

Das Verfahren der Zuchtwertschätzung am Beispiel der Hüftgelenksdysplasie im Verein für Deutsche Schäferhunde

Dr. Reiner Beuing
*Institut für Tierzucht und Haustiergenetik
der Justus Liebig Universität Gießen*

Teil 2: Mathematische Grundlagen und Ergebnisse

Im ersten Teil der Darlegungen wurde gezeigt, daß HD eine Entwicklungsstörung im Laufe der Gelenkausbildung des jungen wachsenden Hundes ist. Diese Entwicklung wird einerseits durch Gene vorbestimmt, andererseits können Umwelteinflüsse eine ungestörte, normale Entwicklung beeinträchtigen. Dabei reagieren dann die genetisch vorgegebenen Mechanismen mit Knochenumbildungen, Zubildungen oder mangelhafter Ausbildung von Gelenkpfanne, Oberschenkelhals oder -kopf, was unter günstigen Umweltsituationen nicht der Fall wäre.

Wird ein Hund mit HD-frei diagnostiziert, so ist im Einzelfall nicht zu entscheiden, ob seine Gene die Entwicklung des Gelenkes stabil kontrollierten oder ob nur günstige Rahmenbedingung der Umwelt eine Entartung verhinderten. Andererseits ist bei Tieren mit leichter HD nicht zu entscheiden, ob das Tier möglicherweise durch eine Gelenkentzündung, ein Trauma, eine falsche Ernährung oder übertriebene Jugendbelastung sein Gelenkproblem erhielt oder ob Gene die Entwicklung so labil kontrollieren, daß schon bei normaler Umwelt eine Dysplasie entstand.

**HD ist eine Entwicklungsstörung bei der
Ausbildung der Gelenke im Laufe des
Wachstums.
Gene
steuern die Entwicklung der Gelenke
unter den Rahmenbedingungen der Umwelt.**

Es sind somit zwei Ursachenkomplexe, die zum HD-Ergebnis führen, der Einfluß der Gene und Auswirkungen der Umwelt.

HD wird in Gradeinteilungen, das heißt in Zahlen ausgedrückt: HD-Normal entspricht 1, fast normal = 2, noch zugelassen = 3, u.s.w. Gene und Umwelt wirken sich auf diese Zahlen aus. Ungünstige Umwelt erhöht die HD-Zahl, günstige reduziert sie, ungünstige Gene erhöhen, gute Gene reduzieren diese HD-Zahl. Dies läßt sich in einer Gleichung formulieren:

$$\mathbf{HD} = \mathbf{RD} + \mathbf{g} + \mathbf{u}$$

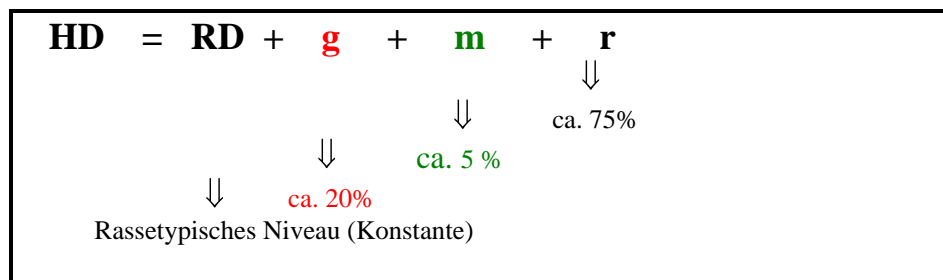
Dabei steht **HD** für den HD-Grad, **RD** für den Rassedurchschnitt, **g** für die Wirkung der Gene, **u** für die Wirkung der Umweltsituationen. Umwelteinflüsse sind oft nicht nachvollziehbar, jedoch gibt es einige Rahmenbedingungen, die bekannt sind. So z.B. das Geschlecht (mit dem geschlechtstypischen Temperament, Hormonspiegel und Wachstum) oder der Geburtsmonat. In den statistischen Analysen zeigte sich, daß beim Schäferhund das

Geschlecht keinen Einfluß auf HD hat, wohl aber der Geburtsmonat. Man kann somit die Umwelt unterteilen in bekannte Umweltsituation und die Summe aller sonstigen, unbekanntem Umweltwirkungen. Als Gleichung führt das zu:

$$\mathbf{HD} = \mathbf{RD} + \mathbf{g} + \mathbf{m} + \mathbf{r}$$

Dabei steht **m** für den Monatseffekt und **r** für den Einfluß der restlichen Umweltwirkungen, deren Ursachen nicht bekannt sind.

Die Unterschiede im HD-Grad zwischen den Tieren werden in unterschiedlichem Ausmaß von den genannten Faktoren beeinflusst:



Etwa 20% der Unterschiede von Tier zu Tier im Gesamtmaterial der 485.900 gespeicherten Schäferhunde beruhen auf unterschiedlichen Erbanlagen. 5% werden durch die Geburt in unterschiedlichen Monaten verursacht, 75% der Unterschiede sind unkalkulierbaren, unbekanntem Ursachen zuzuordnen.

Den Züchter interessieren, wenn es um die genetische Verbesserung der Rasse geht, nur die Wirkungen der Gene. Er muß sich bemühen, durch gezielte Paarungen Elterntiere mit ihren Genen so zu kombinieren, daß die Welpen unter der Kontrolle dieser guten Gene auch bei manchmal nicht optimaler Umwelt noch funktionale, unproblematische Gelenke ausbilden und bewahren. Es bleiben weitere 80% von Ursachen für HD, die durch fachgerechte Ernährung, artgerechte Haltung, besonnenes Training, u.s.w. kontrolliert werden können, jedoch ist das nicht Aufgabe der Züchter, sondern Aufgabe der Tierernährer, der Trainingsleiter und der Berater in Frage von Haltung und Sport.

HD kann man bekämpfen, indem man die Umwelt optimiert und/oder indem man Tiere mit Genen anstrebt, die trotz ungünstiger Umwelt die Entwicklung so steuern, daß ein funktionales Gelenk entsteht und bleibt.

Wenn man an der Wirkung der Gene jedes einzelnen Tieres und an der Wirkung jedes einzelnen Monats interessiert ist, so kann man die allgemeine Gleichung über HD auf den HD-Wert eines jeden Tieres beziehen:

$$\mathbf{HD}_i = \mathbf{RD} + \mathbf{g}_i + \mathbf{m}_j + \mathbf{r}_{ij}$$

Nun steht HD_i für den HD-Grad des Tieres i , das im Monat j geboren wurde und einer Umweltsituation r unterworfen war, die typisch für das Tier i im Monat j war. Die Buchstaben i und j symbolisieren mit

$i = 1$ bis 485.900 die laufende Nummer der einzelnen Tiere und mit
 $j = 1$ bis 12, die Monate Januar bis Dezember.

Diese Formulierung ist gleichzeitig die Aufstellung eines Wirkungsmodells der HD-Ursachen.

Man nennt es ein gemischtes Modell (Mixed Model), in dem sowohl die Genwirkungen zur späteren Vorhersage weiterer Vererbung (Mixed Model Prediction, MMP) als auch die Umweltwirkungen (Mixed Model Estimations, MME) ermittelt werden.

Man kann nun für jedes Tier eine solche Gleichung mit den Unbekannten g_i und m_j aufstellen. Derzeit werden 485.900 Hunde verarbeitet, das ergibt 485.900 Gleichungen mit den 485.900 unbekanntem Genwirkungen g_i . Dann werden indirekt Nebenbedingungen formuliert, die die Vererbungsgesetze beinhalten, z.B.: $g_{\text{Tier}} = \frac{1}{2} g_{\text{Vater}} + \frac{1}{2} g_{\text{Mutter}}$. Dabei werden Unterstellungen eingebracht, daß alle Gene unter allen Umweltsituationen vorkommen und die Umweltwirkungen sich somit im Durchschnitt ausgleichen.

So erhält man letztlich ein großes Gleichungssystem mit vielen Unbekannten. Wird dieses System von 485.914 Unbekannten gelöst, so werden die Unbekannten bekannt. Die zunächst unbekanntem Wirkungen der Gene, die in einem Tier vorhanden sind, sind jetzt als Zahl verfügbar. Hierbei wird g_i als Zuchtwert des Tieres i bezeichnet. Er beschreibt, wie der Rassedurchschnitt durch den Genbestand des Tieres verändert wird.

Man muß an dieser Stelle betonen, daß es der „geschätzte“ Zuchtwert ist, weil in der Berechnung eine Unterstellung eingebracht wurde: Die Gene eines Tieres finden sich zur Hälfte beim Vater und bei der Mutter wieder, und wirkten dort unter den jeweiligen Umweltsituationen. Sie wurden z.T. auch an die Geschwister weitergegeben (sie haben auch die Hälfte dieser Elterngene), sodaß sie dort wieder unter anderen Umweltsituationen wirken. Auch Nachkommen des Tieres verfügen über eine zufällige Hälfte des Genbestandes, und je zahlreicher die Nachkommenschaft, desto zahlreicher sind die unterschiedlichen Umweltsituationen die ins Spiel kommen. In der Schätzung wird nun unterstellt, daß die Summe aller dieser Umweltwirkungen Null ist, das heißt daß sich günstige und ungünstige Situationen im Durchschnitt aufheben. Die Schätzung ist also wahr, wenn die Summe tatsächlich Null ist und mit einem Schätzfehler behaftet, wenn erst wenig Informationen vorliegen und zufällig das Ergebnis von einem Überhang günstiger (oder ungünstiger) Umweltsituation verfälscht ist. Zuchtwerte ändern sich also, d.h. sie werden genauer, wenn vierteljährlich neue Informationen in die Berechnung mit einfließen.

Man darf sich aber nicht durch das Wort „Schätzung“ irritieren lassen. Wenn man sich nur an dem HD-Grad selbst orientiert und würde daran die Vererbungserwartung „abschätzen“, dann würde man unterstellen, daß das Tier so vererbt, wie es im HD-Gutachten eingestuft ist, und da läge man deutlicher daneben!

Zu den Ergebnissen im SV:

In der letzten aktuellen Zuchtwertschätzung wurden 485.900 Gleichungen von Hunden plus 13 Gleichungen für Monate (1-12 und unbekannt) sowie 1 Gleichung für den Rassedurchschnitt aufgestellt.

**485.900 Tiere aus der Datenbank des SV
148.987 HD-Gutachten
über 236 Milliarden Verwandtschaften
zwischen den Tieren
ein Gleichungssystem von 485.914 Gleichungen
mit 485.914 Unbekannten wird gelöst**

Nach dem Lösen des Gleichungssystems ergibt sich für den Rassedurchschnitt **RD = 1,70**.

Die Effekte der erfaßbaren Umweltwirkungen beschränkt sich auf die Geburtsmonate. In Abb.1 sind die geschätzten Mittelwerte dargestellt. Deutlich zeigt sich der jahreszeitliche Trend. Die höchsten HD-Risiken liegen bei den Welpen der Wintermonate vor. Für Sommerwelpen zeigt sich dagegen im Durchschnitt ein deutlich geringeres HD-Risiko. Das Verfahren stellt diese Unterschiede nur fest, Fachleute müssen die Gründe hierfür erforschen.

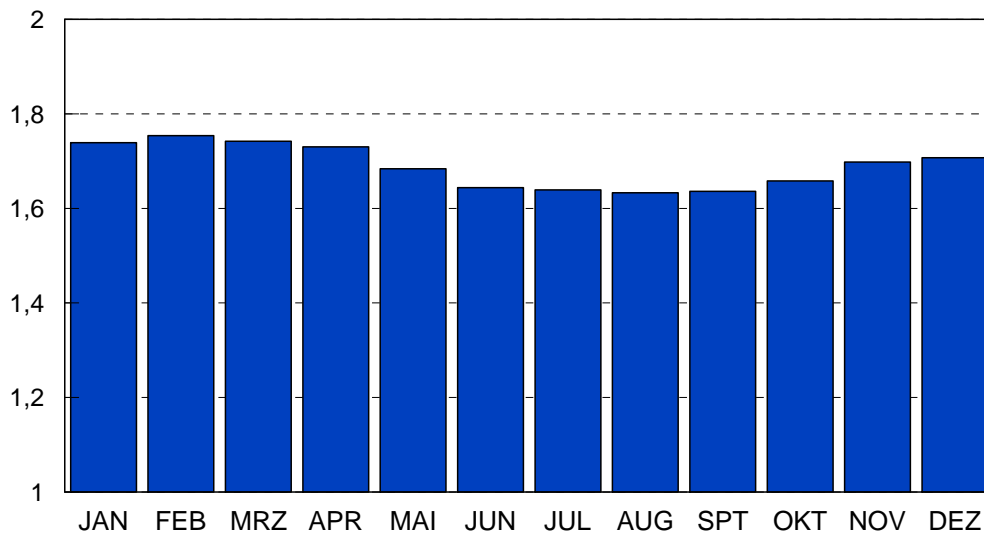


Abb. 1: Einfluß des Geburtsmonats auf die Hüftgelenksdysplasie

Die Zuchtwerte liegen zunächst in HD-Einheiten vor, z.B. + 0,10. Das heißt in diesem Beispiel, daß die Gene eine Erhöhung der HD in dem Maß bewirken, daß der Durchschnitt um 0,10 erhöht wird, bzw. daß von 10 Tieren eines einen HD-Grad höher liegt als im Rassedurchschnitt. Zum anschaulicheren Umgang werden diese Zuchtwerte aber relativ zu einer Bezugsbasis eingestuft.

In der ersten Phase der Zuchtwertschätzung war der Rassedurchschnitt (1.70) als Bezugsbasis genommen, heute hat man die Vererbung eines Tieren mit dem HD-Grad *fast normal* als Vergleichswert festgelegt.

Tiere, die so vererben wir die Vergleichsbasis, erhalten den Relativwert 100. Besser und schlechter vererbende Tiere werden relativ dazu eingestuft, und zwar mit Wert unter 100 (sie reduzieren HD gegenüber dem Referenztier) oder über 100 (sie vererben mehr HD als das Referenztier).

Die 485.900 geschätzten Zuchtwerte können nicht für jedes Tier einzeln aufgezeigt werden. Sie sind im Internet abrufbar, auf CD-ROM verfügbar oder können auf Anfrage mitgeteilt werden.

In Abb. 2 ist die Häufigkeit der Relativ-Zuchtwerte dargestellt. Sie schwanken zwischen 65 und 180. Man sieht, daß extrem gut vererbende Tiere selten sind und im Bereich der HD-freien bei ca. 85 eine große Häufung vorliegt. Zu den hohen (schlechten) Zuchtwerten hin wird die Häufigkeit wieder geringer.

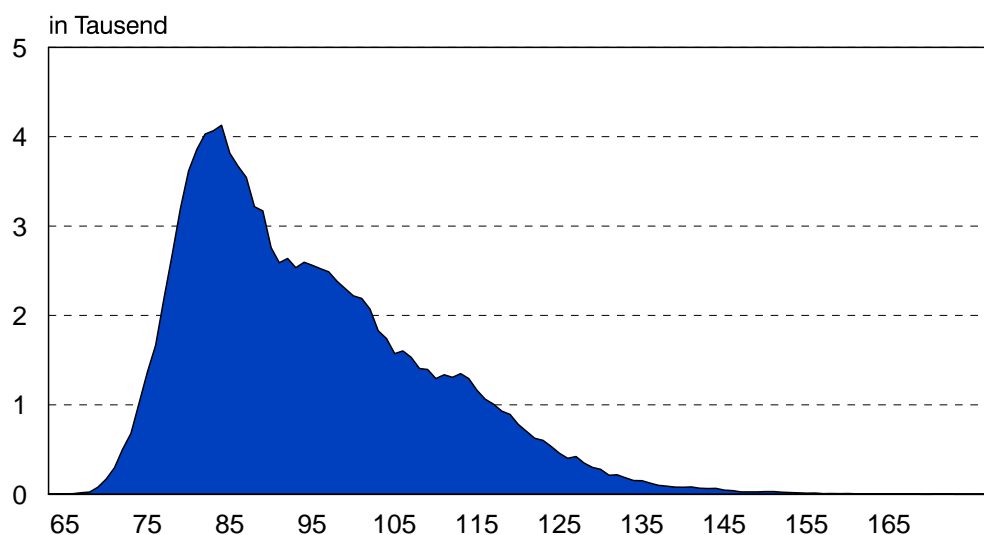


Abb. 2: Verteilung der HD-Zuchtwerte

Besonders interessant ist die Aufgliederung nach HD-Gutachten:

Abb. 3 zeigt, über welchen Schwankungsbereich die *HD-freien*, *fast normalen* und *noch zugelassenen* Tiere vererben. Die Zuchtwertzahlen der freien schwanken von 70 bis 115, stark überlappt von den fast normalen, die bei Zuchtwerten von etwa 80 bis 125 liegen und wiederum versetzt, aber überlappt von den *noch zugelassenen*.

Das verdeutlicht, daß das HD-Gutachten zwar im Mittel differenziert, daß die Tiere im Einzelfall aber völlig anders vererben können, als das Gutachten glauben läßt. Das ist zwar hier anschaulich dargelegt, aber durchaus keine neue Erkenntnis für erfahrene Züchter.

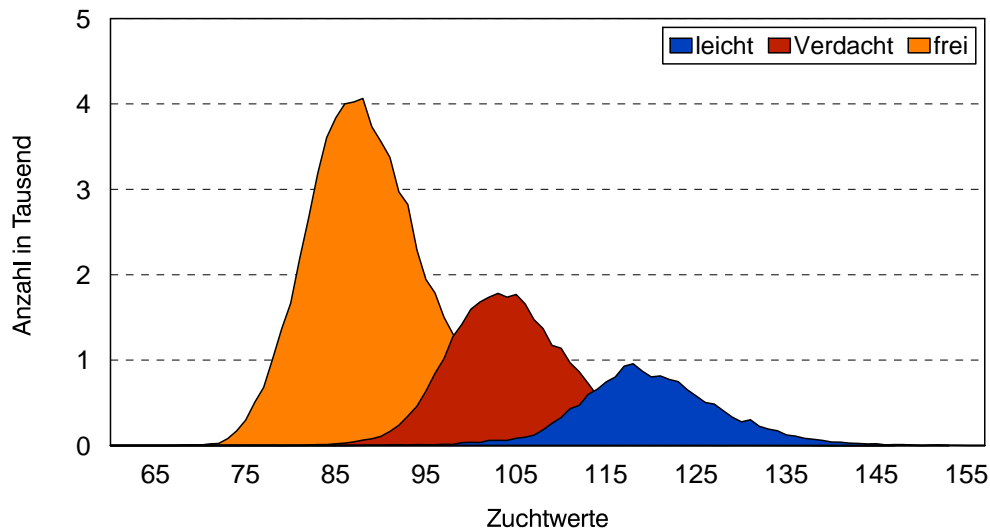


Abb. 3: HD-Zuchtwerte bei unterschiedlichen HD-Graden

Es läßt sich zusammenfassen, daß die gutachterliche Einstufung eines Tieres in einen bestimmten HD-Grad von vielen Faktoren abhängig ist. Umweltursachen und genetische Gründe bestimmen das Urteil des Radiologen und das Ergebnis ist ein medizinisches Gesundheitsgutachten bzw. eine Prognose für den Gesundheitszustand. Es ist der Phänotyp bezüglich HD. Der Zuchtwert dagegen ist ein statistischer isolierter Part, der nur den genetischen, züchterisch interessanten Wirkungsteil herausarbeitet.

Wer einen Hund als Sporthund kaufen möchte, wer sich für die Belastbarkeit oder schon aufgetretene Folgen von Belastung interessiert, muß auf das Gesundheitsgutachten schauen. Der HD-Grad sollte ihm da Auskunft geben.

Wer sich aber als Züchter für die Genwirkungen interessiert, also dafür was seine Hündin bei einer Paarung einbringt und welcher Deckrüde Verbesserung in den Welpen verspricht, der muß auf die Zuchtwerte schauen.

Zuchtwert und Phänotyp haben somit beide ihre Aufgabe im HD-Verfahren. Es ist daher erfreulich, daß in Deck- und Verkaufsanzeigen auch beide Werte offengelegt werden.

Im 3. Teil will ich versuchen, auf die Konsequenzen einzugehen, die sich aus der Zuchtwertschätzung für eine besonnene, verantwortungsvolle Zucht ergeben.