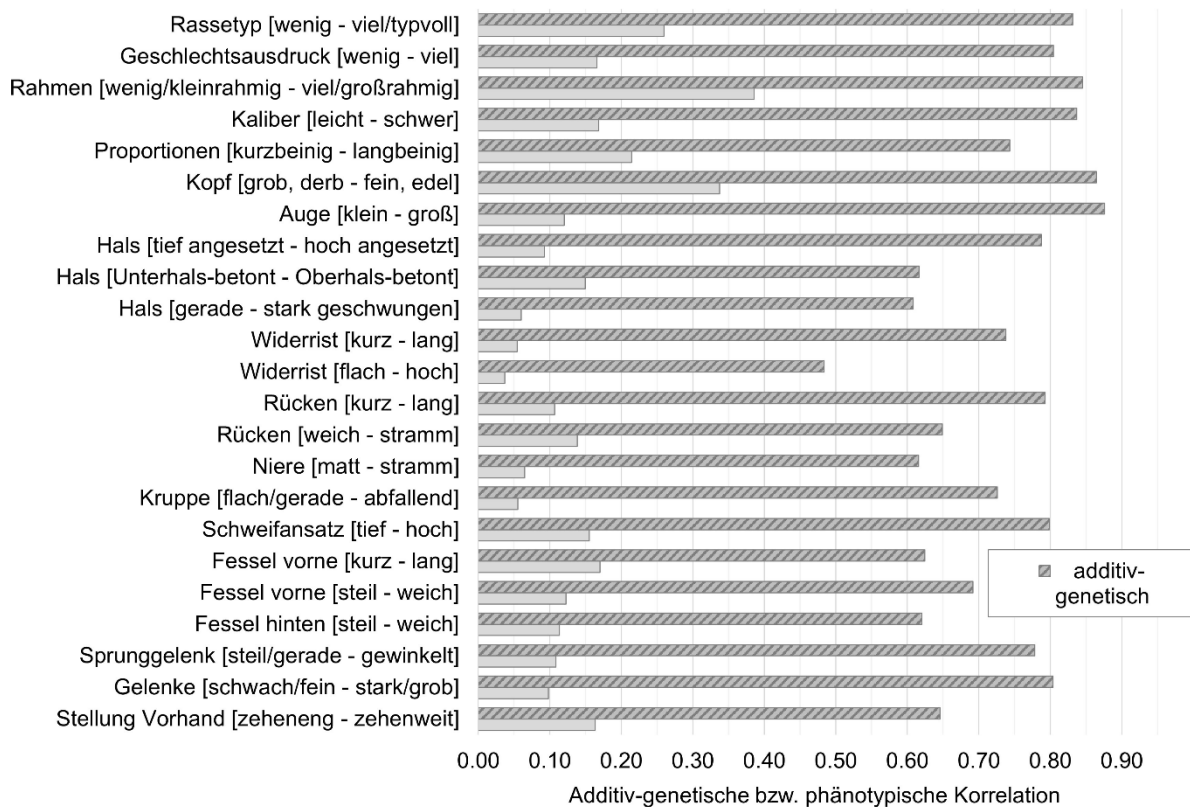


Abbildung 3: Additiv-genetische und phänotypische Korrelationen zwischen analogen linearen Exterieurmerkmalen von Fohlen und Adultpferden (bivariate Schätzläufe)

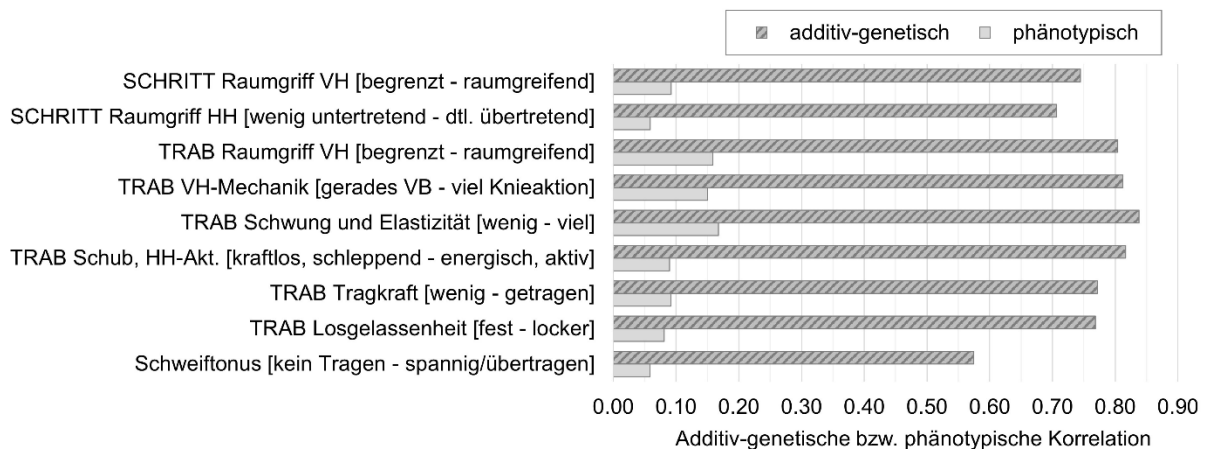


Abbildung 4: Additiv-genetische und phänotypische Korrelationen zwischen analogen linearen Leistungsmerkmalen von Fohlen und Adultpferden (bivariaten Schätzläufe)

Fazit:

Die Ergebnisse der verbandsübergreifenden Schätzung genetischer Parameter für züchterisch relevante Linearmerkmale des Exterieurs und der Leistung sind konsistent mit denjenigen entsprechender verbandsinterner Analysen beim Reit- und Sportpferd. Die hohen positiven additiv-genetischen Korrelationen zwischen analogen Merkmalen der Altersgruppen deuten auf den hohen Informationswert der linearen Beschreibung bereits im Fohlenalter, der in der geplanten Umsetzung der genomischen Zuchtwertschätzung im Single step-Verfahren umfassend zum Tragen kommen kann.

Literaturnachweis:

- Chapard, L., R. Meyermans, W. Gorssen, K. Hooyberghs, I. Meurrens, S. De Smet, N. Buys u. S. Janssens 2024: Early life jumping traits: Are they good proxies for success in show jumping competitions in Belgian warmblood horses? *Journal of Animal Breeding and Genetics* 141:138–152. <https://doi.org/10.1111/jbg.12834>.
- Duensing, J., K. F. Stock u. J. Krieter 2014: Implementation and prospects of linear profiling in the warmblood horse. *Journal of Equine Veterinary Science*, 34(3): 360–368. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2013.09.002>.
- Groeneveld, E., M. Kovač u. N. Mielenz 2008: VCE User's Guide and Reference Manual Version 6.0.
- Groeneveld, E., M. Kovač u. T. Wang 1990: PEST, a general purpose BLUP package for multivariate prediction and estimation. *Proceedings of the 4th World Congress on Genetics applied to Livestock Production*, 1990, Edinburgh, 488-491.
- Nazari-Ghadikolaie, A., F. Fikse, Å. Gelinder Viklund, u. S. Eriksson 2023: Factor analysis of evaluated and linearly scored traits in Swedish warmblood horses. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 140: 366–375. <https://doi.org/10.1111/jbg.12764>.
- Stock, K. F., I. Workel, A Hahn u. W. Schulze-Schleppinghoff 2021: Assessing the value of genetic linear profiles for selecting for sport performance of riding horses. In: *Tagungsband der 72. Jahrestagung der European Federation of Animal Science (EAAP)*, 30. August – 3. September 2021, Davos, Schweiz, S. 172.
- Thorén-Hellsten, E., K. Karlsson u. Å. Viklund 2020: Correlations between linear data of foals and 3-year-old horses in the Swedish Warmblood. 6. Internationaler Workshop zur linearen Beschreibung, 25. März 2020, digital. (online verfügbar unter https://www.equinephenotypes.org/DivDok/IWSLP2020/I_4_ETHorenHellsten.LinGenFoals_Correlations_SWB.IWSLP20200325.handout.pdf; Zugriff am 14.01.2025)
- Viklund, Å. u. S. Eriksson 2018: Genetic Analyses of linear profiling data on 3-year-old Swedish Warmblood Horses. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 135(1): 62–72. <https://doi.org/10.1111/jbg.12311>.
- Wobbe, M., H. Alkhoder, K. F. Stock, Z. Liu, S. Vosgerau, N. Krattenmacher, M. von Depka-Prondzinski, E. Kalm, R. Reents, W. Nolte, C. Kühn, J. Tetens u. G. Thaller 2021: Single-step genomic evaluation in German riding horses. In: *Tagungsband der 72. Jahrestagung der European Federation of Animal Science (EAAP)*, 30. August – 3. September 2021, Davos, Schweiz, S. 172.